

Levantamiento y caracterización de vertidos en las microcuencas de los ríos Tomayate y Arenal Monserrat tributarios del río Acelhuate

Producto 6. Informe final

PRODUCTO 6: INFORME FINAL

ÍNDICE

0. INTRODUCCIÓN.....	6
0.1. OBJETO.....	7
1. INFORME DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA).....	7
1.1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.2. OBJETO.....	8
1.3. RESULTADOS.....	9
1.4. CONCLUSIONES.....	23
1.5. RECOMENDACIONES.....	23
2. INFORME DE CAPACIDAD DE CARGAS CONTAMINANTES.....	23
2.1. INTRODUCCIÓN.....	23
2.2. OBJETO.....	24
2.3. METODOLOGÍA.....	24
2.4. RESULTADOS.....	30
2.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE COEFICIENTES DE DISPERSIÓN LONGITUDINAL.....	375
2.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS CAPACIDAD DE CARGAS CON LOS RESULTADOS DE COEFICIENTES DE DISPERSIÓN LONGITUDINAL (DA).....	384
2.7. CONCLUSIONES.....	385
2.8. RECOMENDACIONES.....	386
3. PLAN DE MEDIDAS A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN.....	386
3.1. INTRODUCCIÓN.....	386
3.2. OBJETO.....	387
3.3. METODOLOGÍA.....	387
3.3.1. PROCESO DE CÁLCULO.....	388
3.3.2. SEGMENTACIÓN E HIDRÁULICA.....	391
3.4. RESULTADOS OBTENIDOS.....	401
3.4.1. RESULTADOS DEL MODELO QUAL2K.....	401
3.4.2. RESULTADOS EN CADA UNO DE LOS MEDIOS RECEPTORES.....	403
3.5. PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS.....	441
3.5.1. EVALUACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA OBSERVADA POR MICROCUENCAS.....	441
3.5.2. BASES DE ACCIÓN Y LÍNEAS ESTRATÉGICAS A DESARROLLAR.....	444
3.6. CONCLUSIONES.....	476
3.7. RECOMENDACIONES.....	478
4. CONCLUSIONES.....	478
5. RECOMENDACIONES.....	479
6. BIBLIOGRAFÍA.....	480
7. RESUMEN EJECUTIVO.....	481



7.1. INTRODUCCIÓN	481
7.2. OBJETIVOS	482
7.3. IDENTIFICACIÓN DE VERTIDOS.....	482
7.3.1. RÍO ARENAL DE MONSERRAT	483
7.3.2. RÍO TOMAYATE.....	484
7.4. PROCESO DE MUESTREO DE VERTIDOS, CURSOS DE AGUA Y BÓVEDAS	486
7.5. RESULTADOS DEL PROCESO DE MUESTREO	486
7.6. CALIDAD DE AGUAS, CAPACIDAD DE CARGA Y ESTABLECIMIENTO DE MEDIDAS A CORTO, MEDIO Y LARGO PLAZO	489
7.7. RECOMENDACIONES FINALES.....	490

FIGURAS

Figura 1. Modelo constitutivo y variables de estado de QUAL2K	389
Figura 2. Segmentación del modelo QUAL2K sin tributarios	389
Figura 3. Pestaña QUAL2K del modelo QUAL2K.....	390
Figura 4. Pestaña Headwater del modelo QUAL2K.....	390
Figura 5. Pestaña Reach del modelo QUAL2K	391
Figura 6. Pestaña Point Sources del modelo QUAL2K.....	391
Figura 7. Segmentación del modelo El Piro - Arenal Monserrat	392
Figura 8. Segmentación del modelo La Mascota	396
Figura 9. Segmentación del modelo Tutunichapa-Tomayate.....	397
Figura 10. Segmentación del modelo San Antonio.....	398
Figura 11. Segmentación del modelo Mariona.....	399
Figura 12. Segmentación del modelo El Ángel	400
Figura 13. Ejecución del modelo QUAL2K	401
Figura 14. Selección de cauce sobre el que representar los resultados gráficos en QUAL2K	402
Figura 15. Tiempo de recorrido en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat.....	404
Figura 16. Caudal en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat	404
Figura 17. Velocidad en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat.....	405
Figura 18. Tirante hidráulico en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat.....	406
Figura 19. Temperatura en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat.....	406
Figura 20. Conductividad en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat	407
Figura 21. Oxígeno disuelto en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat.....	408
Figura 22. Demanda biológica de oxígeno en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat.....	409
Figura 23. pH en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat.....	409
Figura 24. Sólidos Suspendidos Totales en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat	410
Figura 25. Tiempo de recorrido en el modelo La Mascota.....	411
Figura 26. Caudal en el modelo La Mascota	411
Figura 27. Velocidad en el modelo La Mascota	412
Figura 28. Tirante hidráulico en el modelo La Mascota.....	413
Figura 29. Temperatura en el modelo La Mascota.....	413

Figura 30. Conductividad en el modelo La Mascota	414
Figura 31. Oxígeno disuelto en el modelo La Mascota.....	415
Figura 32. Demanda biológica de oxígeno en el modelo La Mascota	415
Figura 33. pH en el modelo La Mascota	416
Figura 34. Sólidos Suspendidos Totales en el modelo La Mascota	416
Figura 35. Tiempo de recorrido en el modelo Tutunichapa-Tomayate	417
Figura 36. Caudal en el modelo Tutunichapa-Tomayate.....	418
Figura 37. Velocidad en el modelo Tutunichapa-Tomayate	418
Figura 38. Tirante hidráulico en el modelo Tutunichapa-Tomayate	419
Figura 39. Temperatura en el modelo Tutunichapa-Tomayate	419
Figura 40. Conductividad en el modelo Tutunichapa-Tomayate.....	420
Figura 41. Oxígeno disuelto en el modelo Tutunichapa-Tomayate.....	421
Figura 42. Demanda biológica de oxígeno en el modelo Tutunichapa-Tomayate.....	422
Figura 43. pH en el modelo Tutunichapa-Tomayate.....	422
Figura 44. Sólidos Suspendidos Totales en el modelo Tutunichapa-Tomayate.....	423
Figura 45. Tiempo de recorrido en el modelo San Antonio.....	424
Figura 46. Caudal en el modelo San Antonio	424
Figura 47. Velocidad en el modelo San Antonio	425
Figura 48. Tirante hidráulico en el modelo San Antonio	426
Figura 49. Temperatura en el modelo San Antonio	426
Figura 50. Conductividad en el modelo San Antonio	427
Figura 51. Oxígeno disuelto en el modelo San Antonio.....	428
Figura 52. Demanda biológica de oxígeno en el modelo San Antonio	428
Figura 53. pH en el modelo San Antonio.....	429
Figura 54. Sólidos Suspendidos Totales en el modelo San Antonio	429
Figura 55. Tiempo de recorrido en el modelo Mariona	430
Figura 56. Caudal en el modelo Mariona	431
Figura 57. Velocidad en el modelo Mariona.....	431
Figura 58. Tirante hidráulico en el modelo Mariona.....	432
Figura 59. Temperatura en el modelo Mariona.....	432
Figura 60. Conductividad en el modelo Mariona	433
Figura 61. Oxígeno disuelto en el modelo Mariona.....	433
Figura 62. Demanda biológica de oxígeno en el modelo Mariona.....	434
Figura 63. pH en el modelo Mariona	434
Figura 64. Sólidos Suspendidos Totales en el modelo Mariona	435
Figura 65. Tiempo de recorrido en el modelo El Ángel.....	436
Figura 66. Caudal en el modelo El Ángel.....	436
Figura 67. Velocidad en el modelo El Ángel	437
Figura 68. Tirante hidráulico en el modelo El Ángel	437
Figura 69. Temperatura en el modelo El Ángel	438
Figura 70. Conductividad en el modelo El Ángel.....	438
Figura 71. Oxígeno disuelto en el modelo El Ángel.....	439
Figura 72. Demanda biológica de oxígeno en el modelo El Ángel	439
Figura 73. pH en el modelo El Ángel.....	440
Figura 74. Sólidos Suspendidos Totales en el modelo El Ángel.....	440



Figura 75. Situación de los vertidos AM_B_019_LM, Am-b-019-lm y AM_B_016_LM respecto de los colectores principales de ANDA	447
Figura 76. Temperatura en el modelo LaMascota_conmedidas	448
Figura 77. Conductividad en el modelo LaMascota_conmedidas	448
Figura 78. Oxígeno disuelto en el modelo LaMascota_conmedidas.....	449
Figura 79. Demanda biológica de oxígeno en el modelo LaMascota_conmedidas	450
Figura 80. pH en el modelo LaMascota_conmedidas.....	450
Figura 81. Sólidos Suspendidos Totales en el modelo LaMascota_conmedidas.....	451
Figura 82. Temperatura en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas	452
Figura 83. Conductividad en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas	452
Figura 84. Oxígeno disuelto en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas.....	453
Figura 85. Demanda biológica de oxígeno en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas	454
Figura 86. pH en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas.....	454
Figura 87. Sólidos Suspendidos Totales en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas.....	455
Figura 88. Temperatura en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas	456
Figura 89. Conductividad en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas	456
Figura 90. Oxígeno disuelto en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas.....	457
Figura 91. Demanda biológica de oxígeno en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas	457
Figura 92. pH en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas.....	458
Figura 93. Sólidos Suspendidos Totales en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas.....	458
Figura 94. Situación de los vertidos RT_A_019_SA, RT_A_006_SA, RT_A_002_SA y RT_b_001 respecto del colector CP_1 de ANDA	459
Figura 95. Temperatura en el modelo SanAntonio_conmedidas	460
Figura 96. Conductividad en el modelo SanAntonio_conmedidas.....	460
Figura 97. Oxígeno disuelto en el modelo SanAntonio_conmedidas.....	461
Figura 98. Demanda biológica de oxígeno en el modelo SanAntonio_conmedidas	462
Figura 99. pH en el modelo SanAntonio_conmedidas.....	462
Figura 100. Sólidos Suspendidos Totales en el modelo SanAntonio_conmedidas.....	463
Figura 101. Temperatura en el modelo Mariona_conmedidas	464
Figura 102. Conductividad en el modelo Mariona_conmedidas.....	464
Figura 103. Oxígeno disuelto en el modelo Mariona_conmedidas.....	465
Figura 104. Demanda biológica de oxígeno en el modelo Mariona_conmedidas	466
Figura 105. pH en el modelo Mariona_conmedidas.....	466
Figura 106. Sólidos Suspendidos Totales en el modelo Mariona_conmedidas.....	467
Figura 107. Temperatura en el modelo ElAngel_conmedidas.....	468
Figura 108. Conductividad en el modelo ElAngel_conmedidas.....	469
Figura 109. Oxígeno disuelto en el modelo ElAngel_conmedidas	469
Figura 110. Demanda biológica de oxígeno en el modelo ElAngel_conmedidas.....	470
Figura 111. pH en el modelo ElAngel_conmedidas	471
Figura 112. Sólidos Suspendidos Totales en el modelo ElAngel_conmedidas	471
Figura 113. Temperatura en el modelo Tutunichapa-Tomayate_conmedidas.....	472
Figura 114. Conductividad en el modelo Tutunichapa-Tomayate_conmedidas	473
Figura 115. Oxígeno disuelto en el modelo Tutunichapa-Tomayate_conmedidas	473
Figura 116. Demanda biológica de oxígeno en el modelo Tutunichapa-Tomayate_conmedidas.....	474
Figura 117. pH en el modelo Tutunichapa-Tomayate_conmedidas	475
Figura 118. Sólidos Suspendidos Totales en el modelo Tutunichapa-Tomayate_conmedidas	475

TABLAS

Tabla 1. Topología y curvas de gasto del modelo QUAL2K del río Arenal Monserrat.....	393
Tabla 2. Aportes de fuentes puntuales de contaminación al río Arenal Monserrat.....	393
Tabla 3. Distribución horaria de las variables temperatura, punto de rocío, velocidad del viento, cobertura de nubes y sombras.....	394
Tabla 4. Parámetros y variables de estado empleados en la modelación con QUAL2K.....	395
Tabla 5. Topología y curvas de gasto del modelo QUAL2K de la quebrada La Mascota.....	396
Tabla 6. Aportes de fuentes puntuales de contaminación a la quebrada La Mascota.....	396
Tabla 7. Topología y curvas de gasto del modelo QUAL2K Tutunichapa-Tomayate.....	397
Tabla 8. Aportes de fuentes puntuales de contaminación al modelo Tutunichapa-Tomayate.....	398
Tabla 9. Topología y curvas de gasto del modelo QUAL2K del río San Antonio.....	398
Tabla 10. Aportes de fuentes puntuales de contaminación al río San Antonio.....	399
Tabla 11. Topología y curvas de gasto del modelo QUAL2K del río Mariona.....	400
Tabla 12. Aportes de fuentes puntuales de contaminación al río Mariona.....	400
Tabla 13. Topología y curvas de gasto del modelo QUAL2K del río El Ángel.....	401
Tabla 14. Aportes de fuentes puntuales de contaminación al río El Ángel.....	401
Tabla 15. Capacidad de carga de los ríos y quebradas del ámbito de estudio.....	442



0. INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) lidera el proceso de mejora de la calidad del agua en los ríos urbanos de El Salvador, con el que se pretende lograr un impacto positivo al implementar medidas integrales de saneo de sus cauces y cursos de agua.

Dentro de estas medidas destaca el Plan de Recuperación de Ríos Urbanos, impulsado por el MARN, en el que se desarrolló la *Consultoría para el diagnóstico y establecimiento de planes de mejora orientados a la producción más limpia en industrias localizadas en la subcuenca del río Sucio y la microcuenca de la quebrada El Piro*, en donde se pudo constatar la dificultad de identificación y caracterización de vertidos en las riberas de ríos densamente pobladas y con alto incremento de la actividad industrial.

Otro de los aspectos destacados en la necesidad de recuperación de los ríos del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) es que no se cuenta con datos oficiales respecto de los vertidos de aguas residuales en las cuencas de los ríos Arenal de Monserrat y Tomayate.

Por ello, el MARN lanzó el Concurso Público n° 1/2020 para el "Levantamiento y caracterización de vertidos en las microcuencas de los ríos Tomayate y Arenal de Monserrat tributarios del río Acelhuate" con el que pretendía, entre otras cosas, realizar un levantamiento de información en ambas microcuencas con el que:

- Completar la información presentada en el Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH).
- Contribuir al control y seguimiento de actividades, obras y proyectos que se desarrollen en el área de estudio.
- Dotar de insumos para la toma de decisiones sobre los programas de descontaminación de ríos y suelos urbanos.

Vielca Ingenieros, S.A. resultó adjudicataria del presente contrato y en los productos anteriores – i.e. Productos 2 y 3 – ha desarrollado, dentro del ámbito de estudio, las siguientes tareas:

- La identificación, inventario y mapeo de vertidos de carácter ordinario, mixto y especial.
- La realización de ejercicios de trazabilidad para la identificación de determinados vertidos seleccionados de manera conjunta con el MARN.
- El levantamiento de información de identificación de ríos y quebradas en la microcuenca del río Tomayate; incluyendo la georreferenciación de las bóvedas encontradas; y su representación cartográfica.

Con posterioridad a dichos trabajos de campo se realizó una propuesta y selección consensuada de los vertidos a muestrear en las distintas categorías definidas en los TdR, a saber:

- Vertidos ordinarios, toma de 40 muestras.
- Vertidos especiales y mixtos, toma de 25 muestras.
- Análisis de cargas contaminantes en ríos y quebradas, toma de 42 muestras.
- Determinación de la calidad de agua superficial (ICA), toma de 7 muestras.
- Muestreo de agua superficial en bóvedas, toma de 30 muestras.

En base a los resultados obtenidos del análisis de vertidos de aguas residuales ordinarias, especiales y mixtas, ríos y quebradas, bóvedas e ICA, junto con bases de datos que contiene los vertidos muestreados

y sus resultados, así como los mapas temáticos de vertidos muestreados, para de las micro cuencas Arenal Monserrat y río Tomayate, a fin de determinar las cargas contaminantes aportadas por los ríos y quebradas tributarios a estos. También se determinó el aporte de carga contaminante de los ríos Arenal Monserrat y Tomayate al río Acelhuate.

El Informe del índice de Calidad de agua (ICA) de los ríos seleccionado, el informe de las capacidades de carga así como también el plan de medidas a corto, mediano y largo plazo con el fin de controlar la contaminación de las microcuencas, se ha elaborado el presente Informe Final.

0.1. OBJETO

El objeto de este documento es presentar el Producto 6: Informe Final, para el “**Levantamiento y caracterización de vertidos en las microcuencas de los ríos Tomayate y Arenal de Monserrat tributarios del río Acelhuate**”, según Contrato MARN/AECID/SLV-056-B N° 01-2020, en el que se incluye:

- Informe del Índice de Calidad de Agua (ICA) de los ríos seleccionados, que contenga Mapas temáticos y bases de datos en físico y digital (archivo kml, Shape file) que contenga el análisis Índice de Calidad del Agua de los ríos y quebradas muestreadas. Por microcuenca y por Subcuenca.
- Informe de capacidad de cargas contaminantes de los ríos Arenal Monserrat y Tomayate. El informe debe incluir el mapa temático y base de datos en físico y en digital (archivo kml y dbf, Shape file) de la capacidad de cargas contaminantes de los ríos en estudio.
- Plan de medidas a corto, mediano y largo plazo, para controlar la contaminación de las microcuencas de los ríos Tomayate y Arenal Monserrat abordando acciones específicas en cada medio receptor dentro del área de estudio. Este Plan debe contener las bases de acción y líneas estratégicas identificadas en los ríos y en las quebradas dentro del área de estudio. Así como los procesos de restauración necesarios para recuperar los ríos Tomayate y Arenal Monserrat.
- Resumen ejecutivo

1. INFORME DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)

1.1. INTRODUCCIÓN

Para la determinación de la calidad de agua superficial de los ríos dentro de las microcuencas en estudio. Para el cálculo del Índice de Calidad del Agua General intervienen 9 parámetros, los cuales son: Coliformes Fecales (en NMP/100 mL), pH (en unidades de pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/L), Nitratos (NO3 en mg/L), Fosfatos (PO4 en mg/L), cambio de la Temperatura (en °C), Turbidez (en FAU), Sólidos disueltos totales (en mg/L) y Oxígeno disuelto (OD en % de saturación). La valoración del “ICA” es según la tabla siguiente:



CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente	Blue	91 a 100
Buena	Green	71 a 90
Regular	Yellow	51 a 70
Mala	Orange	26 a 50
Pésima	Grey	0 a 25

Tabla 1. Clasificación de ICA propuesto por Brown

Las aguas residuales con "ICA" mayor que 90 son capaces de poseer una alta diversidad de la vida acuática. Además, el agua también sería conveniente para todas las formas de contacto directo con ella. Las aguas con un "ICA" de categoría "Regular" tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de algas. Las aguas con un "ICA" de categoría "Mala" pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas de contaminación. Las aguas con un "ICA" de categoría "Pésima" pueden solamente apoyar un número limitado de las formas acuáticas de la vida, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella, tal como natación.

1.2. OBJETO

El presente informe presenta el Índice de Calidad del Agua General, el cual califica la aptitud del agua para desarrollo de la vida acuática y para el contacto humano. El cálculo del Índice de Calidad del Agua General se basa en los resultados obtenidos para 9 parámetros, los cuales son: Coliformes Fecales (en NMP/100 mL), pH (en unidades de pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/L), Nitratos (NO3 en mg/L), Fosfatos (PO4 en mg/L), cambio de la Temperatura (en °C), Turbidez (en FAU), Sólidos disueltos totales (en mg/L) y Oxígeno disuelto (OD en % de saturación).

De igual modo se presentan:

- Mapas temáticos y bases de datos en físico y digital (archivo kml, Shape file) que contiene el análisis Índice de Calidad del Agua de los ríos y quebradas muestreadas. Por microcuenca y por Subcuenca.

1.3. RESULTADOS

Para determinar el valor del “ICA” en un punto deseado se utilizan las mediciones de los 9 parámetros implicados en el cálculo del Índice los cuales son: Coliformes Fecales, pH, (DBO₅), Nitratos, Fosfatos, Cambio de la Temperatura, Turbidez, Sólidos disueltos Totales, Oxígeno disuelto.

Para la evaluación numérica del “ICA”, se utiliza la metodología presentada por el Ministerio de Medio Ambiente y recursos Naturales (MARN).

Para determinar el valor del “ICA” en cada uno de los 7 puntos seleccionados: RIO ARENAL MONSERRAT, RIO TUTUNICHAPA, RIO EL ANGEL, RIO CHAGUITE, RIO MARIONA, RIO SAN ANTONIO Y RIO TOMAYATE, se utilizan las mediciones de los 9 parámetros implicados en el cálculo del Índice. En cada uno de los puntos seleccionados se realizaron mediciones de caudal, los resultados obtenidos de las mediciones de caudales se presentan en el apéndice 1.

Metodología de cálculo del ICA (Índice de Calidad del Agua)

Para calcular el Índice de Brown se utiliza un productorio exponencialmente ponderado de los subíndices (ICA), según la ecuación 1.1

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i})$$

Ecuación 1.1

Donde: • w_i : Pesos relativos asignados a cada parámetro (Subi)

• Subi: Subíndice del parámetro i.

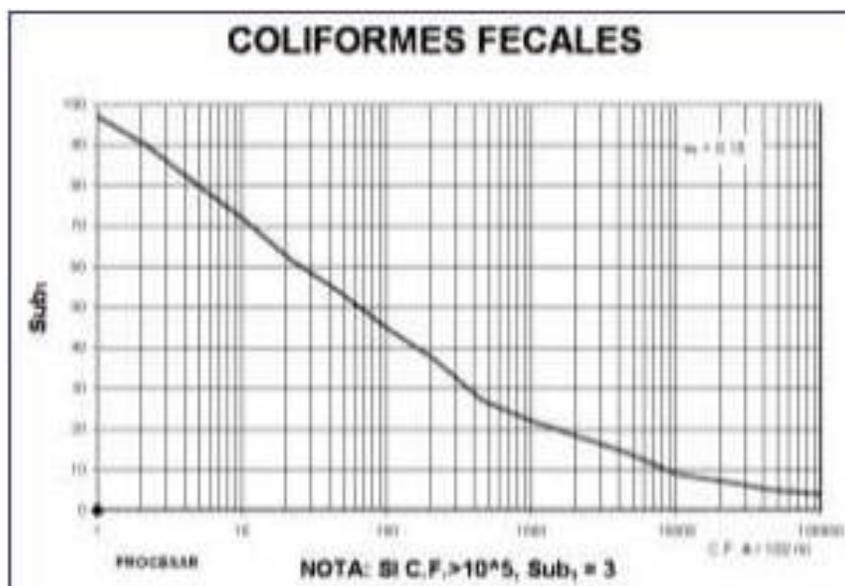
Para determinar el valor del “ICA” es necesario sustituir los datos en la ecuación anterior obteniendo los Subi gráficamente, dicho valor se eleva a la potencia w_i de la siguiente tabla, para luego, realizar el multiplicatorio y obtener el valor del ICA.

i	Sub _i	w _i
1	Coliformes fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO ₅	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos disueltos Totales	0.08
9	Oxígeno Disuelto	0.17

Tabla 2 Pesos relativos para cada parámetro del “ICA”

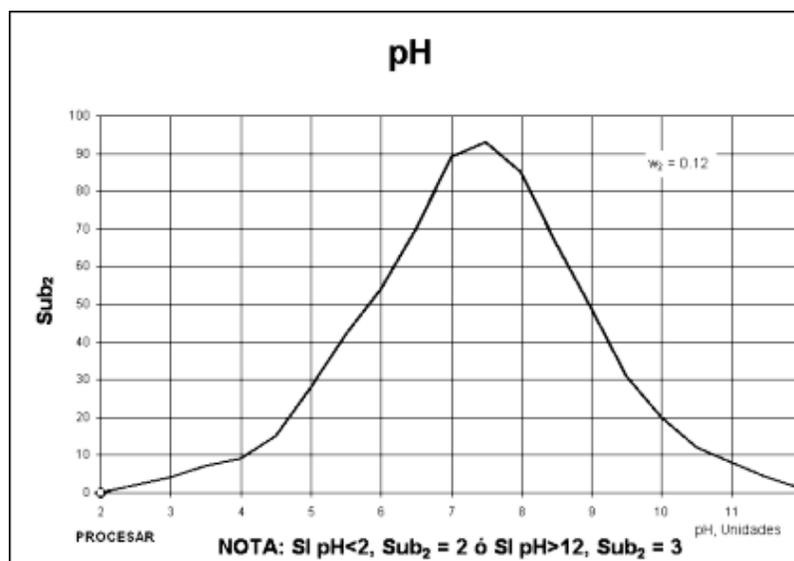
Los pasos a seguir para calcular los (Subi) del Índice de Calidad de Agua son:

SUB 1: Si los Coliformes fecales son mayores de 100,000 Bact/100 mL el (Sub1) es igual a 3. Si el valor de Coliformes fecales es menor de 100,000 Bact/100 mL, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura siguiente se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub1) de Coliformes fecales, se procede a elevarlo al peso w1.



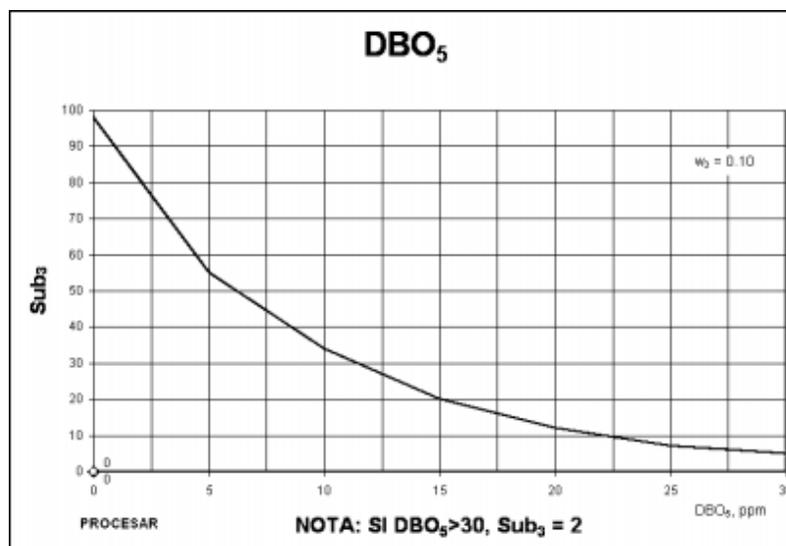
Fuente: Índice Calidad del agua general "ICA". MARN

SUB 2: Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades el (Sub2) es igual a 2, si el valor de pH es mayor o igual a 10 unidades el (Sub2) es igual a 3. Si el valor de pH esta entre 2 y 10 buscar el valor en el eje de (X) en la Figura siguiente se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub2) de pH y se procede a elevarlo al peso w2.



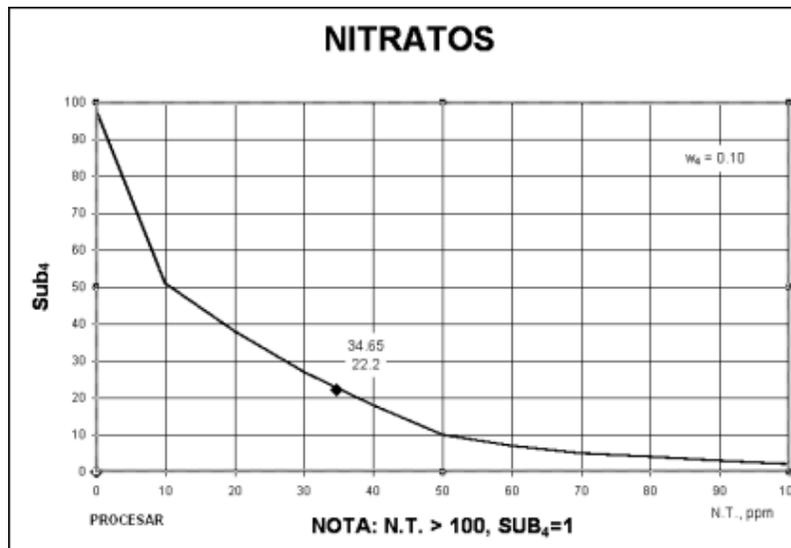
Fuente: Índice Calidad del agua general “ICA”. MARN

SUB 3: Si la DBO5 es mayor de 30 mg/L el (Sub3) es igual a 2. Si la DBO5 es menor de 30 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la Figura siguiente se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub3) de DBO5 y se procede a elevarlo al peso w3.



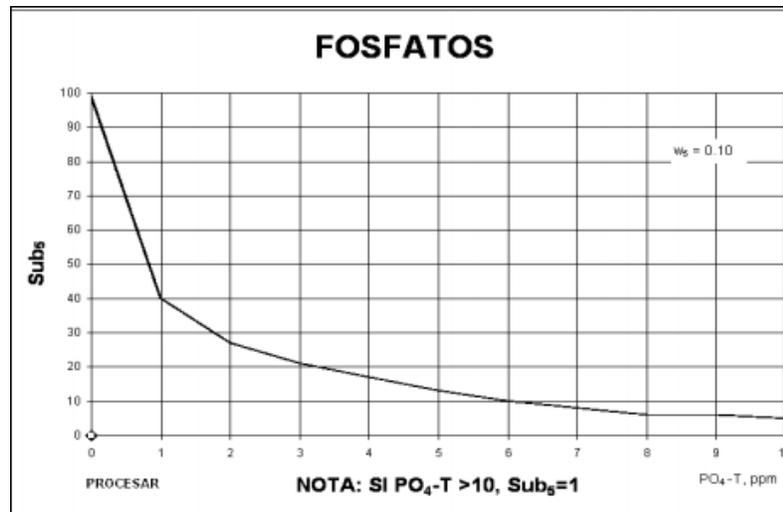
Fuente: Índice Calidad del agua general “ICA”. MARN

SUB 4: Si Nitrógeno de Nitratos es mayor de 100 mg/L el (Sub4) es igual a 2. Si Nitrógeno de Nitratos es menor de 100 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la Figura siguiente se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub4) de Nitratos y se procede a elevarlo al peso w4.



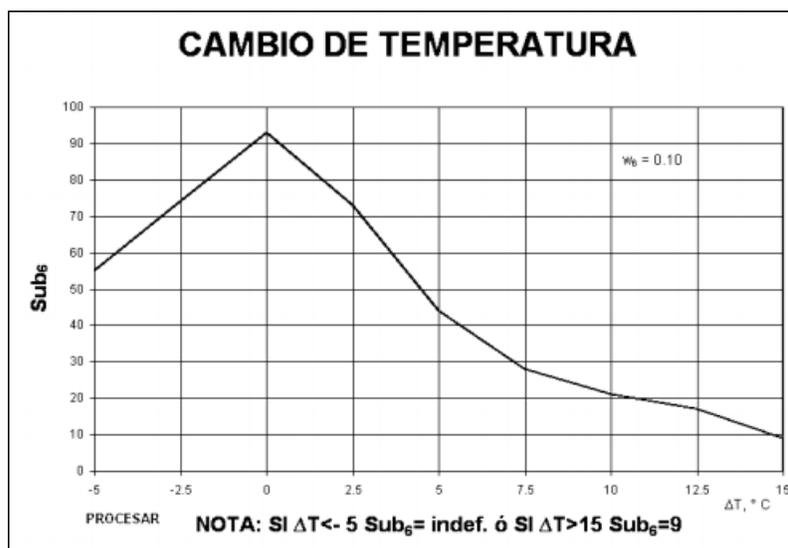
Fuente: Índice Calidad del agua general "ICA". MARN

SUB 5: Si el Fosfatos es mayor de 10 mg/L el (Sub5) es igual a 5. Si el Fosfatos es menor de 10 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la Figura siguiente se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub5) y se procede a elevarlo al peso w5.



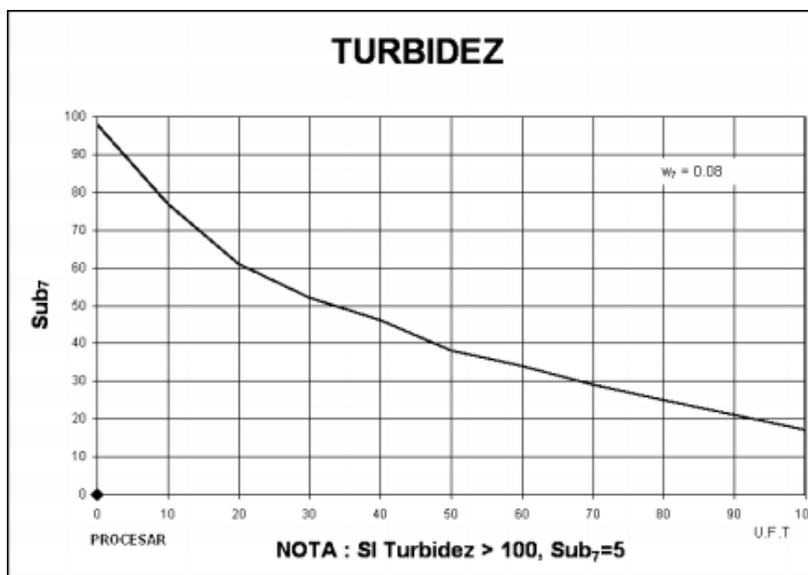
Fuente: Índice Calidad del agua general "ICA". DGSNET / MARN

SUB 6: Para el parámetro de Temperatura (Sub6) primero hay que calcular la diferencia entre la T°ambiente y la T°Muestra y con el valor obtenido proceder. Si el valor de esa diferencia es mayor de 15°C el (Sub6) es igual a 9. Si el valor obtenido es menor de 15°C, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura siguiente se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub6) de Temperatura y se procede a elevarlo al peso w6.



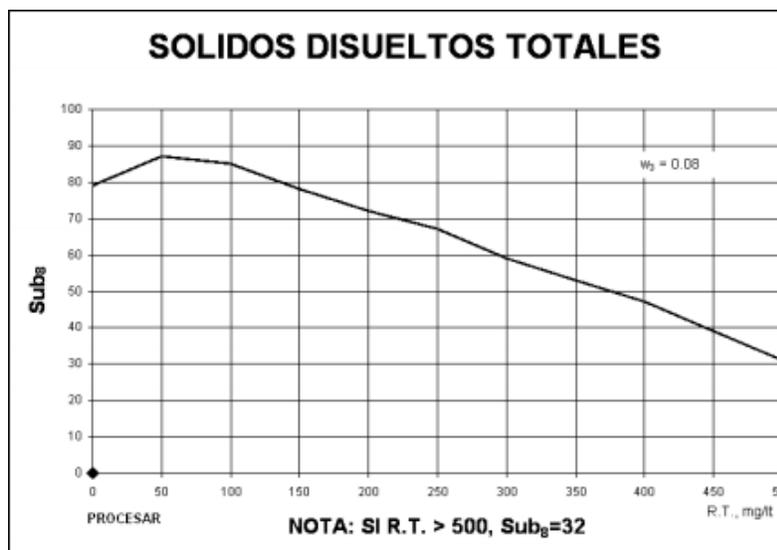
Fuente: Índice Calidad del agua general “ICA”. DGSNET / MARN

SUB 7: Si la Turbidez es mayor de 100 FAU el (Sub7) es igual a 5. Si la Turbidez es menor de 100 FAU, buscar el valor en el eje de (X) en la en la Figura siguiente se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub7) de Turbidez y se procede a elevarlo al peso w7.



Fuente: Índice Calidad del agua general “ICA”. DGSNET / MARN

SUB 8: Si los Sólidos Disueltos Totales son mayores de 500 mg/L el (Sub8) es igual a 3, si es menor de 500 mg/L, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura siguiente se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub8) de Residuo Total y se procede a elevarlo al peso w8.



SUB 9: Para el parámetro de Oxígeno Disuelto (OD) primero se debe calcular el porcentaje de saturación del OD en el agua. Para esto se identifica el valor de saturación de OD según la temperatura del agua, tabla 3.

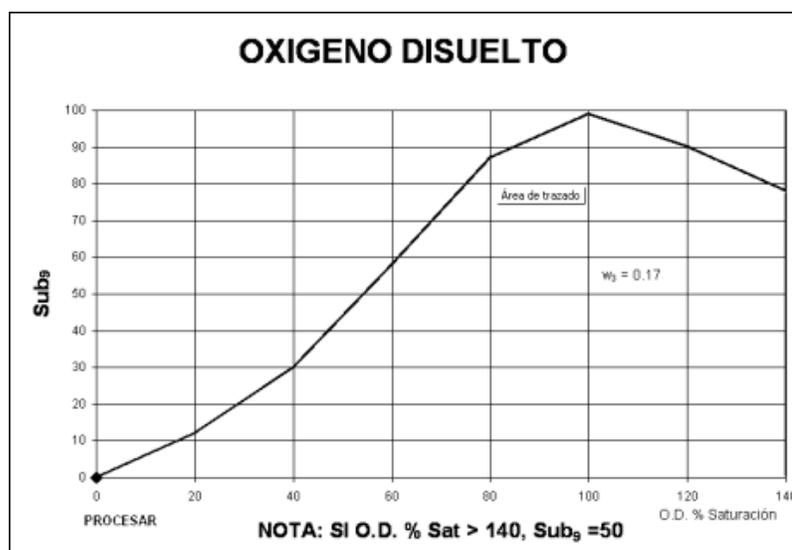
Tabla 3.0 Solubilidad del oxígeno en agua dulce

Temp. °C	OD mg/L						
1	14.19	12	10.76	23	8.56	34	7.05
2	13.81	13	10.52	24	8.4	35	6.93
3	13.44	14	10.29	25	8.24	36	6.82
4	13.09	15	10.07	26	8.09	37	6.71
5	12.75	16	9.85	27	7.95	38	6.61

Temp. °C	OD mg/L						
6	12.43	17	9.65	28	7.81	39	6.51
7	12.12	18	9.45	29	7.67	40	6.41
8	11.83	19	9.26	30	7.54	41	6.31
9	11.55	20	9.07	31	7.41	42	6.22
10	11.27	21	8.9	32	7.28	43	6.13
11	11.01	22	8.72	33	7.16	44	6.04

Fuente: Índice Calidad del agua general “ICA”. DGSNET / MARN

Si el % de Saturación de OD es mayor de 140% el (Sub₉) es igual a 47. Si el valor obtenido es menor del 140% de Saturación de OD buscar el valor en el eje de (X) en la siguiente Figura se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub₉) de Oxígeno Disuelto y se procede a elevarlo al peso w₉.



A continuación en la Tabla 4.0 se presentan los resultados obtenidos para ICA en los 7 puntos seleccionados:



Código	Latitud	Longitud	DBO5 (mg/L)	OD (mg/L)	pH	T	TDS* (mg/L)	Coliformes fecales (NMP/100ml)	Fosfatos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Turbidez UNT	Sb ₁	Sb ₂	Sb ₃	Sb ₄	Sb ₅	Sb ₆	Sb ₇	Sb ₈	Sb ₉	ICA** $ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i})$	CLASIFICACION
Arenal Monserrat	13.687372	89.201090	36	3.6	7.4	27	525.36	160,000	5.6	3	3.8	3	94	2	86	12	68	90	3	36	19.14899199	PESIMA
Arenal Tutunichapa	13.708112	89.177599	79	0	7.5	27.1	702.24	43,000	10.5	3	10.8	6	95	2	86	5	94	76	3	0	0	PESIMA
Rio San Antonio	13.720886	89.180833	92.7	0.4	7.4	27.3	602.58	160,000	9.4	3	24	3	94	2	86	7	62	58	3	5	12.40835439	PESIMA
Rio El Chagüite	13.747136	89.174341	8.8	6	7.1	31.4	358.38	17,000	2.9	79	0.6	5	90	39	4	21	79	97	52	80	31.65184310	MALA
Rio Mariona	13.784304	89.178562	17.8	4.9	7.2	27.7	370.26	24,000	3.9	72	15.6	4.5	90	16	5	18	74	69	52	59	26.34410423	MALA
Rio El Ángel	13.804502	89.190228	28.8	6.6	7.2	31.2	216.48	170,000	2.2	34	539.9	3	90	5	22.2	25	86	5	70	87.5	23.85174984	PESIMA
Rio Tomayate	13.816710	89.190827	7.1	5.9	6.9	31.6	243.34	35,000	2.5	6	30.2	5	84	45	70	23	59	52	68	78	40.21472637	MALA

Tabla 4.0 Determinación del Índice de Calidad General de agua "ICA" para los ríos seleccionados de la Micro cuencas Rio Tomayate y Rio Arenal de Monserrat

*El cálculo de los sólidos totales disueltos (STD) se basó en la medición de conductividad en cada uno de los puntos muestreados, utilizando para ello el factor de conversión siguiente: 1 ms/cm corresponde a 660 mg/L de STD, según lo recomendado en el manual del equipo utilizado para la medición e conductividad en campo.

**Ver Tabla 2 Pesos relativos para cada parámetro del "ICA"



ANALISIS DE RESULTADOS DE ICA

El estudio del ICA se realizó en 7 sitios de muestreo, Rio Arenal Monserrat, Rio Arenal Tutunichapa, Rio El Ángel, Rio Chaguite, Rio Mariona, Rio San Antonio y Rio Tomayate, los cuales están dentro de la microcuenca del Rio Arenal Monserrat y Rio Tomayate, cuyos resultados se presentan en la **Tabla 4.0: Determinación del Índice de Calidad General de agua “ICA”**.

En dicha Tabla se resumen, los valores de Sub_i , los cuales han sido calculados a través de la Metodología de Brown, dichos valores se elevan a su peso w_i , para luego, realizar el multiplicatorio y obtener el valor del ICA.

En la Tabla 5.0 se presenta el aporte de cada parámetro como $Sub_i^{w_i}$, para luego después del multiplicatorio, obtener el valor ICA:

	w_i	Arenal Monserrat		Tutunichapa		El Ángel		Chaguite		Mariona		San Antonio		Tomayate	
		Sub_i	$Sub_i^{w_i}$	Sub_i	$Sub_i^{w_i}$	Sub_i	$Sub_i^{w_i}$	Sub_i	$Sub_i^{w_i}$	Sub_i	$Sub_i^{w_i}$	Sub_i	$Sub_i^{w_i}$	Sub_i	$Sub_i^{w_i}$
Coliformes Fecales	0.15	3	1.179 1	6	1.3083	3	1.1791	5	1.273 1	4.5	1.253 1	3	1.1791	5	1.2731
pH	0.12	94	1.724 9	95	1.7271	90	1.716	90	1.716	90	1.716	94	1.7249	84	1.7018
DBO₅	0.10	2	1.071 8	2	1.0718	5	1.1746	39	1.442 5	16	1.319 5	2	1.0718	45	1.4633
Nitratos	0.10	86	1.561 2	86	1.5612	22.2	1.3634	4	1.148 7	5	1.174 6	86	1.5612	70	1.5294
Fosfatos	0.10	12	1.282 1	5	1.1746	25	1.3797	21	1.355 9	18	1.335 1	7	1.2148	23	1.3683
Temperatura	0.10	68	1.524 9	94	1.5751	86	1.5612	79	1.548	74	1.537 9	62	1.5109	59	1.5034
Turbidez	0.08	90	1.433 3	76	1.4141	5	1.1374	97	1.441 9	69	1.403 2	58	1.3838	52	1.3718
Sólidos Disueltos Totales	0.08	3	1.091 9	3	1.0919	70	1.4048	52	1.371 8	52	1.371 8	3	1.0919	68	1.4015
Oxígeno Disuelto	0.17	36	1.839	0	0	87.5	2.1386	80	2.106 3	59	2.000 1	5	1.3147	78	2.0973

Tabla 5.0 Aporte de cada parámetro medido al ICA.

La siguiente gráfica presenta los valores ICA de los 7 ríos analizados

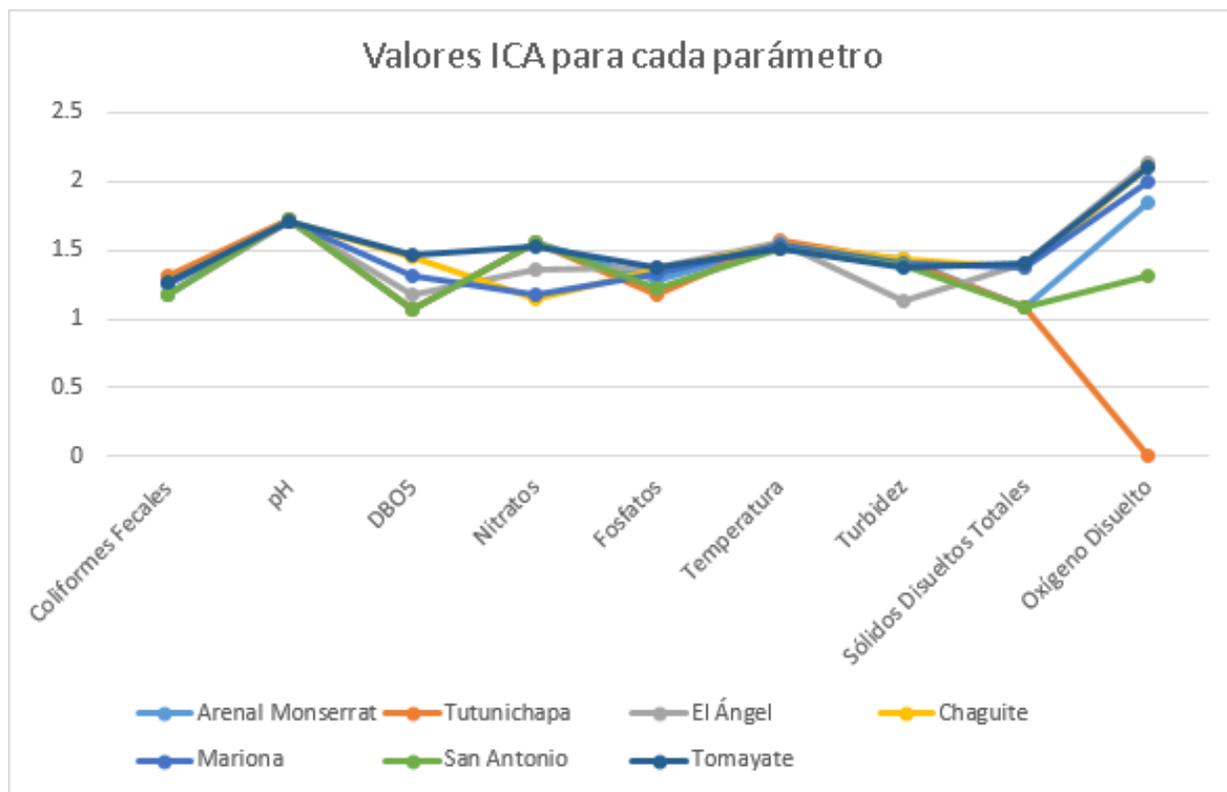


Figura 1.0 Representación gráfica del Aporte de cada parámetros medido al ICA

En las figuras de la 2 a la 10, se visualiza de manera gráfica el aporte de cada parámetro al valor del ICA.

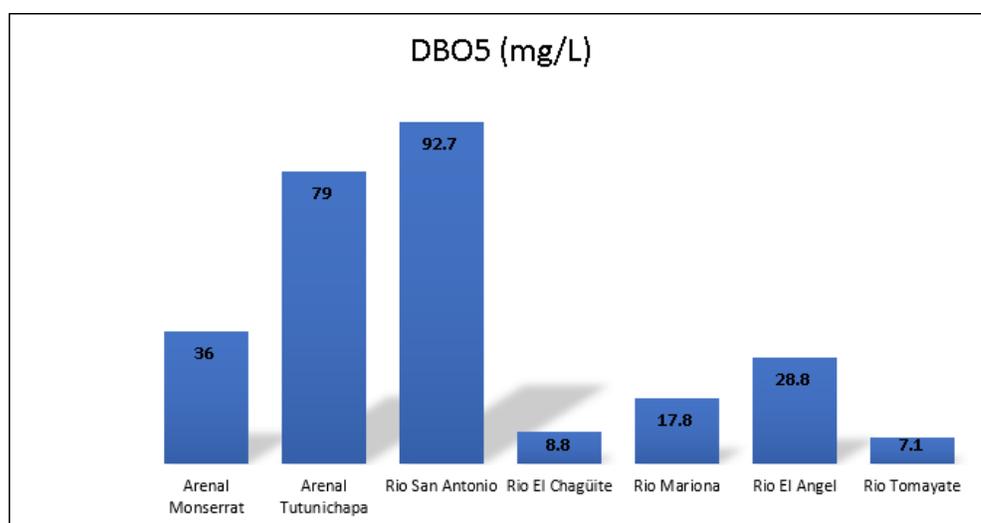


Figura 2.0 Aporte del Parámetro DBO₅ al valor total de ICA

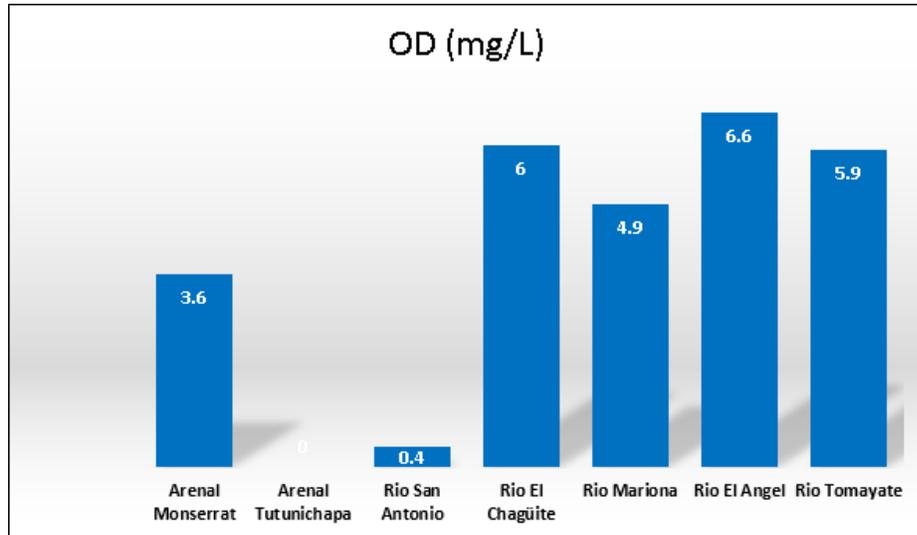


Figura 3.0 Aporte del Parámetro OD al valor total de ICA

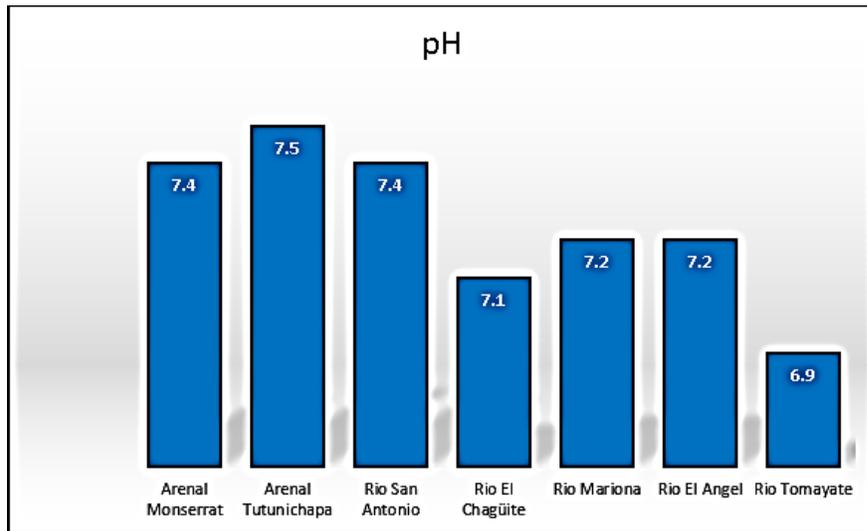


Figura 4.0 Aporte del Parámetro pH al valor total de ICA

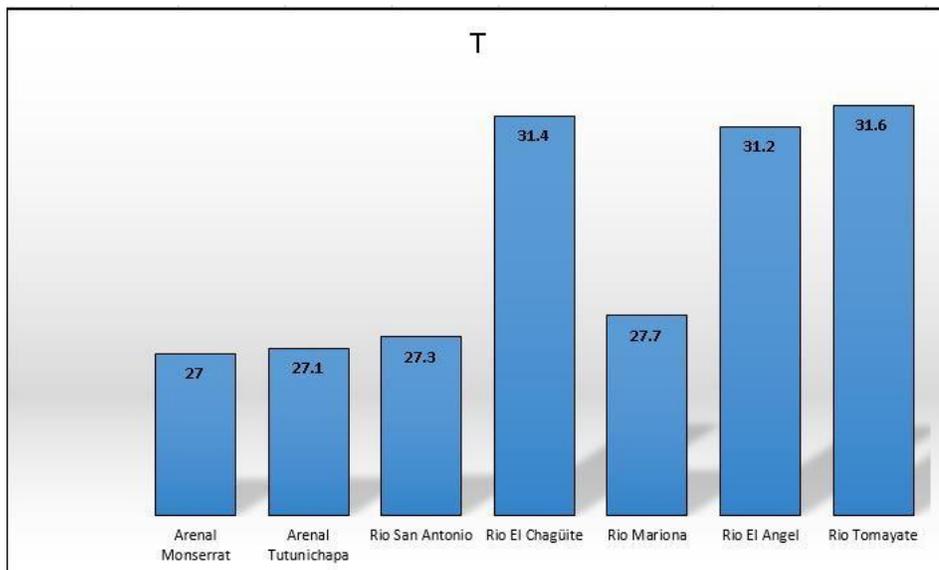


Figura 5.0 Aporte del Parámetro T al valor total de ICA

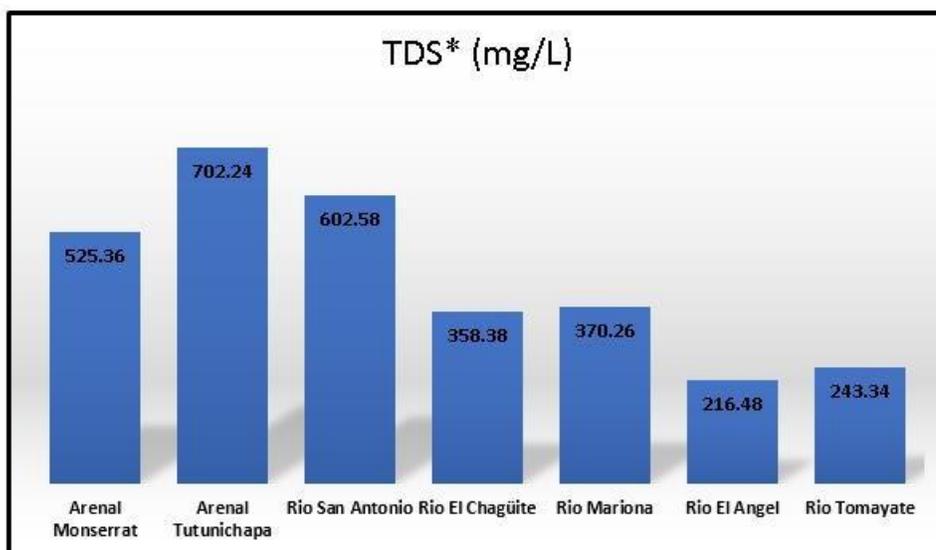


Figura 6.0 Aporte del Parámetro TDS al valor total de ICA

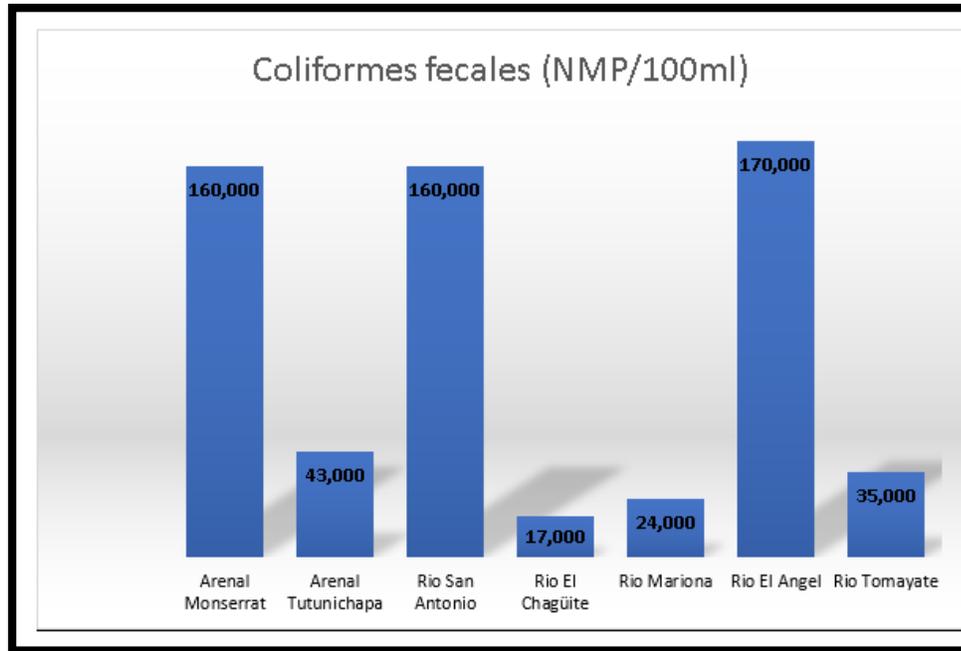


Figura 7.0 Aporte del Parámetro COLIFORMES FECALES al valor total de ICA

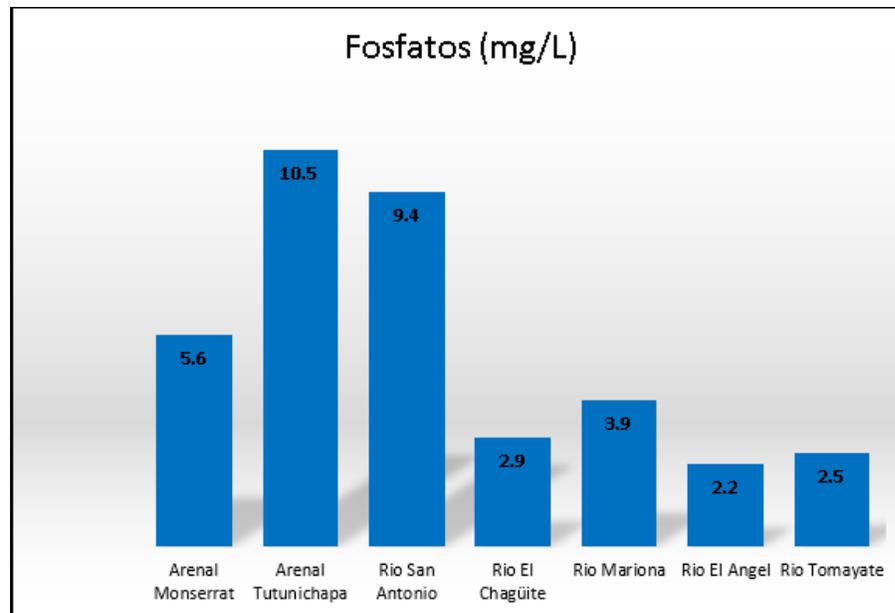


Figura 8.0 Aporte del Parámetro fosfatos al valor total de ICA

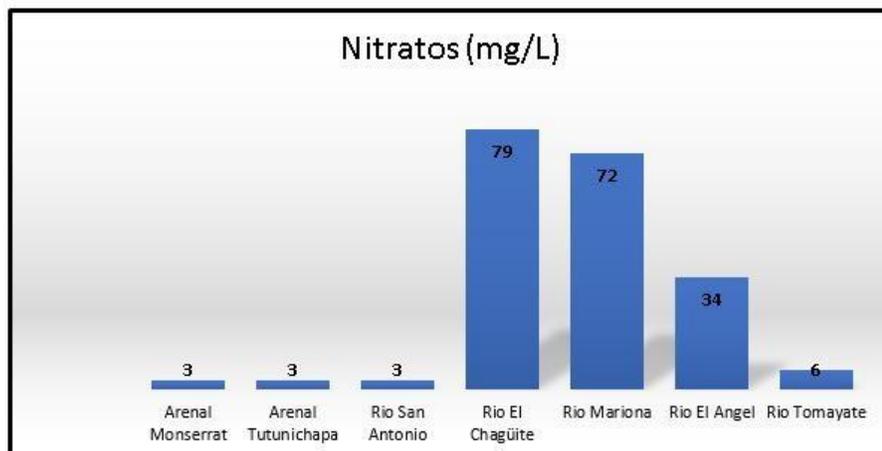


Figura 9.0 Aporte del Parámetro nitratos al valor total de ICA

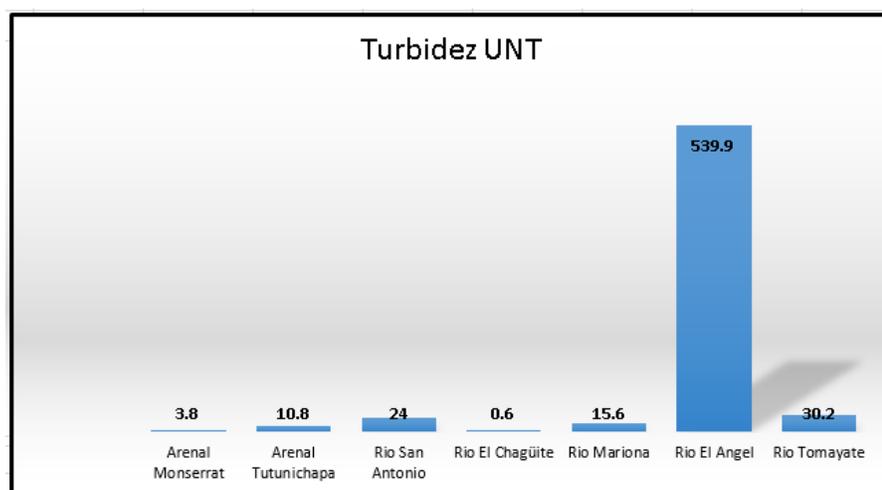


Figura 10.0 Aporte del Parámetro DBO₅ al valor total de ICA

En la siguiente Tabla se presentan una tabla resumen, con los resultados del ICA y su clasificación para los 7 puntos muestreados:

Código	ICA	CLASIFICACION
Arenal Monserrat	19.14899199	PESIMA
Arenal Tutunichapa	0	PESIMA
Rio San Antonio	12.40835439	PESIMA
Rio El Chagüite	31.65184310	MALA
Rio Mariona	26.34410423	MALA
Rio El Angel	23.85174984	PESIMA
Rio Tomayate	40.21472637	MALA

Tabla 6.0 Resumen de resultados del ICA

En dicha Tabla se tiene que el Rio Arenal Tutunichapa, presenta un valor 0 de ICA, debido a que el valor medido del parámetro oxígeno disuelto, corresponde a cero, por lo que se encuentra dentro de la clasificación más baja dentro de la categoría PESIMA, la cual se encuentra en el intervalo de 0 a 25.

1.4. CONCLUSIONES

- De los siete puntos evaluados para ICA 3 de ellos se encuentran dentro de la clasificación MALA: Rio Chaguite, Rio Mariona, Rio Tomayate y el resto PESIMA (Rio Arenal Tutunichapa, Rio El Ángel, Rio Arenal Monserrat y Rio San Antonio).
- En base a los resultados de los 7 muestreos realizados y sus respectivos valores del ICA, se concluye que el Arenal Monserrat tiene una clasificación de PESIMA y para el Rio Tomayate, sus tributarios tienen una clasificación que va desde MALA a PESIMA, esto indica que se dificulta el desarrollo de la vida acuática en este cuerpo receptor de agua.
- En la Tabla 4, se detalla el resultado de cada valor (Subi) elevado a su respectivo peso (w_i), logrando visualizar el aporte de cada parámetro al valor del ICA. En donde, el color amarillo indica los parámetros con el menor aporte al valor del ICA.
- Según el análisis de la Tabla 4, los parámetros que menos aportan al valor del ICA son: Coliformes fecales; con el menor aporte al valor del ICA en 5 de 7 muestreos, DBO₅, 5 de 7 muestreos, Oxígeno disuelto 2 de 7 muestreos realizados, Nitratos, 2 de 7 muestreos, Sólidos disueltos totales; 4 de 7 muestreos, Turbidez, en 1 de 7 muestreos, para el caso de este último, el menor aporte al ICA, lo tiene el Rio El Ángel, con un aporte al ICA de 1.1374.
- De los 9 parámetros analizados, el parámetro con el menor aporte al valor de ICA es el Oxígeno disuelto, presentando un valor de 0, para el Rio Arenal Tutunichapa, le sigue el parámetro DBO₅, con un aporte al ICA de 1.0718, para los Ríos Arenal Monserrat, arenal Tutunichapa y San Antonio.

1.5. RECOMENDACIONES

Se recomienda dar seguimiento a los puntos muestreados, realizar otros muestreos en época seca para evaluar comportamiento de los parámetros utilizados para el cálculo ICA.

2. INFORME DE CAPACIDAD DE CARGAS CONTAMINANTES

2.1. INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) ha encargado la consultoría para el “Levantamiento y caracterización de vertidos en las microcuencas de los ríos Tomayate y Arenal de

Monserrat tributarios del río Acelhuate", según Contrato MARN/AECID/SLV-056-B N° 01-2020 a la empresa Vielca Ingenieros, S.A.

En los productos 2 y 3 de la consultoría se llevaron a cabo, entre otras tareas, recorridos de campo para la identificación de vertidos en los cauces que integran las microcuencas de los ríos Arenal Monserrat y Tomayate.

Los productos 4 y 5 de la consultoría seleccionaban los puntos en los que tomar muestras de calidad de aguas en vertidos (ordinarios, especiales o mixtos), ríos (para la evaluación de cargas contaminantes y el cálculo del Índice de Calidad de Aguas) y bóvedas, así como su análisis en laboratorio; al tiempo que presentaban los resultados de dichos ensayos.

Finalmente, dentro del Producto 6. Informe final, se debe elaborar el informe Informe de capacidad de cargas contaminantes de los ríos Arenal Monserrat y Tomayate.

2.2. OBJETO

El presente informe establece, mediante el cálculo de coeficientes de dispersión longitudinal, si los ríos en cuestión, Río Arenal Monserrat y Río Tomayate, aún tienen capacidad para depurar los contaminantes que ingresen junto a vertidos mixtos, especiales u ordinarios.

2.3. METODOLOGÍA

El coeficiente de dispersión longitudinal (D) es un parámetro fundamental requerido para predecir el transporte de contaminantes en un curso fluvial. Cabe aclarar que los resultados de la determinación experimental de D mediante el ensayo de trazadores, son únicamente válidos para las condiciones de flujo presentes en el momento de realizar la medición.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión longitudinal en los Ríos Arenal Monserrat y Río Tomayate, se tuvieron en consideración diferentes aspectos:

- Se ha considerado un sistema abierto-abierto, ya que se tiene dispersión tanto aguas arriba como aguas abajo en cada punto de medición.
- Para estimar que el coeficiente de dispersión longitudinal se utilizan parámetros hidráulicos tales como: profundidad, velocidad media del flujo, ancho del río, etc.

También se tomaron en cuenta dos procedimientos para el cálculo de dicho coeficiente, el método empírico propuesto por Fischer; el cual no involucra los datos experimentales, del estudio de trazadores, sino únicamente los parámetros hidráulicos; y el método propuesto por H.Scott Fogler, el cual involucra completamente todo el estudio de dispersión (datos experimentales del estudio de trazadores y parámetros hidráulicos).

Sin embargo, estas expresiones presentan una gran variación en sus resultados y solo funcionan adecuadamente en ríos con características similares a los que fueron ajustadas.

2.3.1 Teoría del método

En un recipiente abierto, hay dispersión tanto corriente arriba (abierto) como corriente abajo (abierto) de la sección de reacción; por tanto, se trata de un recipiente abierto - abierto. Estos dos casos se muestran en la figura 11, donde las fluctuaciones en la concentración debidas a la dispersión se superponen al perfil de velocidad de flujo tapón.

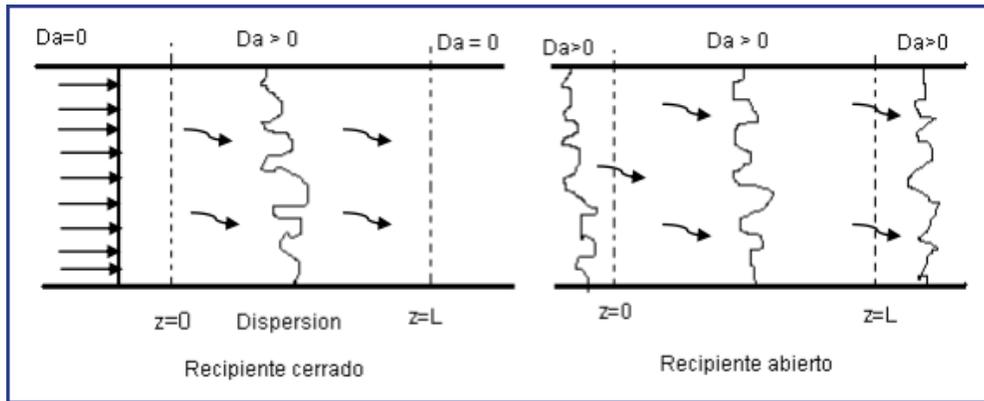


Figura. 11 Tipos de condiciones de frontera

Condiciones de frontera de recipiente abierto - abierto

Cuando se inyecta un trazador en un lecho empacado en un punto situado más de dos o tres diámetros de partícula corriente abajo desde la entrada y se mide a cierta distancia corriente arriba de la salida, son válidas las condiciones de frontera para recipiente abierto - abierto.

En un sistema abierto - abierto, las condiciones de frontera en la entrada son

$$F_T(0^-, t) = F_T(0^+, t)$$

Ecuación 1.1

Entonces para el caso en que el coeficiente de dispersión es igual en las secciones de entrada y de reacción:

$$-D_a \left(\frac{\partial C_T}{\partial z} \right)_{z=0^-} + UC_T(0^-, t) = -D_a \left(\frac{\partial C_T}{\partial z} \right)_{z=0^+} + UC_T(0^+, t)$$

Ecuación 1.2

En la salida

$$C_T(L^-, t) = C_T(L^+, t)$$

$$-D_a \left(\frac{\partial C_T}{\partial z} \right)_{z=L^-} + UC_T(L^-, t) = -D_a \left(\frac{\partial C_T}{\partial z} \right)_{z=L^+} + UC_T(L^+, t)$$

Ecuación 1.3

2.3.2 Metodología de muestreo de trazador

La técnica consiste en inyectar una cantidad de RODAMINA B, en el punto de inyección y determinar la distribución de las concentraciones de dicho material aguas abajo a través del tiempo, en dos diferentes puntos previamente seleccionados.

En la Tabla 7, se presentan los materiales, equipo de protección personal, reactivos y equipo de medición de campo necesarios para poder determinar la dispersión de las concentraciones de RODAMINA B

Tabla 7 Resumen de material, equipo de protección personal y equipo de medición de campo para muestreo de RODAMINA B.

Materiales	Equipo de protección personal	Reactivos	Equipo de medición de campo
Beaker de 500 mL	Traje de vadeo	Rodamina B (20%)	Fluorimetro marca Turner  Con sensor sumergible, Cyclops
Franela	Agua potable		GPS
Cronometro	Guantes quirurgicos, Mascarillas N95		
Frasco para transportar la Rodamina B	Alcohol etílico		

En la Tabla 8, se presenta la secuencia de pasos para determinar las concentraciones de RODAMINA B a diferentes tiempos en los puntos de muestreo.

No.	DESCRIPCION
A. ACCIONES PREVIAS	
1	Revisar itinerario de acuerdo a cronología de aplicación de la técnica
2	Comprobar el buen funcionamiento del fluorímetro
3	Recibir lista de equipos y materiales
4	Preparar la cantidad de trazador a ser inyectada
5	Revisar, verificar y calibrar equipos de medición de campo
6	Realizar un estudio exploratorio previo a la adición del trazador, esto con el objetivo: Determinar el punto de inyección y los dos o 3 puntos de detección del trazador, en dichos puntos se debe tomar en cuenta lo siguiente: Preferiblemente entre los dos puntos no debe existir zonas de agregación, que ocasionen estancamiento de agua en un punto y otro. Deben considerarse los límites de detección del fluorímetro y la difusión aproximada que pueda provocarse en los puntos detectores tras la inyección del trazador de tal manera que este pueda ser medido y cuantificado. Estimar el intervalo de tiempo que pueda existir entre una toma y la otra, en cada punto para revisar el itinerario de mediciones, de acuerdo a datos de caudal y velocidades, estimadas en otros estudios de trazabilidad.
B. TOMA DE MUESTRAS	
1	Ubicarse en el punto de inyección del trazador y en los puntos detectores
2	Inyectar en el cuerpo de agua una cantidad conocida de RODAMINA B, como una fuente puntual instantánea, al momento e realizar la inyección correr el cronometro tiempo cero.
3	Indicar la recolección de muestras en el punto de detección No. 1, cuando se obtengan lecturas de RODAMINA B en fluorímetro.
4	Tomar las muestras a intervalo de tiempo definidos según muestreo exploratoria
5	Analizar muestras para medir la concentración del trazador utilizando un Fluorímetro.
6	Volver al paso tres, para el caso de punto de detección número dos.

Tabla 8.0 Secuencia de pasos para la inyección de rodamina B.

2.3.3 CANTIDAD DE RODAMINA B A SER INYECTADA

Previo a la realización del estudio de dispersión se hace necesaria la determinación de la cantidad óptima de trazador a utilizar en un ensayo, a fin de garantizar que el trazador pueda ser medido dentro de los límites de detección del equipo.

Los principales parámetros que influyen en la elección de la cantidad de trazador a utilizar son: La sensibilidad del sistema de medición, que aconseja una concentración ideal para su análisis, de forma que la dilución no supere los niveles detectables. El método de inyección del trazador, continua o puntual. Las características hidrogeológicas del cuerpo de agua, tales como:

- El volumen de agua que va a ser trazado.
- Las dimensiones del cuerpo de agua (distancia del trayecto, gradiente energético, etc.)



Para determinar la cantidad de rodamina al 20% a inyectar se utilizó la metodología presentada en el documento MEASUREMENT OF TIME OF TRAVEL IN STREAMS BY DYE TRACING, en Anexo, páginas 14 y 15, por tanto, se determinó que se debía inyectar 20 mL.

En campo se identificó que cualitativamente a inyecciones menores a 20 mL, la Rodamina solo se podía identificar hasta 200m, por lo que se tomó la decisión de inyectar un volumen de 20 mL para que esta pudiera ser vista a una distancia mayor de 200 m, la distancias tomadas como referencia para hacer los ensayos de trazabilidad para la determinación de los coeficientes de dispersión longitudinales fueron de 100m y 200 m.

2.3.4 Cálculo de Coeficiente de dispersión Longitudinal

Para el cálculo del coeficiente de dispersión longitudinal, se tuvieron en consideración diferentes aspectos:

- ✓ Según la teoría citada en LA SECCION 2.3.1 , el sistema se ha considerado un sistema abiertoabierto, ya que se tiene dispersión tanto aguas arriba como aguas abajo en cada punto de medición.
- ✓ Para el caso en estudio se considero que no hay variación en el coeficiente de dispersión en z, y el impulso del trazador se inyecta en $z=0$ y $t=0$.
- ✓ También se tomaron en cuenta dos procedimientos para el cálculo de dicho coeficiente, el método empírico propuesto por Fischer; el cual no involucra los datos experimentales, del estudio de trazadores, sino únicamente los parámetros hidráulicos; y el método propuesto por H.Scott Fogler, el cual involucra completamente todo el estudio de dispersión (datos experimentales del estudio de trazadores y parámetros hidráulicos).
- ✓ Los datos tabulados, en LA SECCION 2.4, para concentraciones y tiempos en cada uno de los puntos de estudio, fueron depurados, para el cálculo de regresiones de las curvas C vs. t, con la finalidad de obtener curvas mejor definidas.

2.3.4.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER.

Procedimiento general de cálculo del coeficiente de dispersión longitudinal según ecuación de Fischer

PASO	ECUACION	OBSERVACIONES
1	\bar{U}	Se obtiene la velocidad media a partir de los aforos realizados en cada punto de muestreo. [m/s]
2	B	Ancho del río determinado mediante una medición directa de éste, para cada punto de muestreo. [m]
3	D	Radio hidráulico, obtenido al ingresar los datos del aforo para cada punto en el programa de análisis de aforo ³ [m]
4	$u^* = \bar{u}/10$	Velocidad de corte obtenida a partir de una regla general donde la misma es 1/10 la velocidad media.
5	$E_x = \frac{0.011 \times \bar{u}^2 \times B^2}{d \times u^*} \pm 50\%$	Sustituir los datos en la presente ecuación y obtener directamente el coeficiente de dispersión longitudinal, [m ² /s]
6	$\pm 50\%$	Determinar el +50% y -50% y ese será el rango entre el cual se deberá obtener el coeficiente de dispersión.

Tabla 9 Procedimiento general del cálculo del coeficiente de dispersión longitudinal según ecuación empírica de Fischer*

* Esta ecuación empírica fue utilizada para validar los valores del coeficiente de dispersión obtenidos por el Método propuesto por H.Scott Fogler

2.3.4.2 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO SEGÚN METODO PROPUESTO POR H.SCOTT FOGLER

PASO	ECUACION	OBSERVACIONES
1	$C(t)$	Calcular la función de la concentración respecto al tiempo, graficando y obteniendo la regresión que más se ajuste para dicha gráfica
2	$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	Calcular la función E (t), dividiendo la función de concentración obtenida, entre la integral de dicha función respecto al tiempo en los límites exactos en que la curva intercepta el eje de las coordenadas.



3	$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	Calcular el tiempo de residencia medio, integrando la multiplicación del tiempo con la función E (t), en los límites determinados anteriormente.
4	$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	Calcular la varianza, es decir la dispersión de los datos, obteniendo el área bajo la curva de la función, utilizando los límites definidos anteriormente.
5	$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	A partir de la ecuación para sistema abierto-abierto, se calcula el número de Peclet.
6	$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	Despejar τ a partir de tm y el número de Peclet.
7	$pe = \frac{Ul}{D_a}$	A partir de la definición del número de Peclet, se calcula finalmente el coeficiente de dispersión, despejando de la formula, y utilizando la velocidad media y la longitud del tramo del río, es decir la distancia entre cada punto de muestreo.

Tabla 10 Procedimiento general del cálculo del coeficiente de dispersión longitudinal según método propuesto por H.Scott Fogler.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión, tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

2.4. RESULTADOS

2.4.1 RESULTADOS DE COEFICIENTE DE DISPERSIÓN LONGITUDINAL

2.4.1.1 DATOS A REQUERIR PARA EL CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE DISPERSIÓN LONGITUDINAL

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados. Para el caso del estudio experimental los datos del aforo a requerir son:

- ✓ Distancia al punto de inyección
- ✓ Velocidad media
- ✓ Ancho de la sección
- ✓ Caudal
- ✓ Radio Hidraulico

2.4.1.2 NOMENCLATURA DE IDENTIFICACION DE PUNTOS DE MUESTREO PARA EL ESTUDIO DE TRAZABILIDAD

CODIGO	CÓDIGO	nombre rio	CODIGO	CÓDIGO	nombre rio
NAME 1	RIO# 1	Quebrada merliot	NAME 23	RIO# 23	Paleca
NAME 2	RIO# 2	Quebrada Buenos Aires	NAME 24	RIO# 24	chaguite
NAME 3	RIO# 3	Quebrada La Mascota	NAME 25	RIO# 25	Mariona
NAME 4	RIO#4	Quebrada La Mascota	NAME 26	RIO# 26	El Angel
NAME 5	RIO#5	Arenal Monserrat	NAME 27	RIO# 27	El Angel
NAME 6	RIO# 6	San felipe	NAME 28	RIO# 28	El Angel
NAME 7	RIO# 7	Arenal Monserrat	NAME 29	RIO# 29	tomayate
NAME 8	RIO# 8	Quebrada La Mascota	NAME 30	RIO# 30	Acelhuate
NAME 9	RIO# 9	Acelhuate	NAME 31	RIO# 31	Acelhuate
NAME 10	RIO# 10	Acelhuate	NAME 32	RIO# 32	Tomayate
NAME 11	RIO# 11	Quebrada El Carmen	NAME 33	RIO# 33	Mariona
NAME 12	RIO# 12	Quebrada El Carmen	NAME 34	RIO# 34	San Antonio
NAME 13	RIO# 13	Quebrada La Mascota	NAME 35	RIO# 35	Tomayate
NAME 14	RIO# 14	Quebrada La Mascota	NAME 36	RIO#36	Quebrada La Lechuza
NAME 15	RIO# 15	Quebrada La Lehuza	NAME37	RIO# 37	San Antonio
NAME 16	RIO# 16	Quebrada La Lehuza	NAME 38	RIO# 38	Quebrada desconocida
NAME 17	RIO# 17	Tutunichapa	NAME 39	RIO#39	Mariona
NAME 18	RIO# 18	Tutunichapa	NAME40	RIO# 40	Quebrada desconocida
NAME 19	RIO# 19	Tutunichapa	NAME 41	RIO#41	Mariona
NAME 20	RIO# 20	San Antonio	NAME 42	RIO# 42	San Antonio
NAME 21	RIO# 21	San Antonio			
NAME 22	RIO# 22	San antonio			

2.4.1.3 TABULACION DE DATOS

Los datos tabulados, a continuacion, para concentraciones y tiempos en cada uno de los puntos de estudio, fueron depurados, para el cálculo de regresiones de las curvas C vs. t, con la finalidad de obtener curvas mejor definidas. La numeración de Tablas y Figuras es independiente del resto de apartados .

A continuación se presentan las fichas de monitoreo para trazabilidad, para cada uno de los puntos muestreados:



FICHA 1 DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio:	Merliot
Fecha:	5/07/2021
Punto de monitoreo:	Name 1
Cuenca:	Lempa
Sub. Cuenca:	Acelhuate
Microcuenca:	Arenal de Monserrat

NORT	WEST
13.6775831	-89.24989667

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
<p>Se acceso frente a centro comercial Las Cascadas, sobre carretera Panamericana, se realizó el descenso de muro hasta llegar a la quebrada, terreno sumamente pedregoso con alta vegetación y acumulación de basura.</p> <p>No se observaron especies acuáticas, zona próxima a viviendas con descartes de aguas a la quebrada, no fue posible realizar trazabilidad a la altura de 200 m debido que la quebrada entronca con otra.</p>
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	2.5
Profundidad media (m)	0.48
Caudal (m ³ /seg)	0.1287
Radio hidráulico (m)	0.2913
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua

Tabla 1 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 1.

Punto de muestreo		NAME 1		
Fecha		5/7/2021		
Punto de Medición		100		
Hora de inicio		9:16 AM		
Hora de finalización		9:36 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentración (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0	0
2	20	40	0	0
3	20	60	0	0
4	20	80	0.001	1
5	20	100	0.006	6
6	20	120	0.008	8
7	20	140	0.014	14
8	20	160	0.016	16
9	20	180	0.021	21
10	20	200	0.027	27
11	20	220	0.033	33
12	20	240	0.038	38
13	20	260	0.039	39
14	20	280	0.043	43
15	20	300	0.046	46
16	20	320	0.05	50
17	20	340	0.054	54
18	20	360	0.056	56
19	20	380	0.056	56
20	20	400	0.057	57
21	20	420	0.058	58
22	20	440	0.061	61
23	20	460	0.063	63
24	20	480	0.063	63
25	20	500	0.067	67
26	20	520	0.069	69



Punto de muestreo			NAME 1	
Fecha			5/7/2021	
Punto de Medición			100	
Hora de inicio			9:16 AM	
Hora de finalización			9:36 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentración (ppm)	Concentración(ppb)
27	20	540	0.071	71
28	20	560	0.073	73
29	20	580	0.074	74
30	20	600	0.074	74
31	20	620	0.076	76
32	20	640	0.078	78
33	20	660	0.079	79
34	20	680	0.079	79
35	20	700	0.08	80
36	20	720	0.079	79
37	20	740	0.084	84
38	20	760	0.084	84
39	20	780	0.085	85
40	20	800	0.085	85
41	20	820	0.087	87
42	20	840	0.085	85
43	20	860	0.087	87
44	20	880	0.089	89
45	20	900	0.09	90
46	20	920	0.09	90
47	20	940	0.093	93
48	20	960	0.093	93
49	20	980	0.093	93
50	20	1000	0.095	95
51	20	1020	0.095	95
52	20	1040	0.096	96
53	20	1060	0.098	98

Punto de muestreo		NAME 1		
Fecha		5/7/2021		
Punto de Medición		100		
Hora de inicio		9:16 AM		
Hora de finalización		9:36 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentración (ppm)	Concentración(ppb)
54	20	1080	0.095	95
55	20	1100	0.095	95
56	20	1120	0.098	98
57	20	1140	0.098	98
58	20	1160	0.101	101
59	20	1180	0.102	102
60	20	1200	0.102	102

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN METODO PROPUESTO POR H.SCOTT FOLGER

Tabla 2. Procedimiento general de cálculos del coeficiente de dispersión longitudinal según método propuesto por H.Scott Folger.

PASO	ECUACION	OBSERVACIONES
1	$C(t)$	Calcular la función de la concentración respecto al tiempo, graficando y obteniendo la regresión que más se ajuste para dicha gráfica
2	$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	Calcular la función E (t), dividiendo la función de concentración obtenida, entre la integral de dicha función respecto al tiempo en los límites exactos en que la curva intercepta el eje de las coordenadas.
3	$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	Calcular el tiempo de residencia medio, integrando la multiplicación del tiempo con la función E (t), en los límites determinados anteriormente.
4	$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	Calcular la varianza, es decir la dispersión de los datos, obteniendo el área bajo la curva de la función, utilizando los límites definidos anteriormente.



5	$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	A partir de la ecuación para sistema abierto-abierto, se calcula el número de Peclet.
6	$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	Despejar τ a partir de tm y el número de Peclet.
7	$pe = \frac{Ul}{D_a}$	A partir de la definición del número de Peclet, se calcula finalmente el coeficiente de dispersión, despejando de la fórmula, y utilizando la velocidad media y la longitud del tramo del río, es decir la distancia entre cada punto de muestreo.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER.

Procedimiento general de cálculo del coeficiente de dispersión longitudinal según ecuación de Fischer

PASO	ECUACION	OBSERVACIONES
1	\bar{U}	Se obtiene la velocidad media a partir de los aforos realizados en cada punto de muestreo. [m/s]
2	B	Ancho del río determinado mediante una medición directa de éste, para cada punto de muestreo. [m]
3	D	Radio hidráulico, obtenido al ingresar los datos del aforo para cada punto en el programa de análisis de aforo ³ [m]
4	$u^* = \bar{U}/10$	Velocidad de corte obtenida a partir de una regla general donde la misma es 1/10 la velocidad media.
5	$E_x = \frac{0.011 \times \bar{u}^2 \times B^2}{d \times u^*} \pm 50\%$	Sustituir los datos en la presente ecuación y obtener directamente el coeficiente de dispersión longitudinal, [m ² /s]
6	$\pm 50\%$	Determinar el +50% y -50% y ese será el rango entre el cual se deberá obtener el coeficiente de dispersión.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 1.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 3.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 1	
Distancia desde el punto de inyección (m)	100
Velocidad media (m/s)	0.12
Ancho de la sección	2.5
Caudal (m ³ /s)	0.1287
Radio hidráulico	0.2913

Tabla 3. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 1 - Método Empírico	
U _x	0.12
B	2.5
d	0.2913
u*	0.012
E	0.2832
+50%	0.4248
-50%	0.1416

Tabla 4 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 1.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 0.1416-04248 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 1 - Método H.Scott Fogler	
$C(t)$	$C=1E-18t^6-6E-15t^5+9E-12t^4-6E-09t^3+2E-06t^2-8E-05t-0.0008$
A	$1E-18t^6$
B	$-6E-15t^5$
C	$9E-12t^4$
D	$-6E-09t^3$
E	$2E-06t^2$
F	$-7E-05t$
G	-0.0008
Limites	0 1200
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	2483.43
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$4.02669E-22(t^6-6000t^5+9000000t^4-6000000000t^3+2000000000000t^2-7000000000000t-8E14)$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	5.83 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	6944.73 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per= 0.75
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	1.59 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.40 m ² /seg.

Tabla 5 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 1.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

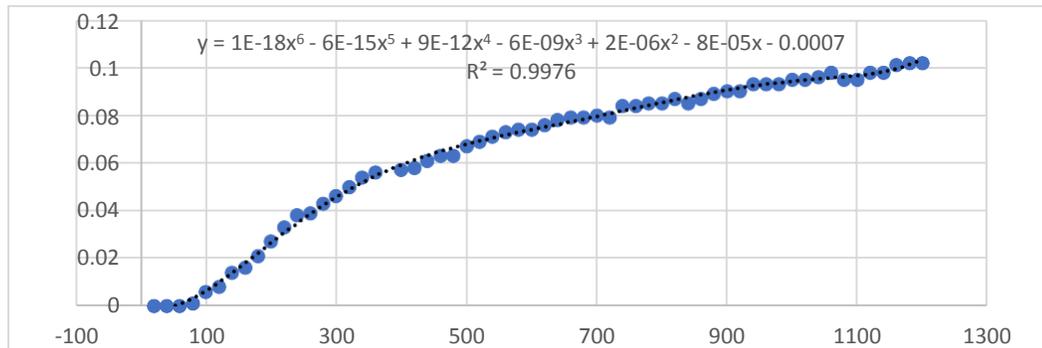


Figura 1 Grafica de datos y regresión para NAME 1 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $0.40m^2/s$, se encuentra entre los límites definidos por la ecuación empírica de Fischer, por lo que se traduce en una dispersión de tipo mecánica en el sentido del flujo.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Buenos Aires
Fecha: 5/07/2021
Punto de monitoreo: **Name 2**
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Arenal de Monserrat

NORT	WEST
13.67766129	-89.24813577

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso al costado del vivero de la Alcaldía Municipal de Antiguo Cuscatlán, sobre carretera Panamericana, se realizó el descenso de muro hasta llegar a la quebrada, terreno barrancoso con acumulación de basura con alta vegetación. No se observaron especies acuáticas, zona próxima a viviendas con descartes de aguas a la quebrada, no fue posible realizar trazabilidad a la altura de 200 m debido a que después de 100 m se encuentra situado un entronque.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	2.5
Profundidad media (m)	0.22
Caudal (m ³ /seg)	0.057
Radio hidráulico (m)	0.1411
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua

Tabla 6 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 2.

Punto de muestreo			NAME 2	
Fecha			5/7/2021	
Punto de medición (m)			100	
Hora de inicio			9:50 AM	
Hora de finalización			10:10 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentración (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.019	19
2	20	40	0.018	18
3	20	60	0.018	18
4	20	80	0.032	32
5	20	100	0.034	34
6	20	120	0.03	30
7	20	140	0.031	31
8	20	160	0.018	18
9	20	180	0.04	40
10	20	200	0.041	41
11	20	220	0.041	41
12	20	240	0.042	42
13	20	260	0.041	41
14	20	280	0.042	42
15	20	300	0.04	40
16	20	320	0.042	42
17	20	340	0.04	40
18	20	360	0.041	41
19	20	380	0.045	45
20	20	400	0.034	34
21	20	420	0.032	32
22	20	440	0.034	34
23	20	460	0.026	26
24	20	480	0.032	32
25	20	500	0.034	34
26	20	520	0.034	34
27	20	540	0.034	34
28	20	560	0.034	34



Punto de muestreo			NAME 2	
Fecha			5/7/2021	
Punto de medición (m)			100	
Hora de inicio			9:50 AM	
Hora de finalización			10:10 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentración (ppm)	Concentración(ppb)
29	20	580	0.035	35
30	20	600	0.036	36
31	20	620	0.035	35
32	20	640	0.036	36
33	20	660	0.036	36
34	20	680	0.037	37
35	20	700	0.032	32
36	20	720	0.031	31
37	20	740	0.032	32
38	20	760	0.031	31
39	20	780	0.031	31
40	20	800	0.03	30
41	20	820	0.042	42
42	20	840	0.043	43
43	20	860	0.025	25
44	20	880	0.026	26
45	20	900	0.032	32
46	20	920	0.03	30
47	20	940	0.039	39
48	20	960	0.037	37
49	20	980	0.039	39
50	20	1000	0.04	40
51	20	1020	0.037	37
52	20	1040	0.039	39
53	20	1060	0.04	40
54	20	1080	0.039	39
55	20	1100	0.039	39
56	20	1120	0.039	39
57	20	1140	0.039	39

Punto de muestreo		NAME 2		
Fecha		5/7/2021		
Punto de medición (m)		100		
Hora de inicio		9:50 AM		
Hora de finalización		10:10 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentración (ppm)	Concentración(ppb)
58	20	1160	0.039	39
59	20	1180	0.039	39
60	20	1200	0.045	45

RESULTADOS DE COEFICIENTE DE DISPERSION LONGITUDINAL

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 7.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 1	
Distancia desde el punto de inyección (m)	100
Velocidad media (m/s)	0.11
Ancho de la sección	2.5
Caudal (m ³ /s)	0.057
Radio hidráulico	0.1411

Tabla 7. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 2- Método Empírico	
U _x	0.11
B	2.5
d	0.1411
u*	0.011
E	0.5359
+50%	0.8038
-50%	0.2679

Tabla 8 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 2



La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión (0.2679 – 0.8038 m²/seg.), tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 2 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$C=3E-19t^6-1E-15t^5+1E-12t^4+4E-11t^3-5E-07t^2+0.0002t+0.0118$
A	3E-19t ⁶
B	-1E-15t ⁵
C	1E-12t ⁴
D	4E-11t ³
E	-5E-07t ²
G	0.0002t
F	0.0118
Limites	0 1200
$\int_{42.87762}^{520.12808} C(t) dt$	44.4609
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$6.7475E-21(t^6 - (10000t^5/3) + (10000000t^4/3) - (400000000t^3/3) - (5000000000000t^2/3) + 6.6667E14t + 3.93333E16)$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per= 4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.06875

Tabla 9 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 2.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

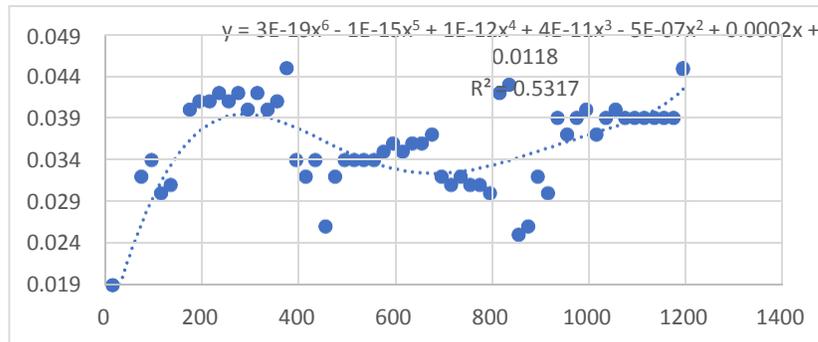


Figura 2 Grafica de datos y regresión para NAME 2 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $0.06875 \text{ m}^2/\text{s}$, se encuentra, un 25% abajo del límite inferior ($0.2679 \text{ m}^2/\text{seg}$) definido por la ecuación empírica de Fischer, por lo que se considera una baja dispersión de contaminantes presentes en los vertidos, esto puede deberse al bajo valor de caudal, $0.057 \text{ m}^3/\text{s}$.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: La Mascota
Fecha: 03/07/2021
Punto de monitoreo: Name 3
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Arenal de Monserrat

NORT	WEST
13.68754167	-89.23936167

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso a un costado del Museo Marte, se realizó el descenso hasta llegar a la quebrada, terreno barrancoso con acumulación de basura con alta vegetación. No se observaron especies acuáticas, no fue posible realizar trazabilidad a la altura de 200 m por retenciones y terreno accidentado, se pudo realizar tomas a 50 y 150 m.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	7
Profundidad media (m)	0.16
Caudal (m3/seg)	0.075
Radio hidráulico (m)	0.1093
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Tabla 10 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 3, 50 m.

Punto de muestreo			NAME 3	
Fecha			3/7/2021	
Punto de medicion (m)			50	
Hora de inicio			6:44 AM	
Hora de finalización			7:04 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0	0
2	20	40	0.013	13
3	20	60	0.016	16
4	20	80	0.025	25
5	20	100	0.027	27
6	20	120	0.035	35
7	20	140	0.032	32
8	20	160	0.035	35
9	20	180	0.038	38
10	20	200	0.042	42
11	20	220	0.047	47
12	20	240	0.048	48
13	20	260	0.052	52
14	20	280	0.054	54
15	20	300	0.058	58
16	20	320	0.06	60
17	20	340	0.064	64
18	20	360	0.065	65
19	20	380	0.071	71
20	20	400	0.074	74
21	20	420	0.077	77
22	20	440	0.072	72
23	20	460	0.087	87
24	20	480	0.092	92
25	20	500	0.092	92
26	20	520	0.094	94
27	20	540	0.07	70
28	20	560	0.075	75



Punto de muestreo			NAME 3	
Fecha			3/7/2021	
Punto de medición (m)			50	
Hora de inicio			6:44 AM	
Hora de finalización			7:04 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
29	20	580	0.076	76
30	20	600	0.076	76
31	20	620	0.076	76
32	20	640	0.077	77
33	20	660	0.08	80
34	20	680	0.077	77
35	20	700	0.082	82
36	20	720	0.094	94
37	20	740	0.091	91
38	20	760	0.094	94
39	20	780	0.087	87
40	20	800	0.088	88
41	20	820	0.09	90
42	20	840	0.09	90
43	20	860	0.09	90
44	20	880	0.09	90
45	20	900	0.098	98
46	20	920	0.098	98
47	20	940	0.103	103
48	20	960	0.102	102
49	20	980	0.103	103
50	20	1000	0.102	102
51	20	1020	0.104	104
52	20	1040	0.104	104
53	20	1060	0.104	104
54	20	1080	0.104	104
55	20	1100	0.104	104
56	20	1120	0.105	105
57	20	1140	0.104	104

Punto de muestreo		NAME 3		
Fecha		3/7/2021		
Punto de medicion (m)		50		
Hora de inicio		6:44 AM		
Hora de finalización		7:04 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
58	20	1160	0.105	105
59	20	1180	0.105	105
60	20	1200	0.118	118

Tabla 10 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 3, 50 m.

Punto de muestreo		NAME 3		
Fecha		3/7/2021		
Punto de medicion (m)		150		
Hora de inicio		7:07 AM		
Hora de finalización		7:27 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.121	121
2	20	40	0.124	124
3	20	60	0.124	124
4	20	80	0.119	119
5	20	100	0.121	121
6	20	120	0.122	122
7	20	140	0.124	124
8	20	160	0.122	122
9	20	180	0.154	154
10	20	200	0.144	144
11	20	220	0.142	142
12	20	240	0.143	143
13	20	260	0.132	132
14	20	280	0.131	131
15	20	300	0.131	131



Punto de muestreo			NAME 3	
Fecha			3/7/2021	
Punto de medicion (m)			150	
Hora de inicio			7:07 AM	
Hora de finalización			7:27 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
16	20	320	0.144	144
17	20	340	0.131	131
18	20	360	0.142	142
19	20	380	0.144	144
20	20	400	0.144	144
21	20	420	0.142	142
22	20	440	0.143	143
23	20	460	0.13	130
24	20	480	0.125	125
25	20	500	0.124	124
26	20	520	0.107	107
27	20	540	0.124	124
28	20	560	0.122	122
29	20	580	0.119	119
30	20	600	0.121	121
31	20	620	0.127	127
32	20	640	0.132	132
33	20	660	0.104	104
34	20	680	0.104	104
35	20	700	0.127	127
36	20	720	0.118	118
37	20	740	0.116	116
38	20	760	0.116	116
39	20	780	0.109	109
40	20	800	0.108	108
41	20	820	0.109	109
42	20	840	0.108	108
43	20	860	0.11	110
44	20	880	0.109	109

Punto de muestreo		NAME 3		
Fecha		3/7/2021		
Punto de medicion (m)		150		
Hora de inicio		7:07 AM		
Hora de finalización		7:27 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
45	20	900	0.109	109
46	20	920	0.107	107
47	20	940	0.107	107
48	20	960	0.107	107
49	20	980	0.107	107
50	20	1000	0.107	107
51	20	1020	0.109	109
52	20	1040	0.109	109
53	20	1060	0.113	113
54	20	1080	0.124	124
55	20	1100	0.114	114
56	20	1120	0.099	99
57	20	1140	0.107	107
58	20	1160	0.107	107
59	20	1180	0.107	107
60	20	1200	0.104	104

Tabla 11 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 3, 150 m.

RESULTADOS DE COEFICIENTE DE DISPERSION LONGITUDINAL

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla12.



ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 3	
Distancia desde el punto de inyección (m)	50-150
Velocidad media (m/seg)	0.0714
Ancho de la sección (m)	7
Caudal (m3/seg)	0.075
Radio hidráulico	0.1093

Tabla 12. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 3- Método Empírico	
Ux	0.0714
B	7
d	0.1093
u*	0.00714
E	3.521
+50%	5.2815
-50%	1.7605

Tabla 13 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 3.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión (1.7605- 5.2815 m²/seg.), tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

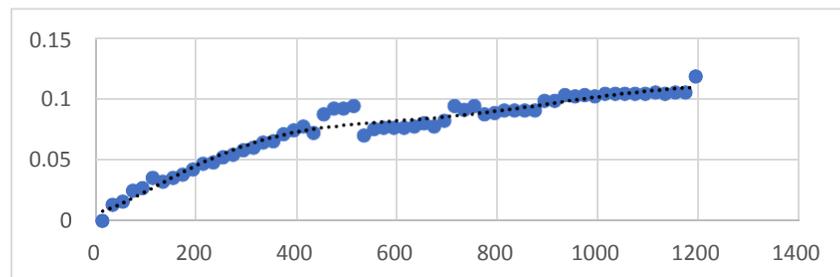
ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 3 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$C = 8E-19t^6 - 3E-15t^5 + 5E-12t^4 - 4E-09t^3 + 1E-06t^2 + 0.0001t + 0.0057$
A	8E-19t ⁶
B	- 3E-15t ⁵
C	5E-12t ⁴
D	- 4E-09t ³
E	1E-06t ²
G	0.0001t
F	0.0057

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 3 - Método H.Scott Fogler	
Limites	0 1200
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	13.9256
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$5.7448E-20(t^6-3750 t^5+6250000 t^4-5000000000 t^3+12500000000000 t^2+125000000000000 t+7.125E15)$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.1249

Tabla 14 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 3, 50 m.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

Figura 3 Grafica de datos y regresión para NAME 3, 50 m estudio experimental.



En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.1249 m²/s, se encuentra en un 92.9 % debajo del límite inferior (1.7605 m²/s) definido por la ecuación empírica de Fischer, esto se traduce que a una distancia de 50 m se tiene una muy baja dispersión, esto sumado a la baja velocidad que presenta en el punto muestreado de 0.0714 m/s.

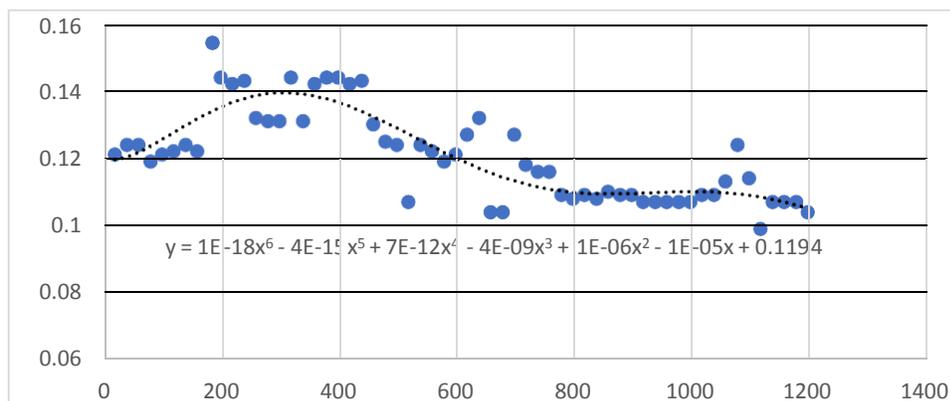


ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 3 - Método H.Scott Fogler	
$C(t)$	$C = 1E-18t^6 - 4E-15t^5 + 7E-12t^4 - 4E-09t^3 + 1E-06t^2 - 1E-05t + 0.1194$
A	$1E-18t^6$
B	$- 4E-15t^5$
C	$7E-12t^4$
D	$- 4E-09t^3$
E	$1E-06t^2$
G	$- 1E-05t$
F	0.1194
Limites	0 1200
$\int_{42.97762}^{520.12806} C(t) dt$	643.355
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$1.5543E-21 (t^6 - 4000 t^5 + 7000000 t^4 - 4000000000 t^3 + 1000000000000 t^2 - 10000000000000 t + 1.194E17)$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.1249

Tabla 15 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 3, 150 m.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

Figura 4 Grafica de datos y regresión para NAME 3, 150 m estudio experimental.



En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, a una distancia de 150 m, presenta el mismo valor que a 50 m, de 0.1249 m²/s, se encuentra, debajo del límite inferior (1.7605 m²/seg) definido por la ecuación empírica de Fischer, por lo que debido a que la velocidad se mantiene constante en este punto, no hay aumento en la dispersión de los contaminantes, esto a pesar de la distancia recorrida.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: La Mascota
Fecha: 07/07/2021
Punto de monitoreo: Name 4
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Arenal de Monserrat

NORT	WEST
13.69818000	-89.23151000

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
<p>Se acceso a un costado del parqueo del Ministerio de Obras Públicas (MOP), terreno barrancoso con acumulación de basura con alta vegetación, se realizó el descenso por medio muro y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada.</p> <p>No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.</p>
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	4
Profundidad media (m)	0.16
Caudal (m ³ /seg)	0.05
Radio hidráulico (m)	0.1078
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo			NAME 4	
Fecha			7/7/2021	
Punto de medición (m)			100	
Hora de inicio			7:58 AM	
Hora de finalización			8:18 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentración (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0	0
2	20	40	0.01	10
3	20	60	0.01	10
4	20	80	0.018	18
5	20	100	0.023	23
6	20	120	0.027	27
7	20	140	0.031	31
8	20	160	0.039	39
9	20	180	0.044	44
10	20	200	0.049	49
11	20	220	0.051	51
12	20	240	0.055	55
13	20	260	0.06	60
14	20	280	0.063	63
15	20	300	0.064	64
16	20	320	0.068	68
17	20	340	0.072	72
18	20	360	0.09	90
19	20	380	0.09	90
20	20	400	0.095	95
21	20	420	0.097	97
22	20	440	0.097	97
23	20	460	0.091	91
24	20	480	0.096	96
25	20	500	0.094	94
26	20	520	0.096	96
27	20	540	0.099	99
28	20	560	0.103	103



Punto de muestreo			NAME 4	
Fecha			7/7/2021	
Punto de medición (m)			100	
Hora de inicio			7:58 AM	
Hora de finalización			8:18 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentración (ppm)	Concentración(ppb)
29	20	580	0.103	103
30	20	600	0.099	99
31	20	620	0.096	96
32	20	640	0.105	105
33	20	660	0.107	107
34	20	680	0.111	111
35	20	700	0.11	110
36	20	720	0.11	110
37	20	740	0.112	112
38	20	760	0.114	114
39	20	780	0.112	112
40	20	800	0.114	114
41	20	820	0.116	116
42	20	840	0.118	118
43	20	860	0.116	116
44	20	880	0.118	118
45	20	900	0.118	118
46	20	920	0.118	118
47	20	940	0.117	117
48	20	960	0.114	114
49	20	980	0.116	116
50	20	1000	0.117	117
51	20	1020	0.116	116
52	20	1040	0.117	117
53	20	1060	0.116	116
54	20	1080	0.118	118
55	20	1100	0.118	118
56	20	1120	0.097	97
57	20	1140	0.103	103



Punto de muestreo		NAME 4		
Fecha		7/7/2021		
Punto de medición (m)		100		
Hora de inicio		7:58 AM		
Hora de finalización		8:18 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentración (ppm)	Concentración(ppb)
58	20	1160	0.102	102
59	20	1180	0.111	111
60	20	1200	0.103	103

Tabla 16 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 4, 100 m.

Punto de muestreo		NAME 4		
Fecha		7/7/2021		
Punto de medición (m)		100		
Hora de inicio		8:20 AM		
Hora de finalización		8:40 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentración (ppm)	Concentración(PPB)
1	20	20	0.097	97
2	20	40	0.103	103
3	20	60	0.101	101
4	20	80	0.103	103
5	20	100	0.102	102
6	20	120	0.099	99
7	20	140	0.1	100
8	20	160	0.11	110
9	20	180	0.114	114
10	20	200	0.11	110
11	20	220	0.108	108
12	20	240	0.119	119
13	20	260	0.116	116



Punto de muestreo			NAME 4	
Fecha			7/7/2021	
Punto de medición (m)			100	
Hora de inicio			8:20 AM	
Hora de finalización			8:40 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentración (ppm)	Concentración(PPB)
14	20	280	0.117	117
15	20	300	0.108	108
16	20	320	0.108	108
17	20	340	0.107	107
18	20	360	0.1	100
19	20	380	0.103	103
20	20	400	0.116	116
21	20	420	0.103	103
22	20	440	0.1	100
23	20	460	0.099	99
24	20	480	0.114	114
25	20	500	0.102	102
26	20	520	0.108	108
27	20	540	0.102	102
28	20	560	0.103	103
29	20	580	0.103	103
30	20	600	0.091	91
31	20	620	0.102	102
32	20	640	0.088	88
33	20	660	0.085	85
34	20	680	0.1	100
35	20	700	0.1	100
36	20	720	0.097	97
37	20	740	0.097	97
38	20	760	0.081	81
39	20	780	0.079	79
40	20	800	0.08	80



Punto de muestreo		NAME 4		
Fecha		7/7/2021		
Punto de medición (m)		100		
Hora de inicio		8:20 AM		
Hora de finalización		8:40 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentración (ppm)	Concentración(PPB)
41	20	820	0.08	80
42	20	840	0.09	90
43	20	860	0.096	96
44	20	880	0.096	96
45	20	900	0.092	92
46	20	920	0.092	92
47	20	940	0.094	94
48	20	960	0.111	111
49	20	980	0.11	110
50	20	1000	0.106	106
51	20	1020	0.1	100
52	20	1040	0.108	108
53	20	1060	0.11	110
54	20	1080	0.105	105
55	20	1100	0.103	103
56	20	1120	0.107	107
57	20	1140	0.114	114
58	20	1160	0.11	110
59	20	1180	0.108	108
60	20	1200	0.107	107

Tabla 17 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 4, 200 m.



RESULTADOS DE COEFICIENTE DE DISPERSION LONGITUDINAL

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 18.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 4	
Distancia desde el punto de inyección (m)	100-200
Velocidad media (m/seg)	0.05
Ancho de la sección (m)	4
Caudal (m ³ /seg)	0.05
Radio hidráulico	0.1078

Tabla 18. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 4- Método Empírico	
U _x	0.05
B	4
d	0.1078
u*	0.005
E	0.8163
+50%	1.2244
-50%	0.4081

Tabla 19 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 4.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión (0.4081-1.2244 m²/seg.), tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.



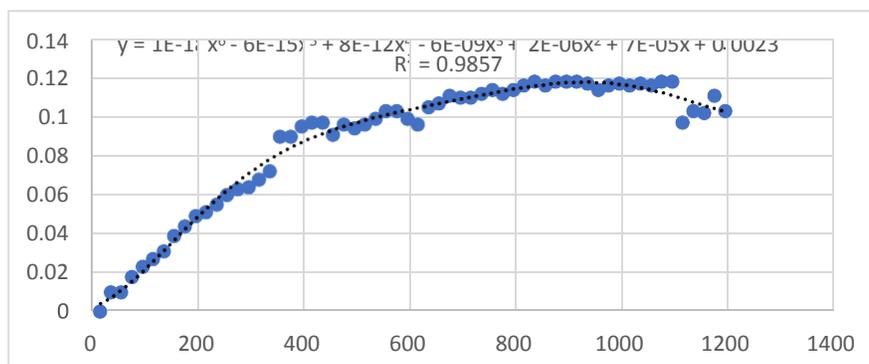
ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 4 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$C = 1E-18t^6 - 6E-15t^5 + 8E-12t^4 - 6E-09t^3 + 2E-06t^2 + 7E-05t + 0.0023$
A	1E-18t ⁶
B	- 6E-15t ⁵
C	8E-12t ⁴
D	- 6E-09t ³
E	2E-06t ²
G	7E-05t
F	0.0023
Limites	0 1200
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	398.029
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	2.5123E-21(t ⁶ -6000 t ⁵ +8000000 t ⁴ -6000000000 t ³ +2000000000000 t ² +70000000000000 t+2.3E15)
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per= 4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.05

Tabla 20 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 4, 100 m.



Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

Figura 5 Grafica de datos y regresión para NAME 4, 100 m estudio experimental.



En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.05 m²/s, se encuentra 87.75 % debajo del límite inferior (0.4081 m²/s) definido por la ecuación empírica de Fischer, eso se traduce en inadecuada dispersión de contaminantes, lo cual puede deberse a la distancia tomada como referencia para la medida de concentración del trazador, por lo que se calculara el coeficiente de dispersión longitudinal a una distancia de 200 m, lo cual se presenta a continuación:

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 4 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$C = -6E-19t^6 + 1E-15t^5 - 7E-13t^4 + 5E-11t^3 - 1E-07t^2 + 9E-05t + 0.0959$
A	-6E-19t ⁶
B	1E-15t ⁵
C	-7E-13t ⁴
D	5E-11t ³
E	-1E-07t ²
G	9E-05t



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 4 - Método H.Scott Fogler	
F	0.0959
Limites	417.709-823.15
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	28.7926
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$-2.0838E-20*(t6-((5000 t5))/(3))+((3500000 t4))/(3))-((250000000 t3))/(3))+((500000000000 t2))/(3))-150000000000000 t-1.5983333333334E17)$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	823.15
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	142016
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=0.0164
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	6.7062
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	12.1951

Tabla 21 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 4, 200 m.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión de sexto grado.

Para el cálculo de los límites de integración, se hace uso de dicha regresión igualándola a cero y obteniendo los puntos de intercepción con el eje x.

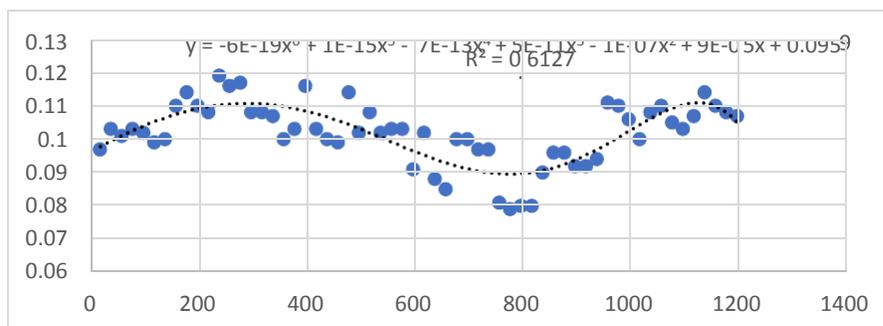


Figura6 Grafica de datos y regresión para NAME 4, 200 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $12.19 \text{ m}^2/\text{s}$, se encuentra 10 veces arriba del límite superior ($1.2244 \text{ m}^2/\text{s}$) definido por la ecuación empírica de Fischer, lo que indica una excelente dispersión de contaminantes, es decir la dispersión aumento al aumentar la distancia recorrida, las características del río se mantienen, ancho, profundidad, velocidad, caudal.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Arenal Monserrat
Fecha: 06/07/2021
Punto de monitoreo: Name 5
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Arenal Monserrat

NORT	WEST
13.69310333	-89.22227667

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso sobre el bulevar Venezuela frente al Instituto Técnico Industria, se realizó el descenso por medio de las gradas de las comunidades aledañas y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	1.5
Profundidad media (m)	0.18
Caudal (m ³ /seg)	0.05
Radio hidráulico (m)	0.1275
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo			NAME 5	
Fecha			6/7/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			8:14 AM	
Hora de finalización			8:34 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0	0
2	20	40	0	0
3	20	60	0	0
4	20	80	0	0
5	20	100	0.005	5
6	20	120	0.01	10
7	20	140	0.011	11
8	20	160	0.013	13
9	20	180	0.02	20
10	20	200	0.023	23
11	20	220	0.027	27
12	20	240	0.035	35
13	20	260	0.037	37
14	20	280	0.04	40
15	20	300	0.045	45
16	20	320	0.048	48
17	20	340	0.05	50
18	20	360	0.055	55
19	20	380	0.06	60
20	20	400	0.062	62
21	20	420	0.065	65
22	20	440	0.07	70
23	20	460	0.07	70
24	20	480	0.074	74
25	20	500	0.076	76
26	20	520	0.078	78
27	20	540	0.08	80



Punto de muestreo			NAME 5	
Fecha			6/7/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			8:14 AM	
Hora de finalización			8:34 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
28	20	560	0.082	82
29	20	580	0.083	83
30	20	600	0.084	84
31	20	620	0.088	88
32	20	640	0.088	88
33	20	660	0.089	89
34	20	680	0.09	90
35	20	700	0.09	90
36	20	720	0.09	90
37	20	740	0.093	93
38	20	760	0.094	94
39	20	780	0.095	95
40	20	800	0.096	96
41	20	820	0.098	98
42	20	840	0.099	99
43	20	860	0.1	100
44	20	880	0.101	101
45	20	900	0.103	103
46	20	920	0.103	103
47	20	940	0.104	104
48	20	960	0.104	104
49	20	980	0.104	104
50	20	1000	0.103	103
51	20	1020	0.1	100
52	20	1040	0.103	103
53	20	1060	0.101	101
54	20	1080	0.101	101
55	20	1100	0.101	101
56	20	1120	0.1	100



Punto de muestreo		NAME 5		
Fecha		6/7/2021		
Punto de Medicion		100		
Hora de inicio		8:14 AM		
Hora de finalización		8:34 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
57	20	1140	0.099	99
58	20	1160	0.1	100
59	20	1180	0.101	101
60	20	1200	0.101	101

Tabla 22 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 5, 100 m.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 5.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 22.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 5	
Distancia desde el punto de inyección (m)	100
Velocidad media (m/s)	0.6833
Ancho de la sección	1.5
Caudal (m ³ /s)	0.05
Radio hidráulico	0.1175

Tabla 22 Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 5 - Método Empírico	
Ux	0.6833
B	1.5

d	0.1175
u*	0.06833
E	1.4392
+50%	2.1589
-50%	0.7196

Tabla 23 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 5.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión $0.7196-2.1589 \text{ m}^2/\text{seg.}$, tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

Tabla 24 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 5.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 5 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$1E-18t^6 - 5E-15t^5 + 8E-12t^4 - 6E-09t^3 + 2E-06t^2 - 0.0002t + 0.0028$
A	$1E-18t^6$
B	$- 5E-15t^5$
C	$8E-12t^4$
D	$- 6E-09t^3$
E	$2E-06t^2$
F	$- 0.0002t$
G	0.0028
Limites	610.023-2846.17
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	11881.2



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 5 - Método H.Scott Fogler	
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$-8.4166E-23*(t6 -5000 t5)+8000000 t4-6000000000 t3+2000000000000 t2-2.E14 t+2.8E15)$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 S
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 s ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800 s
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.2562 m ² /s.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

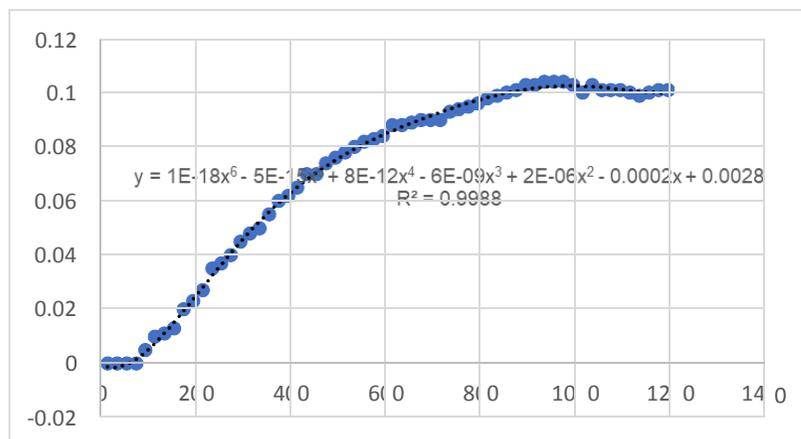


Figura 7

datos y regresión para NAME 5 estudio experimental.

Grafica de

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $0.2562 \text{ m}^2/\text{s}$, se encuentra 64.4% debajo del límite inferior ($0.7196 \text{ m}^2/\text{s}$) definidos por la ecuación empírica de Fischer, lo que indica que la dispersión no es adecuada, posiblemente por las características del río en el tramo medido, puede estar influenciado por el caudal, la velocidad o la distancia recorrida.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: San Felipe
Fecha: 07/07/2021
Punto de monitoreo: Name 6
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Arenal de Monserrat

NORT	WEST
13.68483167	-89.22370167

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso al costado de la cancha de futbol rápido Chapupo, se realizó el descenso por medio de muro de tierra y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	2
Profundidad media (m)	0.08
Caudal (m ³ /s)	0.0195
Radio hidráulico (m)	0.0531
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo			NAME 6	
Fecha			7/7/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			11:14 AM	
Hora de finalización			11:34 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	-0.042	-42
2	20	40	-0.043	-43
3	20	60	-0.006	-6
4	20	80	-0.021	-21
5	20	100	-0.034	-34
6	20	120	-0.037	-37
7	20	140	-0.036	-36
8	20	160	-0.03	-30
9	20	180	-0.026	-26
10	20	200	-0.02	-20
11	20	220	-0.013	-13
12	20	240	-0.008	-8
13	20	260	-0.003	-3
14	20	280	0.004	4
15	20	300	-0.006	-6
16	20	320	0.004	4
17	20	340	0.01	10
18	20	360	0.018	18
19	20	380	0.022	22
20	20	400	0.029	29
21	20	420	0.037	37
22	20	440	0.044	44
23	20	460	0.051	51
24	20	480	0.053	53
25	20	500	0.058	58



Punto de muestreo		NAME 6		
Fecha		7/7/2021		
Punto de medicion (m)		100		
Hora de inicio		11:14 AM		
Hora de finalización		11:34 AM		
Tiempo Total (min)		20		
26	20	520	0.066	66
27	20	540	0.073	73
28	20	560	0.077	77
29	20	580	0.082	82
30	20	600	0.084	84
31	20	620	0.087	87
32	20	640	0.087	87
33	20	660	0.092	92
34	20	680	0.096	96
35	20	700	0.101	101
36	20	720	0.102	102
37	20	740	0.105	105
38	20	760	0.113	113
39	20	780	0.119	119
40	20	800	0.119	119
41	20	820	0.124	124
42	20	840	0.126	126
43	20	860	0.13	130
44	20	880	0.134	134
45	20	900	0.136	136
46	20	920	0.136	136
47	20	940	0.14	140
48	20	960	0.143	143
49	20	980	0.135	135
50	20	1000	0.142	142
51	20	1020	0.142	142
52	20	1040	0.143	143

Punto de muestreo			NAME 6	
Fecha			7/7/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			11:14 AM	
Hora de finalización			11:34 AM	
Tiempo Total (min)			20	
53	20	1060	0.145	145
54	20	1080	0.154	154
55	20	1100	0.154	154
56	20	1120	0.152	152
57	20	1140	0.152	152
58	20	1160	0.144	144
59	20	1180	0.153	153
60	20	1200	0.151	151

Tabla 25 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 6, 100 m.

Punto de muestreo				
Fecha				
Punto de medicion (m)				
Hora de inicio				
Hora de finalización				
Tiempo Total (min)				
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
1	20	20	0.171	171
2	20	40	0.18	180
3	20	60	0.184	184
4	20	80	0.182	182
5	20	100	0.187	187
6	20	120	0.187	187
7	20	140	0.186	186
8	20	160	0.187	187
9	20	180	0.185	185



Punto de muestreo			NAME 6	
Fecha			7/7/2021	
Punto de medicion (m)			200	
Hora de inicio			11:39 AM	
Hora de finalización			11:59 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
10	20	200	0.184	184
11	20	220	0.184	184
12	20	240	0.187	187
13	20	260	0.187	187
14	20	280	0.192	192
15	20	300	0.193	193
16	20	320	0.195	195
17	20	340	0.185	185
18	20	360	0.185	185
19	20	380	0.185	185
20	20	400	0.187	187
21	20	420	0.187	187
22	20	440	0.191	191
23	20	460	0.192	192
24	20	480	0.193	193
25	20	500	0.196	196
26	20	520	0.197	197
27	20	540	0.201	201
28	20	560	0.203	203
29	20	580	0.202	202
30	20	600	0.203	203
31	20	620	0.202	202
32	20	640	0.208	208
33	20	660	0.206	206
34	20	680	0.204	204
35	20	700	0.202	202



Punto de muestreo			NAME 6	
Fecha			7/7/2021	
Punto de medicion (m)			200	
Hora de inicio			11:39 AM	
Hora de finalización			11:59 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
36	20	720	0.2	200
37	20	740	0.198	198
38	20	760	0.198	198
39	20	780	0.201	201
40	20	800	0.201	201
41	20	820	0.201	201
42	20	840	0.201	201
43	20	860	0.196	196
44	20	880	0.195	195
45	20	900	0.195	195
46	20	920	0.195	195
47	20	940	0.193	193
48	20	960	0.193	193
49	20	980	0.191	191
50	20	1000	0.192	192
51	20	1020	0.191	191
52	20	1040	0.19	190
53	20	1060	0.19	190
54	20	1080	0.191	191
55	20	1100	0.193	193
56	20	1120	0.193	193
57	20	1140	0.195	195
58	20	1160	0.195	195
59	20	1180	0.196	196
60	20	1200	0.193	193

Tabla 26 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 6, 200 m.



PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 6.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 27.

Tabla 27. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 6	
Distancia desde el punto de inyección (m)	100
Velocidad media (m/s)	0.1
Ancho de la sección	2
Caudal (m ³ /s)	0.0195
Radio hidráulico	0.0531

Tabla 28 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 6.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 6 - Método Empírico	
U _x	0.1
B	2
d	0.0531
u*	0.01
E	0.8286
+50%	1.2429
-50%	0.4143

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 0.4143-1.2429 m²/s., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

Tabla 29 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 6, 100 m.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 6 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-1E-18x^6 + 4E-15x^5 - 4E-12x^4 + 1E-09x^3 + 4E-07x^2 - 4E-05x - 0.0322$
A	$-1E-18x^6$
B	$4E-15x^5$
C	$-4E-12x^4$
D	$1E-09x^3$
E	$4E-07x^2$
F	$-4E-05x$
G	-0.0322
Limites	324.59-2656.06
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	9816.85
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$-1.0186E-22*(t^6-4000 t^5+4000000 t^4-1000000000 t^3-400000000000 t^2+40000000000000 t+3.22E16)$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 s
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 s ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800 s
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.05 m ² /s

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

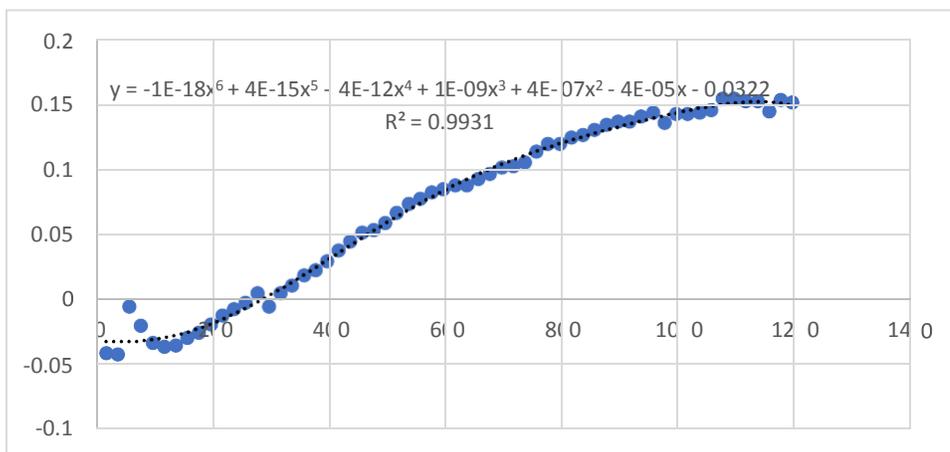


Figura 8 Grafica de datos y regresión para NAME 6, 100 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $0.05 \text{ m}^2/\text{s}$, se encuentra 87.9% por debajo del límite inferior ($0.4143 \text{ m}^2/\text{s}$), definidos por la ecuación empírica de Fischer, lo que indica que a 100 m de distancia no se logra una dispersión dentro del rango recomendado por el método de Fisher, por lo que se calcula el coeficiente de dispersión a una distancia mayor, con esto se estaría evaluando el efecto de la distancia recorrida sobre el coeficiente de dispersión longitudinal, manteniendo las características del río constantes, tales como profundidad, ancho, velocidad, caudal.

Tabla 30 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 6, 200 m.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 6 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-2E-18t^6 + 8E-15t^5 - 1E-11t^4 + 9E-09t^3 - 3E-06t^2 + 0.0004t + 0.1651$
A	$-2E-18t^6$
B	$8E-15t^5$
C	$-1E-11t^4$
D	$9E-09t^3$
E	$-3E-06t^2$
F	$0.0004t$



ESTUDIO EXPERIMENTAL – NAME 6 – Método H.Scott Fogler	
G	0.1651
Limites	150.74-2690.71
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	32491.8
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	-6.1553E-23*(t6-4000 t5+5000000 t4-4500000000 t3+1500000000000 t2-2.E14 t-8.255E16)
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200s
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 s ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800 s
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.05 m ² /s

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

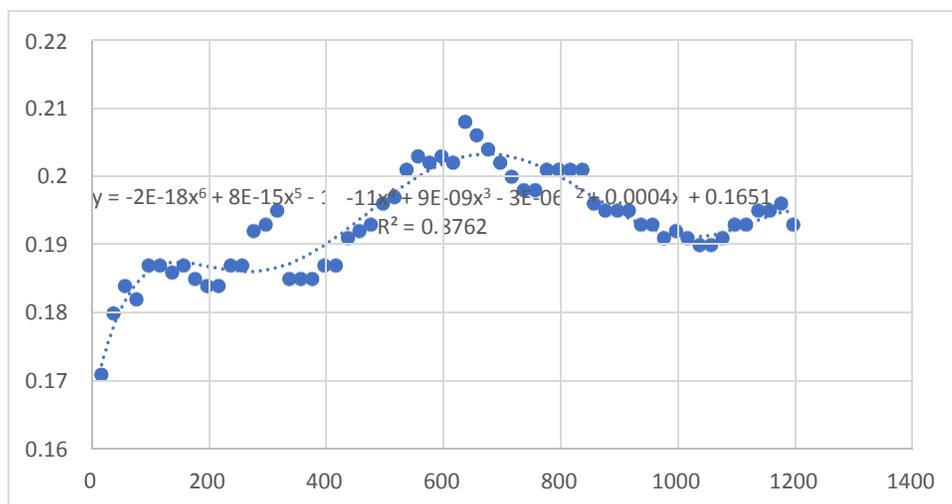


Figura 9 Grafica de datos y regresión para NAME 6, 200 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, a la distancia de 200 m, es $0.05 \text{ m}^2/\text{s}$, dicho coeficiente de dispersión longitudinal no ha variado con respecto al coeficiente de dispersión longitudinal calculado a una distancia de 100m, por lo que lo que puede estar afectando a la dispersión de contaminantes es la velocidad y por consiguiente el caudal, que presenta un valor bajo de $0.0195 \text{ m}^3/\text{s}$.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Arenal Monserrat
Fecha: 06/07/2021
Punto de monitoreo: Name 7
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Arenal de Monserrat

NORT	WEST
13.600780	-89.194252

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso sobre el interior del mercado Belloso y se realizó caminata de 450 m del entronque de la quebrada La Mascota, terreno accidentado hasta llegar a punto. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	6
Profundidad media (m)	0.16
Caudal (m ³ /s)	0.392
Radio hidráulico (m)	0.1053
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo			NAME 7	
Fecha			6/7/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			1:00 AM	
Hora de finalización			1:20 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	-0.046	-46
2	20	40	-0.046	-46
3	20	60	-0.17	-170
4	20	80	-0.23	-230
5	20	100	-0.3	-300
6	20	120	-0.475	-475
7	20	140	-0.5	-500
8	20	160	-0.538	-538
9	20	180	-0.572	-572
10	20	200	-0.595	-595
11	20	220	-0.628	-628
12	20	240	-0.66	-660
13	20	260	-0.676	-676
14	20	280	-0.683	-683
15	20	300	-0.685	-685
16	20	320	-0.675	-675
17	20	340	-0.656	-656
18	20	360	-0.628	-628
19	20	380	-0.584	-584
20	20	400	-0.54	-540
21	20	420	-0.495	-495
22	20	440	-0.449	-449
23	20	460	-0.402	-402
24	20	480	-0.358	-358



Punto de muestreo			NAME 7	
Fecha			6/7/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			1:00 AM	
Hora de finalización			1:20 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
25	20	500	-0.32	-320
26	20	520	-0.285	-285
27	20	540	-0.214	-214
28	20	560	-0.162	-162
29	20	580	-0.12	-120
30	20	600	-0.088	-88
31	20	620	-0.049	-49
32	20	640	-0.004	-4
33	20	660	-0.001	-1
34	20	680	0.021	21
35	20	700	0.047	47
36	20	720	0.056	56
37	20	740	0.051	51
38	20	760	0.039	39
39	20	780	0.007	7
40	20	800	-0.016	-16
41	20	820	-0.038	-38
42	20	840	-0.063	-63
43	20	860	-0.085	-85
44	20	880	-0.096	-96
45	20	900	-0.113	-113
46	20	920	-0.157	-157
47	20	940	-0.17	-170
48	20	960	-0.19	-190
49	20	980	-0.204	-204
50	20	1000	-0.217	-217



Punto de muestreo		NAME 7		
Fecha		6/7/2021		
Punto de medicion (m)		100		
Hora de inicio		1:00 AM		
Hora de finalización		1:20 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
51	20	1020	-0.228	-228
52	20	1040	-0.24	-240
53	20	1060	-0.246	-246
54	20	1080	-0.256	-256
55	20	1100	-0.262	-262
56	20	1120	-0.268	-268
57	20	1140	-0.275	-275
58	20	1160	-0.279	-279
59	20	1180	-0.262	-262
60	20	1200	-0.264	-264

Tabla 31.Datos de concentración, punto de muestreo NAME 7, 100 m.

Punto de muestreo		NAME 7		
Fecha		6/7/2021		
Punto de medicion (m)		200		
Hora de inicio		1:24 PM		
Hora de finalización		1:44 PM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
1	20	20	-0.311	-311
2	20	40	-0.31	-310
3	20	60	-0.261	-261
4	20	80	-0.296	-296
5	20	100	-0.3	-300
6	20	120	-0.304	-304



Punto de muestreo			NAME 7	
Fecha			6/7/2021	
Punto de medicion (m)			200	
Hora de inicio			1:24 PM	
Hora de finalización			1:44 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
7	20	140	-0.256	-256
8	20	160	-0.253	-253
9	20	180	-0.252	-252
10	20	200	-0.25	-250
11	20	220	-0.246	-246
12	20	240	-0.235	-235
13	20	260	-0.236	-236
14	20	280	-0.234	-234
15	20	300	-0.237	-237
16	20	320	-0.263	-263
17	20	340	-0.261	-261
18	20	360	-0.251	-251
19	20	380	-0.261	-261
20	20	400	-0.261	-261
21	20	420	-0.253	-253
22	20	440	-0.251	-251
23	20	460	-0.25	-250
24	20	480	-0.251	-251
25	20	500	-0.247	-247
26	20	520	-0.24	-240
27	20	540	-0.23	-230
28	20	560	-0.23	-230
29	20	580	-0.274	-274
30	20	600	-0.283	-283
31	20	620	-0.283	-283
32	20	640	-0.283	-283



Punto de muestreo			NAME 7	
Fecha			6/7/2021	
Punto de medicion (m)			200	
Hora de inicio			1:24 PM	
Hora de finalización			1:44 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
33	20	660	-0.27	-270
34	20	680	-0.265	-265
35	20	700	-0.264	-264
36	20	720	-0.259	-259
37	20	740	-0.257	-257
38	20	760	-0.273	-273
39	20	780	-0.276	-276
40	20	800	-0.275	-275
41	20	820	-0.274	-274
42	20	840	-0.27	-270
43	20	860	-0.262	-262
44	20	880	-0.27	-270
45	20	900	-0.262	-262
46	20	920	-0.262	-262
47	20	940	-0.261	-261
48	20	960	-0.254	-254
49	20	980	-0.252	-252
50	20	1000	-0.25	-250
51	20	1020	-0.253	-253
52	20	1040	-0.254	-254
53	20	1060	-0.256	-256
54	20	1080	-0.261	-261
55	20	1100	-0.261	-261
56	20	1120	-0.263	-263
57	20	1140	-0.265	-265
58	20	1160	-0.272	-272

Punto de muestreo		NAME 7		
Fecha		6/7/2021		
Punto de medicion (m)		200		
Hora de inicio		1:24 PM		
Hora de finalización		1:44 PM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
59	20	1180	-0.274	-274
60	20	1200	-0.274	-274

Tabla 32 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 7, 200 m.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 7.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 33

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 7	
Distancia desde el punto de inyección (m)	100-200
Velocidad media (m/s)	0.56666
Ancho de la sección	6
Caudal (m ³ /s)	0.392
Radio hidráulico	0.1053

Tabla 33. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 7 - Método Empírico	
U _x	0.5666
B	6
d	0.1053



u*	0.05666
E	21.308
+50%	31.9621
-50%	10.654

Tabla 34 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 7.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 10.654-31.9621 m²/s, tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

Tabla 35 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 7, 100 m.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 7 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$4E-17t^6 + 1E-13t^5 - 2E-10t^4 + 1E-07t^3 - 2E-05t^2 - 0.0025t + 0.0337$
A	$4E-17t^6$
B	$1E-13t^5$
C	$- 2E-10t^4$
D	$1E-07t^3$
E	$- 2E-05t^2$
F	$- 0.0025t$
G	0.0337
Limites	12.3359-851.294
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	1549.27

ESTUDIO EXPERIMENTAL – NAME 7 – Método H.Scott Fogler	
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$-(t+2500 t^5-5000000 t^4+2500000000 t^3-500000000000 t^2-6250000000000 t+8.425E14)/(38725000000000000000))$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 s
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 s ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800 s
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.8499 m ² /s

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

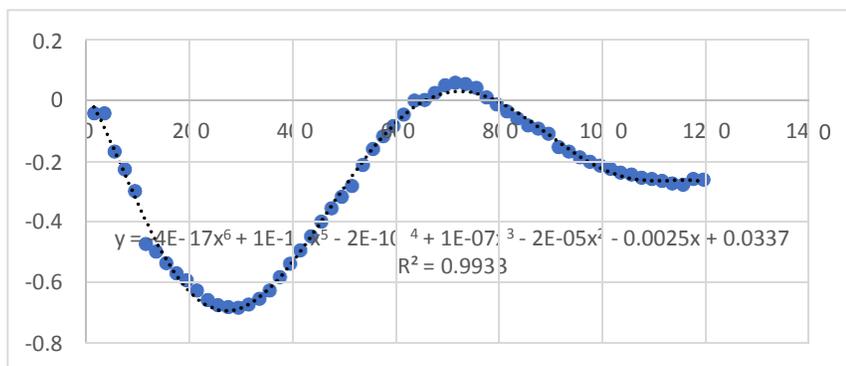


Figura 10 Grafica de datos y regresión para NAME 7, 100 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $0.8499 \text{ m}^2/\text{s}$, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer ($10.654 \text{ m}^2/\text{s}$), posiblemente se deba a que a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río.

Tabla 36 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 7, 200 m.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 7 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$4E-19t^6 - 2E-15t^5 + 3E-12t^4 - 2E-09t^3 - 5E-07t^2 + 0.0005t - 0.3207$
A	$4E-19t^6$
B	$- 2E-15t^5$
C	$3E-12t^4$
D	$- 2E-09t^3$
E	$- 5E-07t^2$
F	$0.0005t$
G	$- 0.3207$
Limites	557.194-3154.8



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 7 - Método H.Scott Fogler	
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	16526.9
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$-2.4202E-23*(t6-5000 t5+7500000 t4-5000000000 t3-1250000000000 t2+1.25E15 t-8.0175E17)$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 s
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 s ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800 s
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.8499 m ² /s

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

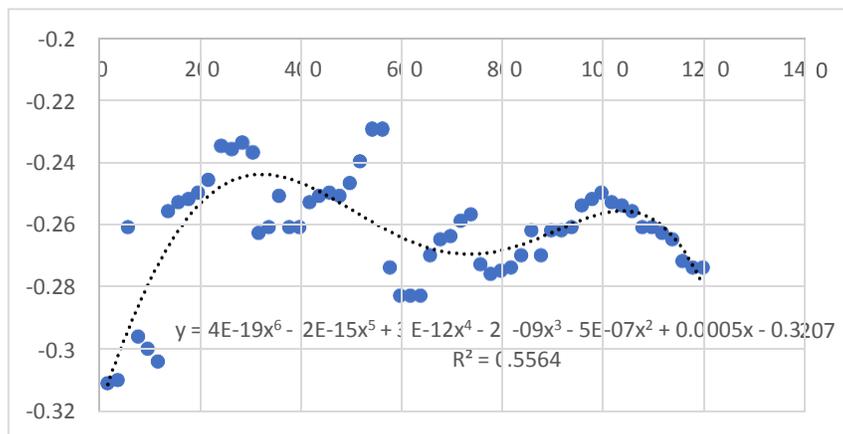


Figura 11 Grafica de datos y regresión para NAME 7, 200 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 0.8499 m²/s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a esa distancia se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en el río, además el punto analizado esta próximo a la confluencia de la quebrada La Maascota.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: La Mascota
Fecha: 06/07/2021
Punto de monitoreo: Name 8
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Arenal de Monserrat

NORT	WEST
13.691172	-89.194335

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso sobre el interior del mercado Belloso y se realizó caminata de 450 m, terreno accidentado hasta llegar a punto. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	4
Profundidad media (m)	0.09
Caudal (m ³ /s)	0.4545
Radio hidráulico (m)	0.0615
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo			NAME 8	
Fecha			6/7/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			12:31 PM	
Hora de finalización			12:51 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.048	48
2	20	40	0.064	64
3	20	60	0.068	68
4	20	80	0.079	79
5	20	100	0.082	82
6	20	120	0.088	88
7	20	140	0.093	93
8	20	160	0.099	99
9	20	180	0.103	103
10	20	200	0.139	139
11	20	220	0.143	143
12	20	240	0.147	147
13	20	260	0.149	149
14	20	280	0.155	155
15	20	300	0.162	162
16	20	320	0.164	164
17	20	340	0.169	169
18	20	360	0.171	171
19	20	380	0.179	179
20	20	400	0.18	180
21	20	420	0.185	185
22	20	440	0.19	190
23	20	460	0.192	192
24	20	480	0.199	199



Punto de muestreo			NAME 8	
Fecha			6/7/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			12:31 PM	
Hora de finalización			12:51 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
25	20	500	0.201	201
26	20	520	0.202	202
27	20	540	0.21	210
28	20	560	0.214	214
29	20	580	0.217	217
30	20	600	0.219	219
31	20	620	0.225	225
32	20	640	0.232	232
33	20	660	0.235	235
34	20	680	0.239	239
35	20	700	0.239	239
36	20	720	0.241	241
37	20	740	0.245	245
38	20	760	0.142	142
39	20	780	0.142	142
40	20	800	0.145	145
41	20	820	0.147	147
42	20	840	0.147	147
43	20	860	0.146	146
44	20	880	0.146	146
45	20	900	0.149	149
46	20	920	0.149	149
47	20	940	0.142	142
48	20	960	0.149	149
49	20	980	0.147	147
50	20	1000	0.154	154



Punto de muestreo		NAME 8		
Fecha		6/7/2021		
Punto de medicion (m)		100		
Hora de inicio		12:31 PM		
Hora de finalización		12:51 PM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
51	20	1020	0.159	159
52	20	1040	0.157	157
53	20	1060	0.159	159
54	20	1080	0.159	159
55	20	1100	0.158	158
56	20	1120	0.16	160
57	20	1140	0.162	162
58	20	1160	0.163	163
59	20	1180	0.16	160
60	20	1200	0.16	160

Tabla 37 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 8.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 8.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 38.

1.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 8	
Distancia desde el punto de inyección (m)	100
Velocidad media (m/s)	1.08
Ancho de la sección	8
Caudal (m ³ /s)	0.4545
Radio hidráulico	0.0615

Tabla 38. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimenta

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 8 - Método Empírico	
Ux	1.08
B	8
d	0.0615
u*	0.108
E	30.9073
+50%	46.361
-50%	15.4537

Tabla 39 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 8.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 15.4537-46.3610 m²/s, tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

Tabla 40 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 8

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 8 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-1E-17t^6 + 3E-14t^5 - 5E-11t^4 + 3E-08t^3 - 8E-06t^2 + 0.0013t + 0.0162$
A	$-1E-17t^6$
B	$3E-14t^5$
C	$-5E-11t^4$
D	$3E-08t^3$
E	$-8E-06t^2$
F	$0.0013t$



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 8 - Método H.Scott Fogler	
G	0.0162
Limites	11.5972-534.99
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	61.5556
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	-1.6245E-19*(t6-3000 t5 +5000000 t4-3000000000 t3+800000000000 t2-1.3E14 t-1.62E15)
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 s
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 s ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800 s
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	2.16 m ² /s

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

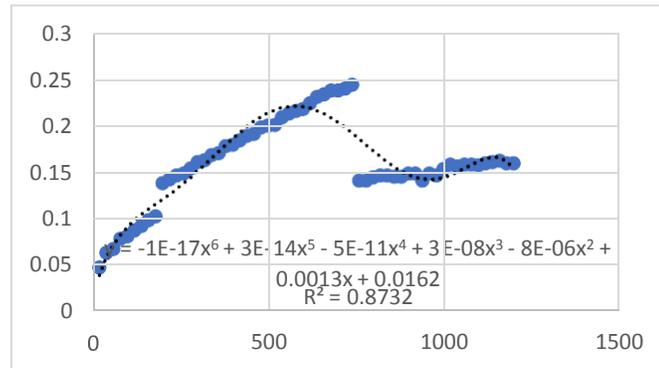


Figura 12 Grafica de datos y regresión para NAME 8

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $2.16 \text{ m}^2/\text{s}$, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer ($15.4537 \text{ m}^2/\text{s}$), posiblemente se deba a que a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: La Mascota
Fecha: 06/07/2021
Punto de monitoreo: Name 9
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Arenal de Monserrat

NORT	WEST
13.69419833	-89.1862862

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso sobre el Bulevar Venezuela, se realizó el descenso por medio de escombros de estructuras de sementó y terreno accidentado hasta llegar a punto. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	9
Profundidad media (m)	0.63
Caudal (m ³ /s)	0.4475
Radio hidráulico (m)	0.4131
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo			NAME 9	
Fecha			6/7/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			11:24 AM	
Hora de finalización			11:44 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0	0
2	20	40	0	0
3	20	60	0	0
4	20	80	0	0
5	20	100	0	0
6	20	120	0	0
7	20	140	0	0
8	20	160	0	0
9	20	180	0	0
10	20	200	0.006	6
11	20	220	-0.03	-30
12	20	240	-0.066	-66
13	20	260	-0.066	-66
14	20	280	-0.062	-62
15	20	300	-0.06	-60
16	20	320	-0.059	-59
17	20	340	-0.061	-61
18	20	360	-0.069	-69
19	20	380	-0.056	-56
20	20	400	-0.056	-56
21	20	420	-0.056	-56
22	20	440	-0.056	-56



Punto de muestreo			NAME 9	
Fecha			6/7/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			11:24 AM	
Hora de finalización			11:44 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
23	20	460	-0.06	-60
24	20	480	-0.051	-51
25	20	500	-0.06	-60
26	20	520	-0.06	-60
27	20	540	-0.071	-71
28	20	560	-0.073	-73
29	20	580	-0.066	-66
30	20	600	-0.068	-68
31	20	620	-0.069	-69
32	20	640	-0.06	-60
33	20	660	-0.06	-60
34	20	680	-0.061	-61
35	20	700	-0.06	-60
36	20	720	-0.061	-61
37	20	740	-0.061	-61
38	20	760	-0.06	-60
39	20	780	-0.072	-72
40	20	800	-0.072	-72
41	20	820	-0.068	-68
42	20	840	-0.062	-62
43	20	860	-0.061	-61
44	20	880	-0.065	-65
45	20	900	-0.074	-74
46	20	920	-0.068	-68
47	20	940	-0.069	-69
48	20	960	-0.06	-60



Punto de muestreo		NAME 9		
Fecha		6/7/2021		
Punto de medicion (m)		100		
Hora de inicio		11:24 AM		
Hora de finalización		11:44 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
49	20	980	-0.06	-60
50	20	1000	-0.061	-61
51	20	1020	-0.06	-60
52	20	1040	-0.061	-61
53	20	1060	-0.061	-61
54	20	1080	-0.06	-60
55	20	1100	-0.072	-72
56	20	1120	-0.072	-72
57	20	1140	-0.068	-68
58	20	1160	-0.062	-62
59	20	1180	-0.061	-61
60	20	1200	-0.065	-65

Tabla 41 .Datos de concentración, puno de muestreo NAME 9

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 9	
Distancia desde el punto de inyección (m)	100
Velocidad media (m/s)	0.1055
Ancho de la sección	9
Caudal (m ³ /s)	0.4475
Radio hidráulico	0.4131

Tabla 42. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental



ESTUDIO EXPERIMENTAL – NAME 9 - Método Empírico	
Ux	0.1055
B	9
d	0.4131
u*	0.01055
E	2.2754
+50%	3.4132
-50%	1.1377

Tabla 43 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 9

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 1.137-3.4132 m²/s, tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL – NAME 9 – Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-5E-18t^6 + 2E-14t^5 - 3E-11t^4 + 2E-08t^3 - 7E-06t^2 + 0.0007t - 0.0141$
A	$-5E-18t^6$
B	$2E-14t^5$
C	$-3E-11t^4$
D	$2E-08t^3$
E	$-7E-06t^2$
F	$0.0007t$

ESTUDIO EXPERIMENTAL – NAME 9 – Método H.Scott Fogler	
G	- 0.0141
Limites	26.7943-112.786
$\int_{42.87762}^{520.12906} C(t) dt$	0.38
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	-1.2840E-17*(t6-4000 t5+6000000 t4-4000000000 t3+1400000000000 t2-1.4E14*x+2.82E15)
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 s
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 s ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800 s
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.2373 m ² /s

Tabla 44 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 9

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

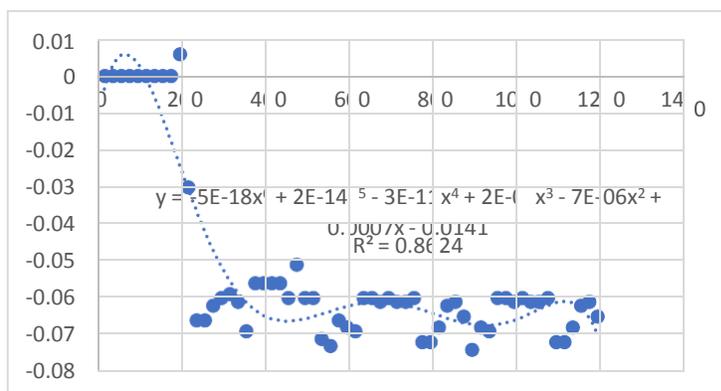


Figura 13 Grafica de datos y regresión para NAME 9

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.2373 m²/s, se encuentra 79.4% por debajo del límite inferior (1.1377 m²/s) definido por la ecuación por la ecuación empírica de Fischer, lo que indica una inadecuada dispersión de contaminantes, esto se deba a que a la distancia de 100 m aún no se logra dispersión de contaminantes en el río , por la carga contaminante que este lleva (5185.8144 kg DQO/día), a pesar que se tiene un caudal de 0.4475 m³/s, que podría estar ayudando a una buena mezcla de contaminantes en el río.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Acelhuate
Fecha: 06/07/2021
Punto de monitoreo: Name 10
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Arenal de Monserrat

NORT	WEST
13.694685	-89.1855216

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso a un costado de Bulevar Venezuela, se realizó el descenso con ayuda de escalera y terreno accidentado hasta llegar a punto. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	6
Profundidad media (m)	0.45
Caudal (m ³ /s)	1.2512
Radio hidráulico (m)	0.2955
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo		NAME 10		
Fecha		6/7/2021		
Punto de Medicion		200		
Hora de inicio (m)		10:35 AM		
Hora de finalización		10:55 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0	0
2	20	40	0.003	3
3	20	60	0.005	5
4	20	80	0.009	9
5	20	100	0.012	12
6	20	120	0.012	12
7	20	140	0.014	14
8	20	160	0.018	18
9	20	180	0.023	23
10	20	200	0.031	31
11	20	220	0.037	37
12	20	240	0.045	45
13	20	260	0.054	54
14	20	280	0.054	54
15	20	300	0.062	62
16	20	320	0.075	75
17	20	340	0.078	78
18	20	360	0.101	101
19	20	380	0.104	104
20	20	400	0.121	121
21	20	420	0.125	125
22	20	440	0.131	131
23	20	460	0.133	133
24	20	480	0.137	137
25	20	500	0.143	143
26	20	520	0.145	145



Punto de muestreo			NAME 10	
Fecha			6/7/2021	
Punto de Medicion			200	
Hora de inicio (m)			10:35 AM	
Hora de finalización			10:55 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
27	20	540	0.15	150
28	20	560	0.153	153
29	20	580	0.158	158
30	20	600	0.161	161
31	20	620	0.164	164
32	20	640	0.165	165
33	20	660	0.169	169
34	20	680	0.171	171
35	20	700	0.173	173
36	20	720	0.177	177
37	20	740	0.178	178
38	20	760	0.181	181
39	20	780	0.183	183
40	20	800	0.184	184
41	20	820	0.188	188
42	20	840	0.188	188
43	20	860	0.191	191
44	20	880	0.193	193
45	20	900	0.195	195
46	20	920	0.199	199
47	20	940	0.2	200
48	20	960	0.202	202
49	20	980	0.202	202
50	20	1000	0.202	202
51	20	1020	0.184	184
52	20	1040	0.184	184
53	20	1060	0.184	184



Punto de muestreo		NAME 10		
Fecha		6/7/2021		
Punto de Medicion		200		
Hora de inicio (m)		10:35 AM		
Hora de finalización		10:55 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
54	20	1080	0.186	186
55	20	1100	0.188	188
56	20	1120	0.188	188
57	20	1140	0.191	191
58	20	1160	0.193	193
59	20	1180	0.191	191
60	20	1200	0.191	191

Tabla 45 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 10, 100 m

Punto de muestreo		NAME 10		
Fecha		6/7/2021		
Punto de medicion (m)		200		
Hora de inicio		10:57 AM		
Hora de finalización		11:17 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.204	204
2	20	40	0.204	204
3	20	60	0.203	203
4	20	80	0.206	206
5	20	100	0.208	208
6	20	120	0.208	208
7	20	140	0.173	173
8	20	160	0.171	171
9	20	180	0.17	170



Punto de muestreo			NAME 10	
Fecha			6/7/2021	
Punto de medicion (m)			200	
Hora de inicio			10:57 AM	
Hora de finalización			11:17 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
10	20	200	0.167	167
11	20	220	0.167	167
12	20	240	0.166	166
13	20	260	0.166	166
14	20	280	0.165	165
15	20	300	0.162	162
16	20	320	0.162	162
17	20	340	0.161	161
18	20	360	0.162	162
19	20	380	0.162	162
20	20	400	0.162	162
21	20	420	0.161	161
22	20	440	0.165	165
23	20	460	0.166	166
24	20	480	0.172	172
25	20	500	0.172	172
26	20	520	0.172	172
27	20	540	0.172	172
28	20	560	0.182	182
29	20	580	0.182	182
30	20	600	0.187	187
31	20	620	0.187	187
32	20	640	0.187	187
33	20	660	0.189	189
34	20	680	0.191	191
35	20	700	0.191	191
36	20	720	0.192	192
37	20	740	0.192	192
38	20	760	0.192	192



Punto de muestreo			NAME 10	
Fecha			6/7/2021	
Punto de medición (m)			200	
Hora de inicio			10:57 AM	
Hora de finalización			11:17 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
39	20	780	0.192	192
40	20	800	0.192	192
41	20	820	0.192	192
42	20	840	0.194	194
43	20	860	0.191	191
44	20	880	0.189	189
45	20	900	0.189	189
46	20	920	0.193	193
47	20	940	0.193	193
48	20	960	0.192	192
49	20	980	0.192	192
50	20	1000	0.198	198
51	20	1020	0.198	198
52	20	1040	0.198	198
53	20	1060	0.198	198
54	20	1080	0.198	198
55	20	1100	0.194	194
56	20	1120	0.195	195
57	20	1140	0.195	195
58	20	1160	0.194	194
59	20	1180	0.193	193
60	20	1200	0.187	187

Tabla 46 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 10, 200 m.

Tabla 48 Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 10	
Distancia desde el punto de inyección (m)	100
Velocidad media (m/s)	0.65
Ancho de la sección	6
Caudal (m ³ /s)	1.2512
Radio hidráulico	0.2955

Tabla 49 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 10.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 10 - Método Empírico	
U _x	0.65
B	6
d	0.2955
u*	0.065
E	8.7106
+50%	13.066
-50%	4.3553

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 4.3553-13.066 m²/s, tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

Tabla 50 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 10, 100 m.



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 10 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$2E-18t^6 - 7E-15t^5 + 1E-11t^4 - 1E-08t^3 + 4E-06t^2 - 0.0005t + 0.0166$
A	$2E-18t^6$
B	$- 7E-15t^5$
C	$1E-11t^4$
D	$- 1E-08t^3$
E	$4E-06t^2$
F	$- 0.0005t$
G	0.0166
Limites	424.818-2023.42
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	4411.38
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$4.5337E-22*(t^6-3500 t^5+5000000 t^4-5000000000 t^3+2000000000000 t^2-2.5E14*x+8.3E15)$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 s
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 s ²

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 10 - Método H.Scott Fogler	
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800 s
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.975 m ² /s

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

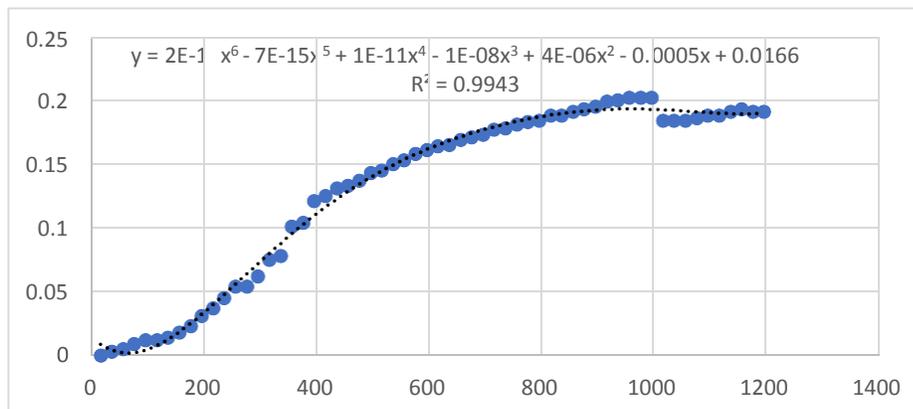


Figura 14 Grafica de datos y regresión para NAME 10, 100 m

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.975 m²/s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (4.3553 m²/s), posiblemente se deba a que a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río.



Tabla 51 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 10, 200 m.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 10 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-4E-18t^6 + 1E-14t^5 - 2E-11t^4 + 1E-08t^3 - 3E-06t^2 + 0.0001t + 0.2058$
A	$-4E-18t^6$
B	$1E-14t^5$
C	$-2E-11t^4$
D	$1E-08t^3$
E	$-3E-06t^2$
F	$0.0001t$
G	0.2058
Limites	0-386.692
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	55.3827
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$-7.2224E-20*(t^6-2500 t^5+5000000 t^4-25000000000 t^3+7500000000000 t^2-25000000000000.t-5.145E16)$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 s

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 10 - Método H.Scott Fogler	
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 s ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = \left(1 + \frac{2}{pe_r}\right)\tau$	800 s
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.975 m ² /s

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

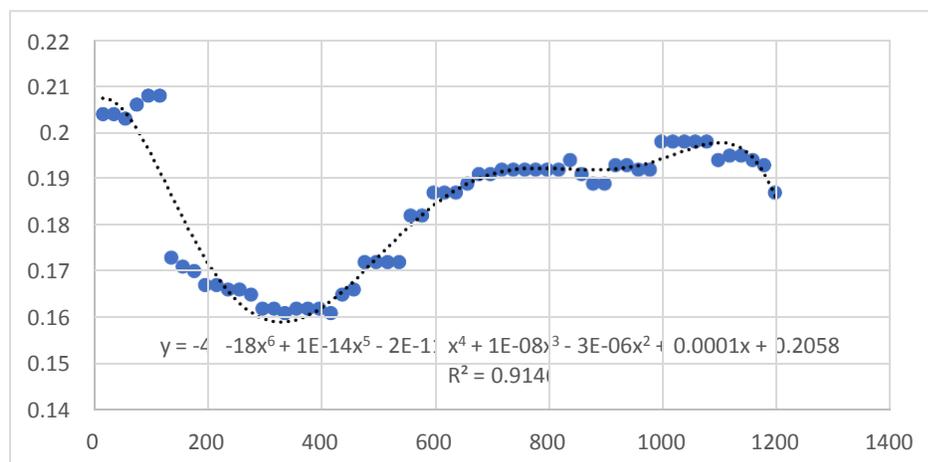


Figura 15 Grafica de datos y regresión para NAME 10, 200 m



En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, $0.975 \text{ m}^2/\text{s}$, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a esa distancia se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en el río, en dicho punto la carga contaminante presenta un valor de 19,768.4928Kg DQO/día.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: El Carmen
Fecha: 3/07/2021
Punto de monitoreo: Name 11
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Arenal de Monserrat

NORT	WEST
13.702552	-89.246648

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por 87 avenida sur, comunidad frente Tribunal de Ética Gubernamental, terreno sumamente pedregoso con alta vegetación y acumulación de basura. No se realizó Trazabilidad debido a caudal discontinuo.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	-
Profundidad media (m)	-

Caudal (m ³ /s)	-
Radio hidráulico (m)	-
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Foto de caudal discontinuo del punto de muestreo.



Foto panorámica de punto de muestreo.



Foto de cercanía de punto de muestreo.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: El Carmen
Fecha: 3/07/2021
Punto de monitoreo: Name 12
Sub . Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Arenal de Monserrat

NORT	WEST
13.701566	-89.245899

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por 87 avenida sur, comunidad frente Tribunal de Ética Gubernamental, terreno sumamente pedregoso con alta vegetación y acumulación de basura. No se observaron especies acuáticas, múltiples viviendas en los alrededores con descartes de aguas al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	1
Profundidad media (m)	0.04
Caudal (m ³ /s)	0.003
Radio hidráulico (m)	0.02655
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo		NAME 12		
Fecha		3/7/2021		
Punto de medición (m)		100		
Hora de inicio		9:02 AM		
Hora de finalización		9:22 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentración (ppm)	Concentración(PPB)
1	20	20	0	0
2	20	40	0	0
3	20	60	0.002	2
4	20	80	0.004	4
5	20	100	0.01	10
6	20	120	0.014	14
7	20	140	0.016	16
8	20	160	0.02	20
9	20	180	0.031	31
10	20	200	0.032	32
11	20	220	0.039	39
12	20	240	0.04	40
13	20	260	0.046	46
14	20	280	0.049	49
15	20	300	0.051	51
16	20	320	0.055	55
17	20	340	0.057	57
18	20	360	0.061	61
19	20	380	0.066	66
20	20	400	0.065	65
21	20	420	0.067	67
22	20	440	0.068	68
23	20	460	0.072	72
24	20	480	0.071	71
25	20	500	0.073	73
26	20	520	0.076	76



Punto de muestreo			NAME 12	
Fecha			3/7/2021	
Punto de medición (m)			100	
Hora de inicio			9:02 AM	
Hora de finalización			9:22 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentración (ppm)	Concentración(PPB)
27	20	540	0.078	78
28	20	560	0.077	77
29	20	580	0.078	78
30	20	600	0.081	81
31	20	620	0.086	86
32	20	640	0.087	87
33	20	660	0.094	94
34	20	680	0.095	95
35	20	700	0.094	94
36	20	720	0.1	100
37	20	740	0.1	100
38	20	760	0.1	100
39	20	780	0.084	84
40	20	800	0.086	86
41	20	820	0.089	89
42	20	840	0.09	90
43	20	860	0.09	90
44	20	880	0.094	94
45	20	900	0.1	100
46	20	920	0.117	117
47	20	940	0.12	120
48	20	960	0.12	120
49	20	980	0.123	123
50	20	1000	0.12	120
51	20	1020	0.12	120
52	20	1040	0.111	111
53	20	1060	0.05	50



Punto de muestreo		NAME 12		
Fecha		3/7/2021		
Punto de medición (m)		100		
Hora de inicio		9:02 AM		
Hora de finalización		9:22 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentración (ppm)	Concentración(PPB)
54	20	1080	0.104	104
55	20	1100	0.115	115
56	20	1120	0.112	112
57	20	1140	0.12	120
58	20	1160	0.12	120
59	20	1180	0.12	120
60	20	1200	0.064	64

Tabla 52 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 12

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 12.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 53.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 12	
Distancia desde el punto de inyección (m)	100
Velocidad media (m/s)	0.1
Ancho de la sección	1
Caudal (m ³ /s)	0.003
Radio hidráulico	0.02655

Tabla 53 Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 12 - Método Empírico	
U _x	0.1

B	1
d	0.02655
u*	0.01
E	0.4143
+50%	0.6214
-50%	0.2071

Tabla 54 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 12.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 0.2071- 0.6214 m²/s, tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 12 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-4E-19t^6 + 4E-16t^5 + 7E-13t^4 - 1E-09t^3 + 5E-07t^2 + 0.0001t - 0.0065$
A	$-4E-19t^6$
B	$4E-16t^5$
C	$7E-13t^4$
D	$- 1E-09t^3$
E	$5E-07t^2$
F	$0.0001t$
G	$- 0.0065$
Limites	52.5768-1477



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 12 - Método H.Scott Fogler	
$\int_{42.97762}^{520.12806} C(t) dt$	246.882
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$-1.6202E-21*(t6-1000 t5-1750000 t4+2500000000 t3-1250000000000*x^(2)-2.5E14 t+1.625E16)$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 s
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 s ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800 s
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.025 m ² /s

Tabla 55 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 12.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

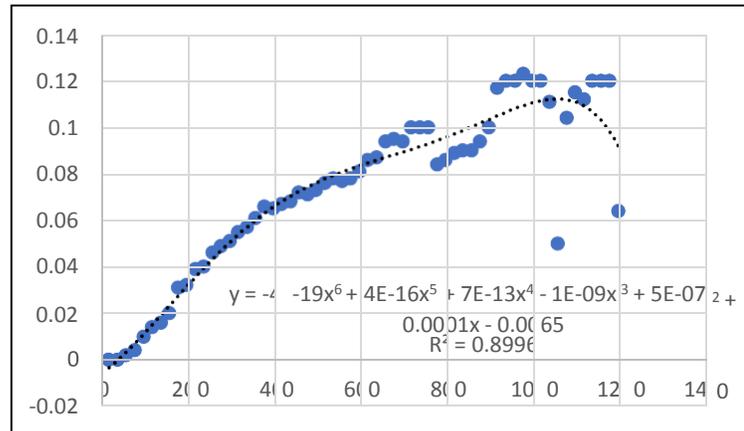


Figura 16 Grafica de datos y regresión para NAME 12 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $0.025 \text{ m}^2/\text{s}$, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer ($0.2071 \text{ m}^2/\text{s}$), posiblemente se deba a que a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Quebrada la Mascota
Fecha: 7/07/2021
Punto de monitoreo: Name 13
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Arenal de Monserrat

NORT	WEST
13.69765419	-89.29044257

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por el Centro Comercial La Mascota, realizó el descenso por medio escalera metálica de 5 metros de altura y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	2.5
Profundidad media (m)	0.13
Caudal (m ³ /s)	0.2725
Radio hidráulico (m)	0.086



Muestras tomadas de agua	Calidad del agua
--------------------------	------------------

Punto de muestreo			NAME 13	
Fecha			7/7/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			1:56 AM	
Hora de finalización			2:16 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
1	20	20	-0.007	-7
2	20	40	-0.035	-35
3	20	60	-0.068	-68
4	20	80	0.022	22
5	20	100	0.013	13
6	20	120	0.005	5
7	20	140	0.002	2
8	20	160	0.007	7
9	20	180	0.004	4
10	20	200	0.009	9
11	20	220	0.002	2
12	20	240	-0.095	-95
13	20	260	-0.085	-85
14	20	280	-0.063	-63
15	20	300	-0.057	-57
16	20	320	-0.051	-51
17	20	340	-0.048	-48
18	20	360	-0.04	-40
19	20	380	-0.035	-35
20	20	400	-0.024	-24
21	20	420	-0.017	-17
22	20	440	-0.009	-9
23	20	460	-0.001	-1



Punto de muestreo			NAME 13	
Fecha			7/7/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			1:56 AM	
Hora de finalización			2:16 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
24	20	480	0.004	4
25	20	500	0.012	12
26	20	520	0.017	17
27	20	540	0.022	22
28	20	560	0.027	27
29	20	580	0.032	32
30	20	600	0.04	40
31	20	620	0.046	46
32	20	640	0.051	51
33	20	660	0.059	59
34	20	680	0.065	65
35	20	700	0.072	72
36	20	720	0.078	78
37	20	740	0.081	81
38	20	760	0.077	77
39	20	780	0.083	83
40	20	800	0.085	85
41	20	820	0.092	92
42	20	840	0.096	96
43	20	860	0.105	105
44	20	880	0.11	110
45	20	900	0.117	117
46	20	920	0.122	122
47	20	940	0.129	129
48	20	960	0.132	132
49	20	980	0.136	136
50	20	1000	0.14	140



Punto de muestreo		NAME 13		
Fecha		7/7/2021		
Punto de medicion (m)		100		
Hora de inicio		1:56 AM		
Hora de finalización		2:16 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
51	20	1020	0.143	143
52	20	1040	0.144	144
53	20	1060	0.148	148
54	20	1080	0.153	153
55	20	1100	0.153	153
56	20	1120	0.154	154
57	20	1140	0.154	154
58	20	1160	0.159	159
59	20	1180	0.161	161
60	20	1200	0.16	160

Tabla 56 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 13, 100 m.

Punto de muestreo		NAME 13		
Fecha		7/7/2021		
Punto de medicion (m)		200		
Hora de inicio		2:19 AM		
Hora de finalización		2:39 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.176	176
2	20	40	0.184	184
3	20	60	0.186	186
4	20	80	0.192	192
5	20	100	0.198	198
6	20	120	0.203	203
7	20	140	0.205	205



Punto de muestreo			NAME 13	
Fecha			7/7/2021	
Punto de medicion (m)			200	
Hora de inicio			2:19 AM	
Hora de finalización			2:39 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
8	20	160	0.208	208
9	20	180	0.214	214
10	20	200	0.216	216
11	20	220	0.219	219
12	20	240	0.219	219
13	20	260	0.221	221
14	20	280	0.221	221
15	20	300	0.222	222
16	20	320	0.223	223
17	20	340	0.223	223
18	20	360	0.225	225
19	20	380	0.225	225
20	20	400	0.226	226
21	20	420	0.225	225
22	20	440	0.225	225
23	20	460	0.227	227
24	20	480	0.226	226
25	20	500	0.226	226
26	20	520	0.227	227
27	20	540	0.226	226
28	20	560	0.228	228
29	20	580	0.23	230
30	20	600	0.231	231
31	20	620	0.232	232
32	20	640	0.221	221
33	20	660	0.23	230
34	20	680	0.23	230



Punto de muestreo		NAME 13		
Fecha		7/7/2021		
Punto de medicion (m)		200		
Hora de inicio		2:19 AM		
Hora de finalización		2:39 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
35	20	700	0.232	232
36	20	720	0.23	230
37	20	740	0.232	232
38	20	760	0.237	237
39	20	780	0.232	232
40	20	800	0.233	233
41	20	820	0.234	234
42	20	840	0.236	236
43	20	860	0.236	236
44	20	880	0.237	237
45	20	900	0.238	238
46	20	920	0.238	238
47	20	940	0.236	236
48	20	960	0.237	237
49	20	980	0.236	236
50	20	1000	0.236	236
51	20	1020	0.234	234
52	20	1040	0.234	234
53	20	1060	0.237	237
54	20	1080	0.239	239
55	20	1100	0.237	237
56	20	1120	0.238	238
57	20	1140	0.233	233
58	20	1160	0.239	239
59	20	1180	0.238	238
60	20	1200	0.238	238

Tabla 57 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 13, 200 m.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 13.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 58.

Tabla 58. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 13	
Distancia desde el punto de inyección (m)	100-200
Velocidad media (m/s)	0.625
Ancho de la sección	2.5
Caudal (m ³ /s)	0.2725
Radio hidráulico	0.086

Tabla 59 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 13.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 13 - Método Empírico	
U _x	0.625
B	2.5
d	0.086
u*	0.0625
E	4.9963
+50%	7.4945
-50%	2.4981

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 2.4981-7.4981m²/s., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

Tabla 60 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 13, 100 m.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 13 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-1E-17t^6 + 4E-14t^5 - 6E-11t^4 + 4E-08t^3 - 1E-05t^2 + 0.0016t - 0.0608$
A	$-1E-17t^6$
B	$4E-14t^5$
C	$-6E-11t^4$
D	$4E-08t^3$
E	$-1E-05t^2$
F	$0.0016t$
G	-0.0608
Limites	51.3445-1562.24
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	1520.62
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$-6.5762E-21*(t6)-4000 t5 +6000000 t4-4000000000 t3 +1000000000000 t2-1.6E14 t +6.08E15)$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 s



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 13 - Método H.Scott Fogler	
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 s ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800 s
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.3906 m ² /s

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

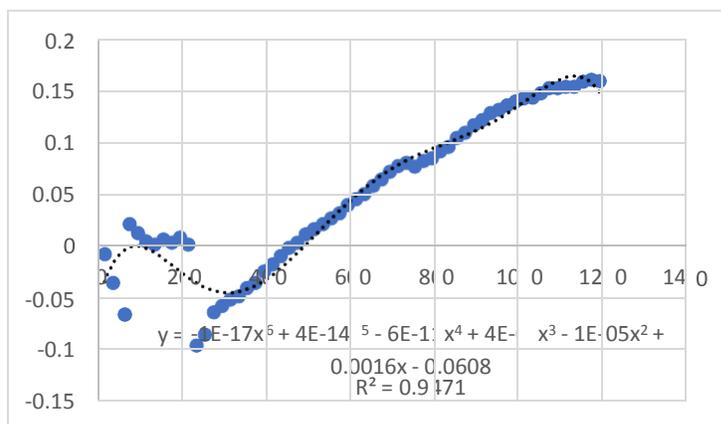


Figura17 Grafica de datos y regresión para NAME 13, 100 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.3906 m²/s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (2.4981 m²/s), posiblemente se deba a que a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en

ese tramo del río, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante que la Quebrada La Mascota lleva en este tramo, 8437.25376 KgDQO/día, necesitaría una mayor distancia para dispersar, y una velocidad mayor a 0.625 m/s.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 13 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$6E-19t^6 - 2E-15t^5 + 2E-12t^4 + 1E-11t^3 - 7E-07t^2 + 0.0004t + 0.1687$
A	$6E-19t^6$
B	$- 2E-15t^5$
C	$E-12t^4$
D	$1E-11t^3$
E	$- 7E-07t^2$
F	$0.0004t$
G	0.1687
Limites	0-1200
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	399.554
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$1.5016E-21*(t^6-((10000 t^5)/(3))+((10000000 t^4)/(3))+((50000000*t^3)/(3))-((3500000000000 t^2)/(3))+6.66666666666668E14 t+2.8116666666667E17)$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 s



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 13 - Método H.Scott Fogler	
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 s ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800 s
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.3906 m ² /s

Tabla 61 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 13, 200 m

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

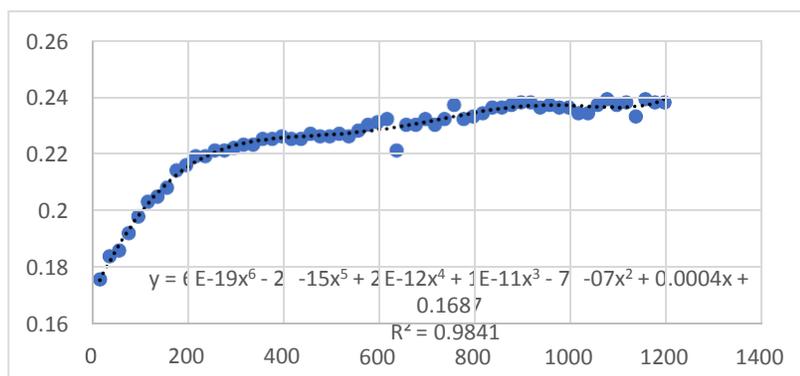


Figura 18 Grafica de datos y regresión para NAME 13, 200 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, $0.3906 \text{ m}^2/\text{s}$, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 200 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en la quebrada o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Quebrada la Mascota
Fecha: 7/07/2021
Punto de monitoreo: Name 14
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Arenal de Monserrat
Microcuenca: Arenal de Monserrat

NORT	WEST
13.69434557	-89.21481629

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por la 49 Avenida Sur, luego se incorpora a la 14 Calle Poniente al final del pasaje Tohil, el Centro Comercial La Mascota, realizó el descenso por medio de muro llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	4
Profundidad media (m)	0.2
Caudal (m ³ /s)	0.1675
Radio hidráulico (m)	0.1308
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo		NAME 14		
Fecha		7/7/2021		
Punto de medicion (m)		100		
Hora de inicio		1:05 AM		
Hora de finalización		1:25 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0	0
2	20	40	0.001	1
3	20	60	0.005	5
4	20	80	-0.008	-8
5	20	100	-0.008	-8
6	20	120	-0.02	-20
7	20	140	-0.01	-10
8	20	160	-0.005	-5
9	20	180	0.003	3
10	20	200	0.007	7
11	20	220	0.017	17
12	20	240	0.027	27
13	20	260	0.035	35
14	20	280	0.042	42
15	20	300	0.05	50
16	20	320	0.06	60
17	20	340	0.066	66
18	20	360	0.071	71
19	20	380	0.077	77
20	20	400	0.089	89
21	20	420	0.075	75
22	20	440	0.09	90
23	20	460	0.084	84
24	20	480	0.091	91
25	20	500	0.085	85
26	20	520	0.093	93



Punto de muestreo			NAME 14	
Fecha			7/7/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			1:05 AM	
Hora de finalización			1:25 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
27	20	540	0.099	99
28	20	560	0.105	105
29	20	580	0.111	111
30	20	600	0.113	113
31	20	620	0.119	119
32	20	640	0.128	128
33	20	660	0.13	130
34	20	680	0.134	134
35	20	700	0.14	140
36	20	720	0.146	146
37	20	740	0.152	152
38	20	760	0.163	163
39	20	780	0.165	165
40	20	800	0.169	169
41	20	820	0.167	167
42	20	840	0.173	173
43	20	860	0.174	174
44	20	880	0.178	178
45	20	900	0.174	174
46	20	920	0.178	178
47	20	940	0.195	195
48	20	960	0.215	215
49	20	980	0.217	217
50	20	1000	0.22	220
51	20	1020	0.222	222
52	20	1040	0.226	226
53	20	1060	0.227	227

Punto de muestreo		NAME 14		
Fecha		7/7/2021		
Punto de medicion (m)		100		
Hora de inicio		1:05 AM		
Hora de finalización		1:25 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
54	20	1080	0.229	229
55	20	1100	0.233	233
56	20	1120	0.235	235
57	20	1140	0.237	237
58	20	1160	0.238	238
59	20	1180	0.24	240
60	20	1200	0.24	240

Tabla 62. Datos de concentración, punto de muestreo NAME 14.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 14.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 63.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 14	
Distancia desde el punto de inyección (m)	100
Velocidad media (m/s)	0.2
Ancho de la sección	4
Caudal (m ³ /s)	0.1675
Radio hidráulico	0.1308

Tabla 63 Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental.



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 14 - Método Empírico	
Ux	0.2
B	4
d	0.1308
u*	0.02
E	2.69
+50%	4.0367
-50%	1.3455

Tabla 64 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME14

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 1.3455-4.0367 m²/s, tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

Tabla 65 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 14.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 13 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$3E-18t^6 - 1E-14t^5 + 2E-11t^4 - 2E-08t^3 + 7E-06t^2 - 0.0009t + 0.0227$
A	$3E-18t^6$
B	$- 1E-14t^5$
C	$2E-11t^4$
D	$- 2E-08t^3$
E	$7E-06t^2$
F	$- 0.0009t$
G	0.0227



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 13 - Método H.Scott Fogler	
Limites	24.8927-1736.93
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	8903.5
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$-3.3694E-22*(t6-((10000 t5)/(3))+((20000000 t4)/(3))-((20000000000 t3)/(3))+((7000000000 t2)/(3))-3.E14t+7.56666666666666E15)$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 s
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 s ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800 s
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.2 m ² /s

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

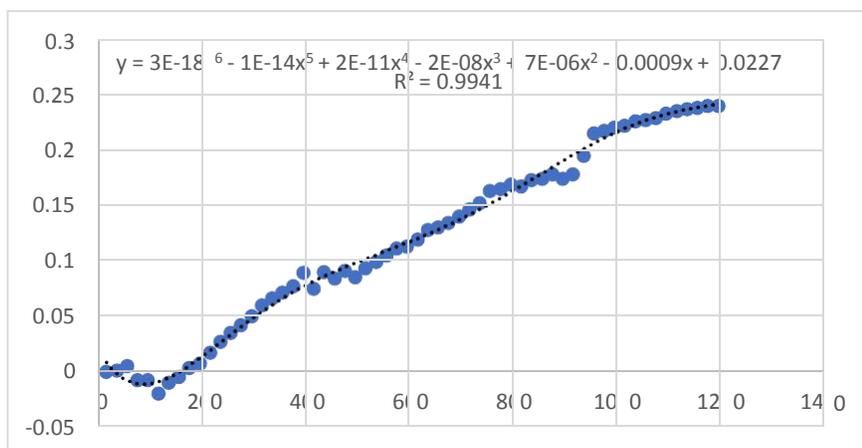


Figura 19 Grafica de datos y regresión para NAME 14 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $0.2 \text{ m}^2/\text{s}$, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer ($1.3455 \text{ m}^2/\text{s}$), posiblemente se deba a que a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo de la Quebrada La Mascota, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante que dicha quebrada lleva en este tramo, necesitaría una mayor distancia para dispersar, y una velocidad mayor a 0.2 m/s .

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Las Lajas
Fecha: 29/06/2021
Punto de monitoreo: Name 15
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Tomayate

NORT	WEST
13.70865333	-89.23284667

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por la 75 Avenida Norte, frente a Mi Bodeguita, realizó el descenso por medio de escaleras de la comunidad y terreno sumamente pedregoso con alta vegetación y acumulación de basura. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	3
Profundidad media (m)	0.18
Caudal (m ³ /s)	0.05352
Radio hidráulico (m)	0.1178
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo			NAME 15	
Fecha			29/06/2021	
Punto de medicion (m)			100 metros	
Hora de inicio			11:06 AM	
Hora de finalización			11:26 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
1	20	20	0.431	431
2	20	40	0.157	157
3	20	60	0.112	112
4	20	80	0.068	68
5	20	100	0.059	59
6	20	120	0.054	54
7	20	140	0.044	44
8	20	160	0.044	44
9	20	180	0.044	44
10	20	200	0.055	55
11	20	220	0.069	69
12	20	240	0.089	89
13	20	260	0.105	105
14	20	280	0.126	126
15	20	300	0.145	145
16	20	320	0.166	166
17	20	340	0.194	194
18	20	360	0.222	222
19	20	380	0.248	248
20	20	400	0.277	277
21	20	420	0.298	298
22	20	440	0.327	327
23	20	460	0.345	345
24	20	480	0.369	369



Punto de muestreo			NAME 15	
Fecha			29/06/2021	
Punto de medicion (m)			100 metros	
Hora de inicio			11:06 AM	
Hora de finalización			11:26 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
25	20	500	0.398	398
26	20	520	0.409	409
27	20	540	0.424	424
28	20	560	0.436	436
29	20	580	0.45	450
30	20	600	0.466	466
31	20	620	0.48	480
32	20	640	0.492	492
33	20	660	0.504	504
34	20	680	0.52	520
35	20	700	0.533	533
36	20	720	0.546	546
37	20	740	0.559	559
38	20	760	0.57	570
39	20	780	0.585	585
40	20	800	0.6	600
41	20	820	0.615	615
42	20	840	0.629	629
43	20	860	0.649	649
44	20	880	0.67	670
45	20	900	0.685	685
46	20	920	0.7	700
47	20	940	0.717	717
48	20	960	0.73	730
49	20	980	0.735	735
50	20	1000	0.75	750
51	20	1020	0.76	760



Punto de muestreo			NAME 15	
Fecha			29/06/2021	
Punto de medicion (m)			100 metros	
Hora de inicio			11:06 AM	
Hora de finalización			11:26 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
52	20	1040	0.77	770
53	20	1060	0.784	784
54	20	1080	0.795	795
55	20	1100	0.8	800
56	20	1120	0.82	820
57	20	1140	0.828	828
58	20	1160	0.835	835
59	20	1180	0.847	847
60	20	1200	0.856	856

Tabla 66. Datos de concentración, punto de muestreo NAME 15

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 15.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 67.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 15	
Distancia desde el punto de inyección (m)	100
Velocidad media (m/s)	0.1
Ancho de la sección	3
Caudal (m ³ /s)	0.05352
Radio hidráulico	0.1178

Tabla 67. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 15 - Método Empírico	
U _x	0.1
B	3
d	0.1178
u*	0.01
E	0.84
+50%	1.2606
-50%	0.4202

Tabla 68 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 15.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 0.4202-12606m²/s, tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 15 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$1E-17t^6 - 6E-14t^5 + 1E-10t^4 - 9E-08t^3 + 4E-05t^2 - 0.0074t + 0.4715$
A	1E-17t ⁶
B	- 6E-14t ⁵
C	1E-10t ⁴
D	- 9E-08t ³
E	4E-05t ²
F	- 0.0074t
G	0.4715



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 15 - Método H.Scott Fogler	
Límites	525.638-4004.64
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	2038
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$4.9067E-12*(t^6-6000 t^5+10000000 t^4-9000000000 t^3+4000000000000 t^2-7.4E14 t+4.715E16)$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 s
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 s ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800 s
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.075 m ² /s

Tabla 69 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 15.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

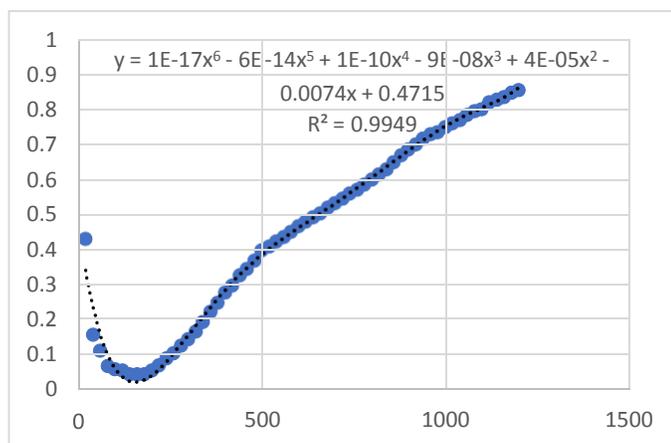


Figura 20 Grafica de datos y regresión para NAME 15 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $0.075 \text{ m}^2/\text{s}$, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer ($0.4802 \text{ m}^2/\text{s}$), posiblemente se deba a que a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo de la Quebrada La Lechuza, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicha quebrada, necesitaría una mayor distancia para dispersar, y una velocidad mayor a 0.1 m/s .



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Las Lajas
Fecha: 29/06/2021
Punto de monitoreo: Name 16
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Arenal Monserrat

NORT	WEST
13.70577280	-89.22742844

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso sobre Bulevar Constitución y contrataciones de ISSS, realizó el descenso por medio terreno sumamente pedregoso con alta vegetación y acumulación de basura. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	2
Profundidad media (m)	0.05
Caudal (m ³ /s)	0.01
Radio hidráulico (m)	0.0316
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo		NAME 16		
Fecha		7/7/2021		
Punto de medicion (m)		100		
Hora de inicio		3:02 AM		
Hora de finalización		3:22 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.009	9
2	20	40	0.01	10
3	20	60	0.015	15
4	20	80	0.016	16
5	20	100	0.02	20
6	20	120	0.023	23
7	20	140	0.026	26
8	20	160	0.027	27
9	20	180	0.031	31
10	20	200	0.033	33
11	20	220	0.035	35
12	20	240	0.037	37
13	20	260	0.04	40
14	20	280	0.042	42
15	20	300	0.044	44
16	20	320	0.045	45
17	20	340	0.048	48
18	20	360	0.049	49
19	20	380	0.051	51
20	20	400	0.053	53
21	20	420	0.054	54
22	20	440	0.055	55
23	20	460	0.056	56
24	20	480	0.057	57
25	20	500	0.059	59
26	20	520	0.06	60



Punto de muestreo			NAME 16	
Fecha			7/7/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			3:02 AM	
Hora de finalización			3:22 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
27	20	540	0.061	61
28	20	560	0.062	62
29	20	580	0.064	64
30	20	600	0.064	64
31	20	620	0.065	65
32	20	640	0.066	66
33	20	660	0.066	66
34	20	680	0.067	67
35	20	700	0.067	67
36	20	720	0.068	68
37	20	740	0.068	68
38	20	760	0.07	70
39	20	780	0.07	70
40	20	800	0.071	71
41	20	820	0.072	72
42	20	840	0.072	72
43	20	860	0.072	72
44	20	880	0.073	73
45	20	900	0.073	73
46	20	920	0.075	75
47	20	940	0.075	75
48	20	960	0.075	75
49	20	980	0.076	76
50	20	1000	0.072	72
51	20	1020	0.073	73
52	20	1040	0.075	75
53	20	1060	0.075	75

Punto de muestreo		NAME 16		
Fecha		7/7/2021		
Punto de medicion (m)		100		
Hora de inicio		3:02 AM		
Hora de finalización		3:22 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (s)	T. acumulado (s)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
54	20	1080	0.076	76
55	20	1100	0.076	76
56	20	1120	0.077	77
57	20	1140	0.077	77
58	20	1160	0.077	77
59	20	1180	0.077	77
60	20	1200	0.077	77

Tabla 70 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME16

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 16.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 71.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 15	
Distancia desde el punto de inyección (m)	100
Velocidad media (m/s)	0.1
Ancho de la sección	2
Caudal (m ³ /s)	0.01
Radio hidráulico	0.0316

Tabla 71. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

**ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 15 - Método
Empírico**



Ux	0.1
B	2
d	0.0316
u*	0.01
E	1.3924
+50%	2.0886
-50%	0.6962

Tabla 72 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 16.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 0.6962-2.0886 m²/s, tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

Tabla 73 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 16.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 16 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$2E-19t^6 - 7E-16t^5 + 1E-12t^4 - 7E-10t^3 + 9E-08t^2 + 0.0001t + 0.0056$
A	$2E-19t^6$
B	$- 7E-16t^5$
C	$1E-12t^4$
D	$- 7E-10t^3$
E	$9E-08t^2$
F	$0.0001t$
G	0.0056



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 16 - Método H.Scott Fogler	
Limites	963.102-1454.62
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	8.7991
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$-2.2729E-20*(t6-3500 t5+5000000 t4-3500000000 t3+450000000000 t2+5.E14 t+2.8E16)$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.05 m ² /seg.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

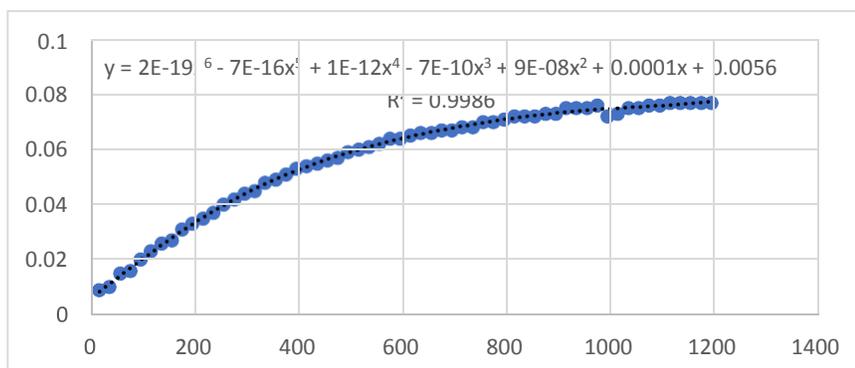


Figura 21 Grafica de datos y regresión para NAME 16 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $0.05 \text{ m}^2/\text{s}$, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer ($0.6962 \text{ m}^2/\text{s}$), posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo de la Quebrada La Lechuza, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante de dicha quebrada se necesite una mayor distancia y una velocidad mayor a 0.1 m/s o, en su defecto un caudal mayor a $0.01 \text{ m}^3/\text{s}$.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Tutunichapa
Fecha: 01/07/2021
Punto de monitoreo: Name 17
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Tomayate

NORT	WEST
13.70381833	-89.20640000

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
<p>Se acceso por comunidad de Colonia Tutunichapa, realizó el descenso por medio de las gradas de las comunidades aledañas, muro de contención de lluvias y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada.</p> <p>No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.</p>
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	6
Profundidad media (m)	0.24
Caudal (m ³ /seg)	0.2335
Radio hidráulico (m)	0.1571



Muestras tomadas de agua	Calidad del agua
--------------------------	------------------

Tabla 74 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 17.

Punto de muestreo			NAME 17	
Fecha			1/7/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			2:09 AM	
Hora de finalización			2:29 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	-0.02	-20
2	20	40	-0.05	-50
3	20	60	-0.081	-81
4	20	80	-0.112	-112
5	20	100	-0.139	-139
6	20	120	-0.167	-167
7	20	140	-0.19	-190
8	20	160	-0.203	-203
9	20	180	-0.219	-219
10	20	200	-0.215	-215
11	20	220	-0.23	-230
12	20	240	-0.232	-232
13	20	260	-0.234	-234
14	20	280	-0.23	-230
15	20	300	-0.236	-236
16	20	320	-0.23	-230
17	20	340	-0.225	-225
18	20	360	-0.222	-222
19	20	380	-0.219	-219
20	20	400	-0.214	-214
21	20	420	-0.212	-212



Punto de muestreo			NAME 17	
Fecha			1/7/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			2:09 AM	
Hora de finalización			2:29 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
22	20	440	-0.21	-210
23	20	460	-0.199	-199
24	20	480	-0.196	-196
25	20	500	-0.19	-190
26	20	520	-0.18	-180
27	20	540	-0.169	-169
28	20	560	-0.159	-159
29	20	580	-0.156	-156
30	20	600	-0.149	-149
31	20	620	-0.14	-140
32	20	640	-0.134	-134
33	20	660	-0.13	-130
34	20	680	-0.119	-119
35	20	700	-0.108	-108
36	20	720	-0.094	-94
37	20	740	-0.09	-90
38	20	760	-0.083	-83
39	20	780	-0.08	-80
40	20	800	-0.074	-74
41	20	820	-0.085	-85
42	20	840	-0.08	-80
43	20	860	-0.075	-75
44	20	880	-0.07	-70
45	20	900	-0.069	-69
46	20	920	-0.065	-65
47	20	940	-0.063	-63



Punto de muestreo		NAME 17		
Fecha		1/7/2021		
Punto de Medicion		100		
Hora de inicio		2:09 AM		
Hora de finalización		2:29 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
48	20	960	-0.059	-59
49	20	980	-0.057	-57
50	20	1000	-0.04	-40
51	20	1020	-0.035	-35
52	20	1040	-0.035	-35
53	20	1060	0.07	70
54	20	1080	0.058	58
55	20	1100	0.061	61
56	20	1120	0.066	66
57	20	1140	0.066	66
58	20	1160	0.086	86
59	20	1180	0.091	91
60	20	1200	0.091	91

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 17.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la tabla 75

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 17	
Distancia desde el punto de inyección (m)	100
Velocidad media (m/s)	0.1583
Ancho de la sección	6
Caudal (m ³ /s)	0.2335

Radio hidráulico	0.1571
------------------	--------

Tabla 75. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 17 - Método Empírico	
Ux	0.1583
B	6
d	0.1571
u*	0.01583
E	3.9902
+50%	5.9853
-50%	1.9951

Tabla76 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 17

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 1.9951-5.9853 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 17 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-6E-18t^6 + 2E-14t^5 - 2E-11t^4 + 9E-09t^3 + 2E-06t^2 - 0.0018t + 0.0123$
A	$-6E-18t^6$
B	$2E-14t^5$
C	$-2E-11t^4$
D	$9E-09t^3$
E	$2E-06t^2$



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 17 - Método H.Scott Fogler	
F	- 0.0018t
G	0.0123
Limites	490.866-2111.47
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	14217.3
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$-4.2202E-22*(t6-((10000 t5)/(3))+((10000000 t4)/(3))-1500000000 t3-((1000000000000 t2)/(3))+3.0000000000001E14 t-2.05E15)$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 17 - Método H.Scott Fogler	
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.2374 m ² /seg.

Tabla 77 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 17

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

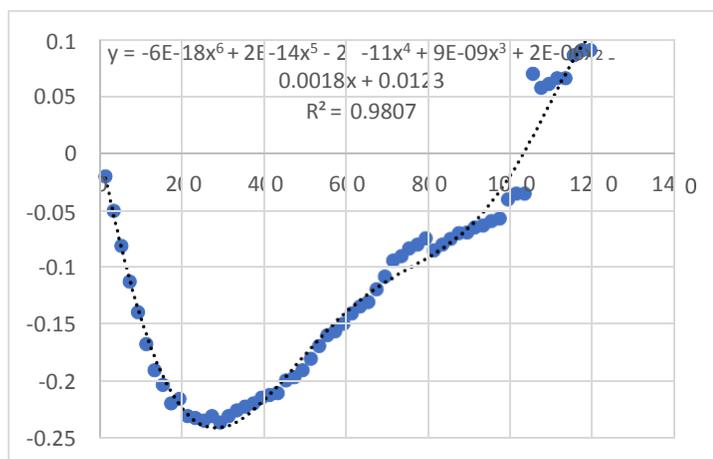


Figura 22 Grafica de datos y regresión para NAME 17 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.2374 m²/s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (1.9951m²/s), posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del Río arenal tutunichapa, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante de dicho río se necesite una mayor distancia y una velocidad mayor a 0.1583 m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.2355 m³/s.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Tutunichapa
Fecha: 01/07/2021
Punto de monitoreo: Name 18
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Tomayate

NORT	WEST
13.70627520	-89.20129957

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso sobre el parqueo del MINED en el Centro de Gobierno, realizó el descenso por medio de vereda y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	8
Profundidad media (m)	0.19
Caudal (m ³ /seg)	0.275
Radio hidráulico (m)	0.1273
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo			NAME 18	
Fecha			8/7/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			7:46 AM	
Hora de finalización			8:06 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0	0
2	20	40	0	0
3	20	60	0.007	7
4	20	80	0.01	10
5	20	100	0.007	7
6	20	120	0.001	1
7	20	140	0.002	2
8	20	160	0.003	3
9	20	180	0.006	6
10	20	200	0.01	10
11	20	220	-0.01	-10
12	20	240	-0.008	-8
13	20	260	-0.006	-6
14	20	280	0.002	2
15	20	300	0.003	3
16	20	320	0.005	5
17	20	340	0.006	6
18	20	360	0.006	6
19	20	380	0.008	8
20	20	400	0.008	8
21	20	420	0.01	10
22	20	440	0.01	10
23	20	460	0.013	13
24	20	480	0.013	13
25	20	500	0.013	13



Punto de muestreo			NAME 18	
Fecha			8/7/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			7:46 AM	
Hora de finalización			8:06 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
26	20	520	0.014	14
27	20	540	0.016	16
28	20	560	0.008	8
29	20	580	0.01	10
30	20	600	0.011	11
31	20	620	0.011	11
32	20	640	0.012	12
33	20	660	0.012	12
34	20	680	0.205	205
35	20	700	0.196	196
36	20	720	0.198	198
37	20	740	0.195	195
38	20	760	0.194	194
39	20	780	0.194	194
40	20	800	0.355	355
41	20	820	0.056	56
42	20	840	0.054	54
43	20	860	0.05	50
44	20	880	0.049	49
45	20	900	0.047	47
46	20	920	0.047	47
47	20	940	0.047	47
48	20	960	0.047	47
49	20	980	0.046	46
50	20	1000	0.046	46
51	20	1020	0.045	45

Punto de muestreo		NAME 18		
Fecha		8/7/2021		
Punto de medicion (m)		100		
Hora de inicio		7:46 AM		
Hora de finalización		8:06 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
52	20	1040	0.045	45
53	20	1060	0.044	44
54	20	1080	0.034	34
55	20	1100	0.041	41
56	20	1120	0.041	41
57	20	1140	0.041	41
58	20	1160	0.041	41
59	20	1180	0.044	44
60	20	1200	0.044	44

Tabla 78 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 18.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 18.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla79.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 18	
Distancia desde el punto de inyección (m)	100
Velocidad media (m/s)	0.1937
Ancho de la sección	8
Caudal (m ³ /s)	0.275
Radio hidráulico	0.1273

Tabla 79. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental.



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 18 - Método Empírico	
Ux	0.1937
B	8
d	0.1273
u*	0.01937
E	10.7121
+50%	16.0681
-50%	5.3560

Tabla80 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 18

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 5.3560-16.0681 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 18 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$9E-19t^6 + 5E-15t^5 - 2E-11t^4 + 2E-08t^3 - 8E-06t^2 + 0.0012t - 0.0392$
A	$9E-19t^6$
B	$5E-15t^5$
C	$- 2E-11t^4$
D	$2E-08t^3$
E	$- 8E-06t^2$
F	$0.0012t$
G	$- 0.0392$



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 18 - Método H.Scott Fogler	
Limites	251.412-1609.81
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	1195.08
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	7.5308E-22*(t6+((50000 t5)/(9))-((200000000 t4)/(9))+((200000000000 t3)/(9))-((80000000000000 t2)/(9))+1.3333333333333333E15*x-4.355555555555555E16)
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.3874 m ² /seg.

Tabla 81 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 18.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

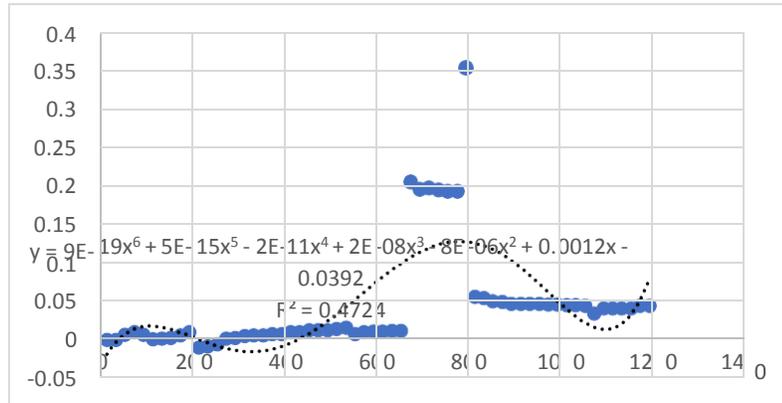


Figura 23 Grafica de datos y regresión para NAME 18 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $0.3874\text{m}^2/\text{s}$, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer ($5.3560\text{m}^2/\text{s}$), posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del Río Tutunichapa, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho Río, se necesite una mayor distancia y una velocidad mayor a 0.1937 m/s o, en su defecto un caudal mayor a $0.275\text{ m}^3/\text{s}$.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: San Antonio
Fecha: 02/07/2021
Punto de monitoreo: Name 19
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Tomayate

NORT	WEST
13.71763333	-89.17221167

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por La Colonia San Joaquín Oriente, realizó el descenso por medio de un muro de concreto y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	9
Profundidad media (m)	0.14
Caudal (m ³ /seg)	0.24
Radio hidráulico (m)	0.0962
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo		NAME 19		
Fecha		2/7/2021		
Punto de medicion (m)		100		
Hora de inicio		9:21 AM		
Hora de finalización		9:41 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (m)	Concentración(PPB)
1	20	20	0	0
2	20	40	0	0
3	20	60	0	0
4	20	80	0	0
5	20	100	0	0
6	20	120	0.018	18
7	20	140	0.019	19
8	20	160	0.023	23
9	20	180	0.024	24
10	20	200	0.026	26
11	20	220	0.022	22
12	20	240	0.022	22
13	20	260	0.031	31
14	20	280	0.036	36
15	20	300	0.039	39
16	20	320	0.041	41
17	20	340	0.045	45
18	20	360	0.047	47
19	20	380	0.05	50
20	20	400	0.053	53
21	20	420	0.056	56
22	20	440	0.059	59
23	20	460	0.074	74
24	20	480	0.078	78
25	20	500	0.079	79
26	20	520	0.081	81



Punto de muestreo		NAME 19		
Fecha		2/7/2021		
Punto de medicion (m)		100		
Hora de inicio		9:21 AM		
Hora de finalización		9:41 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (m)	Concentración(PPB)
27	20	540	0.084	84
28	20	560	0.089	89
29	20	580	0.092	92
30	20	600	0.095	95
31	20	620	0.091	91
32	20	640	0.091	91
33	20	660	0.095	95
34	20	680	0.096	96
35	20	700	0.096	96
36	20	720	0.1	100
37	20	740	0.098	98
38	20	760	0.1	100
39	20	780	0.102	102
40	20	800	0.105	105
41	20	820	0.105	105
42	20	840	0.107	107
43	20	860	0.109	109
44	20	880	0.109	109
45	20	900	0.109	109
46	20	920	0.113	113
47	20	940	0.103	103
48	20	960	0.103	103
49	20	980	0.102	102
50	20	1000	0.102	102
51	20	1020	0.102	102
52	20	1040	0.103	103
53	20	1060	0.107	107



Punto de muestreo		NAME 19		
Fecha		2/7/2021		
Punto de medicion (m)		100		
Hora de inicio		9:21 AM		
Hora de finalización		9:41 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (m)	Concentración(PPB)
54	20	1080	0.107	107
55	20	1100	0.109	109
56	20	1120	0.106	106
57	20	1140	0.109	109
58	20	1160	0.111	111
59	20	1180	0.112	112
60	20	1200	0.113	113

Tabla 82 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 19, 100 m

Punto de muestreo		NAME 19		
Fecha		2/7/2021		
Punto de Medicion		200		
Hora de inicio		9:44 AM		
Hora de finalización		10:04 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.139	139
2	20	40	0.155	155
3	20	60	0.155	155
4	20	80	0.158	158
5	20	100	0.16	160
6	20	120	0.164	164
7	20	140	0.164	164



Punto de muestreo			NAME 19	
Fecha			2/7/2021	
Punto de Medicion			200	
Hora de inicio			9:44 AM	
Hora de finalización			10:04 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
8	20	160	0.168	168
9	20	180	0.169	169
10	20	200	0.17	170
11	20	220	0.17	170
12	20	240	0.172	172
13	20	260	0.17	170
14	20	280	0.169	169
15	20	300	0.179	179
16	20	320	0.179	179
17	20	340	0.181	181
18	20	360	0.181	181
19	20	380	0.181	181
20	20	400	0.17	170
21	20	420	0.17	170
22	20	440	0.173	173
23	20	460	0.168	168
24	20	480	0.168	168
25	20	500	0.168	168
26	20	520	0.168	168
27	20	540	0.169	169
28	20	560	0.169	169
29	20	580	0.169	169
30	20	600	0.172	172
31	20	620	0.172	172
32	20	640	0.172	172
33	20	660	0.174	174



Punto de muestreo			NAME 19	
Fecha			2/7/2021	
Punto de Medicion			200	
Hora de inicio			9:44 AM	
Hora de finalización			10:04 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
34	20	680	0.175	175
35	20	700	0.169	169
36	20	720	0.169	169
37	20	740	0.169	169
38	20	760	0.169	169
39	20	780	0.172	172
40	20	800	0.175	175
41	20	820	0.177	177
42	20	840	0.175	175
43	20	860	0.175	175
44	20	880	0.18	180
45	20	900	0.18	180
46	20	920	0.178	178
47	20	940	0.179	179
48	20	960	0.18	180
49	20	980	0.18	180
50	20	1000	0.181	181
51	20	1020	0.181	181
52	20	1040	0.183	183
53	20	1060	0.184	184
54	20	1080	0.184	184
55	20	1100	0.186	186
56	20	1120	0.189	189
57	20	1140	0.181	181
58	20	1160	0.183	183
59	20	1180	0.183	183

Punto de muestreo		NAME 19		
Fecha		2/7/2021		
Punto de Medicion		200		
Hora de inicio		9:44 AM		
Hora de finalización		10:04 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
60	20	1200	0.185	185

Tabla 83 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 19, 200 m

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 19.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla84.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 19	
Distancia desde el punto de inyección (m)	100-200
Velocidad media (m/s)	0.1555
Ancho de la sección	9
Caudal (m ³ /s)	0.24
Radio hidráulico	0.09623

Tabla 84. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 19 - Método Empírico	
Ux	0.1555
B	9
d	0.09623
u*	0.01555



E	14.4023
+50%	21.6035
-50%	7.2011

Tabla 85 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 19.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 7.2011-21.6035 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 19 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-9E-19t^6 + 4E-15t^5 - 5E-12t^4 + 3E-09t^3 - 8E-07t^2 + 0.0002t - 0.0078$
A	$-9E-19t^6$
B	$4E-15t^5$
C	$-5E-12t^4$
D	$3E-09t^3$
E	$-8E-07t^2$
F	$0.0002t$
G	-0.0078
Limites	46.1558-2885.71
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	17025



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 19 - Método H.Scott Fogler	
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	$\frac{((-3*(t6-((40000*t5)/(9)))+(50000000 t4)/(9))-((10000000000 t3)/(3))+((800000000000 t2)/(9))-2.222222222222E14 t+8.666666666666E15))/(5675000000000000000000))}$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.3498 m ² /seg.

Tabla 86 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 19, 100 m.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los dato experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

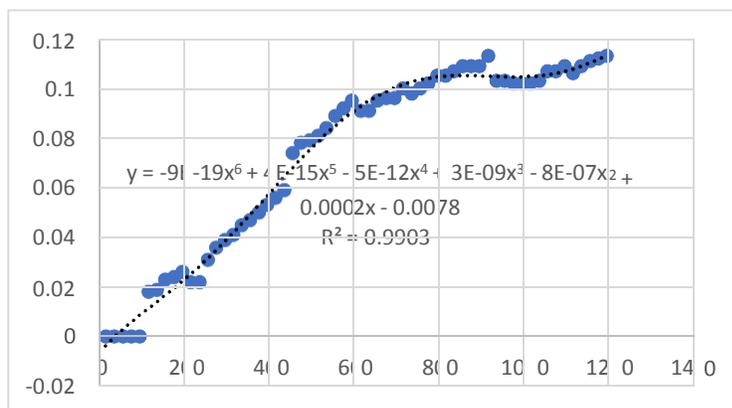


Figura 24 Grafica de datos y regresión para NAME 19, 100 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $0.3498 \text{ m}^2/\text{s}$, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer ($7.2011 \text{ m}^2/\text{s}$), posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del Río Tutunichapa, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho río, se necesite una mayor distancia y una velocidad mayor a 0.1555 m/s o, en su defecto un caudal mayor a $0.24 \text{ m}^3/\text{s}$.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 19 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$4\text{E}-19\text{t}^6 - 2\text{E}-15\text{t}^5 + 2\text{E}-12\text{t}^4 - 3\text{E}-10\text{t}^3 - 5\text{E}-07\text{t}^2 + 0.0003\text{t} + 0.1396$
A	$4\text{E}-19\text{t}^6$
B	$- 2\text{E}-15\text{t}^5$
C	$2\text{E}-12\text{t}^4$
D	$- 3\text{E}-10\text{t}^3$
E	$- 5\text{E}-07\text{t}^2$
F	0.0003t
G	0.1396



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 19 - Método H.Scott Fogler	
Limites	1030.3-3734.61
$\int_{42.87762}^{520.12806} C(t) dt$	55614.4
$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$	7.1923818291664E-24*(t6-5000 t5+5000000 t4-7500000000* t3-1250000000000 t2+7.5E14 t+3.49E17)
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	800 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.3498 m ² /seg.

Tabla 87 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 19, 200 m.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

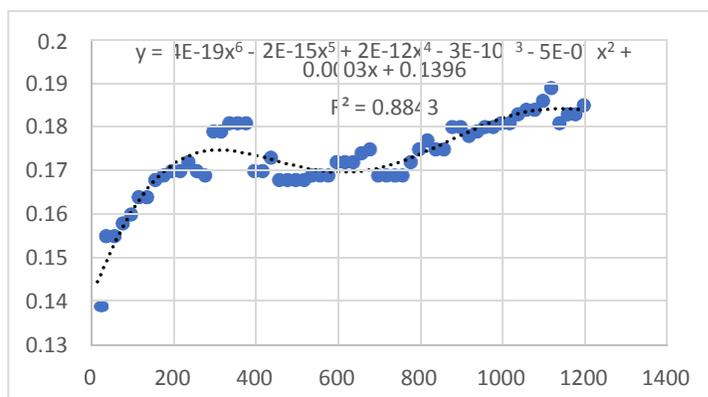


Figura 25 Grafica de datos y regresión para NAME 19, 200 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 0.3498 m²/s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 200 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en la quebrada o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: San Antonio
Fecha: 01/07/2021
Punto de monitoreo: Name 20
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate

NORT	WEST
13.72404333	-89.20412167

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por la cancha del Instituto Técnico Ricaldone, realizó el descenso por medio de la pendiente de tierra y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	2.5
Profundidad media (m)	0.56
Caudal (m ³ /seg)	0.361
Radio hidráulico (m)	0.3292
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo			NAME 20	
Fecha			1/7/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			10:15 AM	
Hora de finalización			10:35 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
1	20	20	0.013	13
2	20	40	0.013	13
3	20	60	0.008	8
4	20	80	0.001	1
5	20	100	0	0
6	20	120	0.002	2
7	20	140	0.002	2
8	20	160	0.005	5
9	20	180	0	0
10	20	200	-0.001	-1
11	20	220	0	0
12	20	240	0	0
13	20	260	0	0
14	20	280	0	0
15	20	300	0.005	5
16	20	320	0.006	6
17	20	340	0.007	7
18	20	360	0.006	6
19	20	380	0.007	7
20	20	400	0.007	7
21	20	420	0.008	8
22	20	440	0.006	6
23	20	460	-0.072	-72
24	20	480	-0.073	-73
25	20	500	-0.075	-75
26	20	520	-0.076	-76



Punto de muestreo			NAME 20	
Fecha			1/7/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			10:15 AM	
Hora de finalización			10:35 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
27	20	540	-0.08	-80
28	20	560	-0.076	-76
29	20	580	-0.078	-78
30	20	600	-0.078	-78
31	20	620	-0.078	-78
32	20	640	-0.078	-78
33	20	660	-0.088	-88
34	20	680	-0.088	-88
35	20	700	-0.086	-86
36	20	720	-0.084	-84
37	20	740	-0.086	-86
38	20	760	-0.086	-86
39	20	780	-0.086	-86
40	20	800	-0.086	-86
41	20	820	-0.087	-87
42	20	840	-0.088	-88
43	20	860	-0.091	-91
44	20	880	-0.091	-91
45	20	900	-0.089	-89
46	20	920	-0.089	-89
47	20	940	-0.088	-88
48	20	960	-0.088	-88
49	20	980	-0.087	-87
50	20	1000	-0.084	-84
51	20	1020	-0.08	-80
52	20	1040	-0.08	-80
53	20	1060	-0.08	-80



Punto de muestreo		NAME 20		
Fecha		1/7/2021		
Punto de medicion (m)		100		
Hora de inicio		10:15 AM		
Hora de finalización		10:35 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
54	20	1080	-0.08	-80
55	20	1100	-0.08	-80
56	20	1120	-0.079	-79
57	20	1140	-0.079	-79
58	20	1160	-0.081	-81
59	20	1180	-0.081	-81
60	20	1200	-0.081	-81

Tabla 88 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 20.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 20.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 89.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 20	
Distancia desde el punto de inyección	100
Velocidad media	0.21
Ancho de la sección	2.5
Caudal	0.361
Radio hidráulico	0.3292

Tabla 89. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 20 - Método Empírico	
Ux	0.21

B	2.5
d	0.3292
u*	0.021
E	0.4385
+50%	0.6578
-50%	0.2192

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 0.2192-0.6578 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 20 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$8E-18t^6 - 3E-14t^5 + 5E-11t^4 - 3E-08t^3 + 9E-06t^2 - 0.0012t + 0.0493$
A	$8E-18t^6$
B	$-3E-14t^5$
C	$5E-11t^4$
D	$-3E-08t^3$
E	$9E-06t^2$
F	$0.0012t$
G	0.0493
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 20 - Método H.Scott Fogler	
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.1312 m ² /seg.

Tabla 90 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 20.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

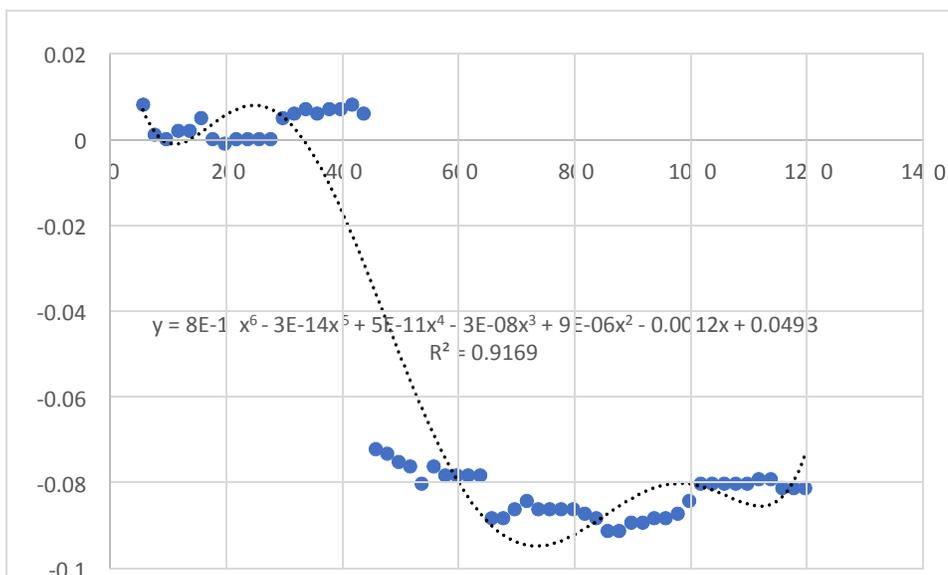




Figura 26 Grafica de datos y regresión para NAME 20 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $0.1312 \text{ m}^2/\text{s}$, se encuentra 40.0% por debajo del límite inferior ($0.2192 \text{ m}^2/\text{s}$) definido por la ecuación por la ecuación empírica de Fischer, lo que indica una inadecuada dispersión de contaminantes, esto se deba a que a la distancia de 100 m aún no se logra dispersión de contaminantes en el rio San Antonio, por la carga contaminante que este lleva.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: San Antonio
Fecha: 01/07/2021
Punto de monitoreo: Name 21
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Tomayate

NORT	WEST
13.72091500	-89.19533000

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso a un costado de la Subdivisión de Transito, realizó el descenso por medio de la pendiente de tierra y terreno accidentado, se realizó caminata de 160 m hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	3
Profundidad media (m)	0.14
Caudal (m ³ /seg)	0.2075
Radio hidráulico (m)	0.0938
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo			NAME 21	
Fecha			1/7/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			11:19 AM	
Hora de finalización			11:39 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0	0
2	20	40	-0.015	-15
3	20	60	0.064	64
4	20	80	-0.056	-56
5	20	100	-0.073	-73
6	20	120	-0.08	-80
7	20	140	-0.083	-83
8	20	160	-0.088	-88
9	20	180	-0.074	-74
10	20	200	-0.07	-70
11	20	220	-0.064	-64
12	20	240	-0.057	-57
13	20	260	-0.05	-50
14	20	280	-0.03	-30
15	20	300	-0.04	-40
16	20	320	-0.025	-25
17	20	340	-0.022	-22
18	20	360	0	0
19	20	380	0.01	10
20	20	400	0.027	27
21	20	420	0.035	35
22	20	440	0.059	59
23	20	460	0.065	65
24	20	480	0.077	77
25	20	500	0.058	58



Punto de muestreo			NAME 21	
Fecha			1/7/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			11:19 AM	
Hora de finalización			11:39 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
26	20	520	0.193	193
27	20	540	0.09	90
28	20	560	0.099	99
29	20	580	0.105	105
30	20	600	0.11	110
31	20	620	0.127	127
32	20	640	0.133	133
33	20	660	0.143	143
34	20	680	0.149	149
35	20	700	0.141	141
36	20	720	0.148	148
37	20	740	0.125	125
38	20	760	0.099	99
39	20	780	0.127	127
40	20	800	0.129	129
41	20	820	0.13	130
42	20	840	0.135	135
43	20	860	0.138	138
44	20	880	0.143	143
45	20	900	0.146	146
46	20	920	0.136	136
47	20	940	0.136	136
48	20	960	0.142	142
49	20	980	0.143	143
50	20	1000	0.147	147
51	20	1020	0.149	149

Punto de muestreo		NAME 21		
Fecha		1/7/2021		
Punto de medicion (m)		100		
Hora de inicio		11:19 AM		
Hora de finalización		11:39 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
52	20	1040	0.153	153
53	20	1060	0.158	158
54	20	1080	0.158	158
55	20	1100	0.16	160
56	20	1120	0.16	160
57	20	1140	0.149	149
58	20	1160	0.153	153
59	20	1180	0.155	155
60	20	1200	0.158	158

Tabla 91 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 21, 100 m

Punto de muestreo		NAME 21		
Fecha		1/7/2021		
Punto de Medicion		100		
Hora de inicio		11:37 AM		
Hora de finalización		11:57 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
1	20	20	0.203	203
2	20	40	0.204	204
3	20	60	0.206	206
4	20	80	0.21	210
5	20	100	0.22	220



Punto de muestreo			NAME 21	
Fecha			1/7/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			11:37 AM	
Hora de finalización			11:57 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
6	20	120	0.225	225
7	20	140	0.222	222
8	20	160	0.225	225
9	20	180	0.226	226
10	20	200	0.224	224
11	20	220	0.226	226
12	20	240	0.23	230
13	20	260	0.23	230
14	20	280	0.23	230
15	20	300	0.232	232
16	20	320	0.232	232
17	20	340	0.232	232
18	20	360	0.232	232
19	20	380	0.225	225
20	20	400	0.225	225
21	20	420	0.236	236
22	20	440	0.252	252
23	20	460	0.252	252
24	20	480	0.247	247
25	20	500	0.238	238
26	20	520	0.238	238
27	20	540	0.241	241
28	20	560	0.241	241
29	20	580	0.238	238
30	20	600	0.24	240
31	20	620	0.24	240



Punto de muestreo			NAME 21	
Fecha			1/7/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			11:37 AM	
Hora de finalización			11:57 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
32	20	640	0.26	260
33	20	660	0.27	270
34	20	680	0.273	273
35	20	700	0.248	248
36	20	720	0.252	252
37	20	740	0.254	254
38	20	760	0.254	254
39	20	780	0.26	260
40	20	800	0.262	262
41	20	820	0.262	262
42	20	840	0.264	264
43	20	860	0.269	269
44	20	880	0.258	258
45	20	900	0.259	259
46	20	920	0.27	270
47	20	940	0.27	270
48	20	960	0.271	271
49	20	980	0.275	275
50	20	1000	0.274	274
51	20	1020	0.276	276
52	20	1040	0.274	274
53	20	1060	0.278	278
54	20	1080	0.28	280
55	20	1100	0.274	274
56	20	1120	0.285	285
57	20	1140	0.287	287



Punto de muestreo		NAME 21		
Fecha		1/7/2021		
Punto de Medicion		100		
Hora de inicio		11:37 AM		
Hora de finalización		11:57 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
58	20	1160	0.286	286
59	20	1180	0.285	285
60	20	1200	0.285	285

Tabla 92. Datos de concentración, punto de muestreo NAME 21, 200 m

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 21.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 93

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 21	
Distancia desde el punto de inyección	100-200
Velocidad media	0.25
Ancho de la sección	3
Caudal	0.2075
Radio hidráulico	0.0938

Tabla 93. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 20 - Método Empírico	
Ux	0.25
B	3
d	0.0938

u*	0.025
E	2.6385
+50%	3.9578
-50%	1.3192

Tabla 94 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 21.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 1.3192-3.9578 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 21 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-5E-18t^6 + 1E-14t^5 - 1E-11t^4 - 3E-09t^3 + 6E-06t^2 - 0.0017t + 0.057$
A	$-5E-18t^6$
B	$1E-14t^5$
C	$-1E-11t^4$
D	$-3E-09t^3$
E	$6E-06t^2$
F	$-0.0017t$
G	0.057
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 21 - Método H.Scott Fogler	
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.1875m ² /seg.

Tabla 95 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 21, 100m.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

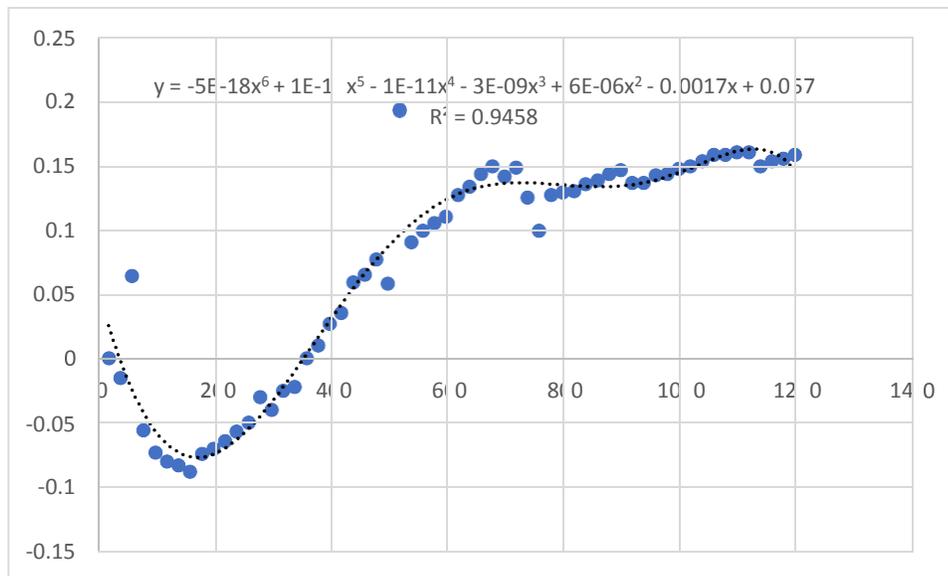


Figura 27 Grafica de datos y regresión para NAME 21, 100m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.1875 m²/s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (1.3192 m²/s), posiblemente se deba a que a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río San Antonio, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho río, necesitaría una mayor distancia para dispersar, y una velocidad mayor a 0.25 m/s.

Tabla 96 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 21, 200m.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 21 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-1E-18t^6 + 5E-15t^5 - 7E-12t^4 + 6E-09t^3 - 2E-06t^2 + 0.0004t + 0.1913$
A	1E-18t ⁶
B	5E-15t ⁵
C	- 7E-12t ⁴
D	6E-09t ³
E	- 2E-06t ²
F	0.0004t



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 21 - Método H.Scott Fogler	
G	0.1913
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.1875 m ² /seg.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

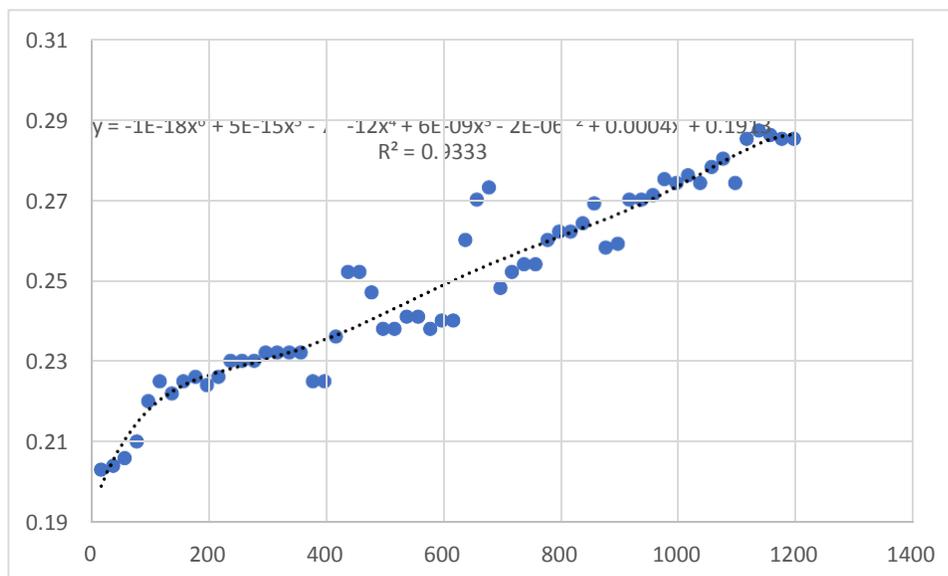


Figura 28 Grafica de datos y regresión para NAME 21, 200m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, $0.1875 \text{ m}^2/\text{s}$, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 200 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en el río o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: San Antonio
Fecha: 02/07/2021
Punto de monitoreo: Name 22
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca : Tomayate

NORT	WEST
13.720451	-89.174865

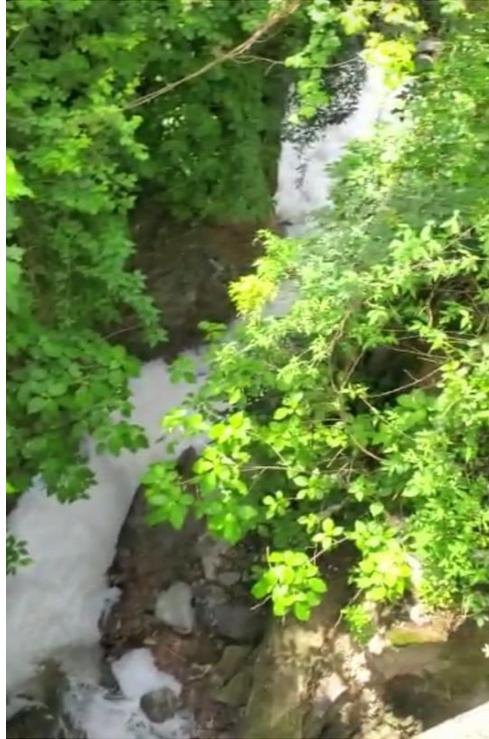
CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
<p>Se acceso por La Carretera Troncal del Norte a la altura de Ciudad Delgado, realizó el descenso por medio de terreno accidentado hasta llegar a la quebrada.</p> <p>No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.</p> <p>En el punto no se realizó trazabilidad por inaccesibilidad al punto y cero visibilidades por espuma densa.</p>
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	4
Profundidad media (m)	0.85
Caudal (m ³ /seg)	1.2
Radio hidráulico (m)	0.5057

Muestras tomadas de agua

Calidad del agua



NAME 22, espuma densa que bloquea la visibilidad de la profundidad.





NAME 22, visto desde el puente donde se pudo realizar el acceso sin poner en riesgo.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 22.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 97.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 1	
Distancia desde el punto de inyección	-
Velocidad media	0.325
Ancho de la sección	4
Caudal	1.2
Radio hidráulico	0.5057

Tabla 97. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 20 - Método Empírico	
U _x	0.325
B	4
d	0.5057
u*	0.0325
E	1.131105
+50%	1.6966
-50%	0.5655

Tabla 98 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 22.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 0.5655-1.6966 m²/seg., para este punto no se tomando en cuenta datos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Rio El Ángel
Fecha: 02/07/2021
Punto de monitoreo: Name 23
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Tomayate

NORT	WEST
13.7420183	-89.17223000

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
<p>Se acceso por Calle a Cantón Arenal, La Carretera Troncal del Norte a la altura de Ciudad Delgado, realizó el descenso por medio de terreno accidentado hasta llegar a la quebrada.</p> <p>No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.</p> <p>En el punto no se realizó trazabilidad por inaccesibilidad al punto y cero visibilidades por espuma densa.</p>
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	6
Profundidad media (m)	0.45
Caudal (m ³ /seg)	2.145
Radio hidráulico (m)	0.2955



Muestras tomadas de agua	Calidad del agua
--------------------------	------------------

Punto de muestreo			NAME 23	
Fecha			2/7/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			12:07 PM	
Hora de finalización			12:27 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0	0
2	20	40	0.004	4
3	20	60	0.009	9
4	20	80	0.025	25
5	20	100	0.03	30
6	20	120	0.032	32
7	20	140	0.037	37
8	20	160	0.042	42
9	20	180	0.047	47
10	20	200	0.037	37
11	20	220	0.039	39
12	20	240	0.043	43
13	20	260	0.048	48
14	20	280	0.05	50
15	20	300	0.056	56
16	20	320	0.082	82
17	20	340	0.089	89
18	20	360	0.114	114
19	20	380	0.119	119
20	20	400	0.12	120
21	20	420	0.124	124
22	20	440	0.13	130



Punto de muestreo			NAME 23	
Fecha			2/7/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			12:07 PM	
Hora de finalización			12:27 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
23	20	460	0.132	132
24	20	480	0.135	135
25	20	500	0.138	138
26	20	520	0.138	138
27	20	540	0.142	142
28	20	560	0.143	143
29	20	580	0.146	146
30	20	600	0.146	146
31	20	620	0.136	136
32	20	640	0.138	138
33	20	660	0.139	139
34	20	680	0.116	116
35	20	700	0.12	120
36	20	720	0.12	120
37	20	740	0.13	130
38	20	760	0.133	133
39	20	780	0.135	135
40	20	800	0.138	138
41	20	820	0.141	141
42	20	840	0.144	144
43	20	860	0.148	148
44	20	880	0.147	147
45	20	900	0.15	150
46	20	920	0.165	165
47	20	940	0.165	165
48	20	960	0.154	154
49	20	980	0.154	154



Punto de muestreo		NAME 23		
Fecha		2/7/2021		
Punto de Medicion		100		
Hora de inicio		12:07 PM		
Hora de finalización		12:27 PM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
50	20	1000	0.158	158
51	20	1020	0.155	155
52	20	1040	0.155	155
53	20	1060	0.159	159
54	20	1080	0.159	159
55	20	1100	0.159	159
56	20	1120	0.159	159
57	20	1140	0.159	159
58	20	1160	0.161	161
59	20	1180	0.165	165
60	20	1200	0.176	176

Tabla 97 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 23, 100 m.

Punto de muestreo		NAME 23		
Fecha		2/7/2021		
Punto de Medicion		100		
Hora de inicio		12:38 PM		
Hora de finalización		12:58 PM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.249	249
2	20	40	0.255	255
3	20	60	0.265	265
4	20	80	0.279	279
5	20	100	0.285	285



Punto de muestreo			NAME 23	
Fecha			2/7/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			12:38 PM	
Hora de finalización			12:58 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
6	20	120	0.292	292
7	20	140	0.296	296
8	20	160	0.297	297
9	20	180	0.294	294
10	20	200	0.296	296
11	20	220	0.296	296
12	20	240	0.294	294
13	20	260	0.292	292
14	20	280	0.288	288
15	20	300	0.287	287
16	20	320	0.282	282
17	20	340	0.28	280
18	20	360	0.276	276
19	20	380	0.271	271
20	20	400	0.27	270
21	20	420	0.268	268
22	20	440	0.266	266
23	20	460	0.264	264
24	20	480	0.264	264
25	20	500	0.26	260
26	20	520	0.259	259
27	20	540	0.255	255
28	20	560	0.248	248
29	20	580	0.247	247
30	20	600	0.243	243
31	20	620	0.238	238
32	20	640	0.238	238



Punto de muestreo			NAME 23	
Fecha			2/7/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			12:38 PM	
Hora de finalización			12:58 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
33	20	660	0.244	244
34	20	680	0.237	237
35	20	700	0.237	237
36	20	720	0.236	236
37	20	740	0.232	232
38	20	760	0.235	235
39	20	780	0.236	236
40	20	800	0.225	225
41	20	820	0.225	225
42	20	840	0.224	224
43	20	860	0.225	225
44	20	880	0.221	221
45	20	900	0.22	220
46	20	920	0.186	186
47	20	940	0.185	185
48	20	960	0.183	183
49	20	980	0.183	183
50	20	1000	0.183	183
51	20	1020	0.183	183
52	20	1040	0.185	185
53	20	1060	0.187	187
54	20	1080	0.187	187
55	20	1100	0.178	178
56	20	1120	0.176	176
57	20	1140	0.176	176
58	20	1160	0.174	174
59	20	1180	0.176	176

Punto de muestreo		NAME 23		
Fecha		2/7/2021		
Punto de Medicion		100		
Hora de inicio		12:38 PM		
Hora de finalización		12:58 PM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
60	20	1200	0.176	176

Tabla 98 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 23, 200 m.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 22.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 99.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 1	
Distancia desde el punto de inyección	100-200
Velocidad media	1.275
Ancho de la sección	6
Caudal	2.145
Radio hidráulico	0.2955

Tabla 99. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 20 - Método Empírico	
Ux	1.275
B	6
d	0.2955
u*	0.1275
E	17.0862



+50%	25.6294
-50%	8.5431

Tabla 100 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 23.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 8.5431-25.6294 m²/seg., para este punto no se tomando en cuenta datos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 23 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-6E-19t^6 + 2E-16t^5 + 4E-12t^4 - 6E-09t^3 + 3E-06t^2 - 0.0002t + 0.0159$
A	$-6E-19t^6$
B	$2E-16t^5$
C	$4E-12t^4$
D	$-6E-09t^3$
E	$3E-06t^2$
F	$-0.0002t$
G	0.0159
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 23 - Método H.Scott Fogler	
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	1.9125 m ² /seg.

Tabla 101 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 23, 100 m.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

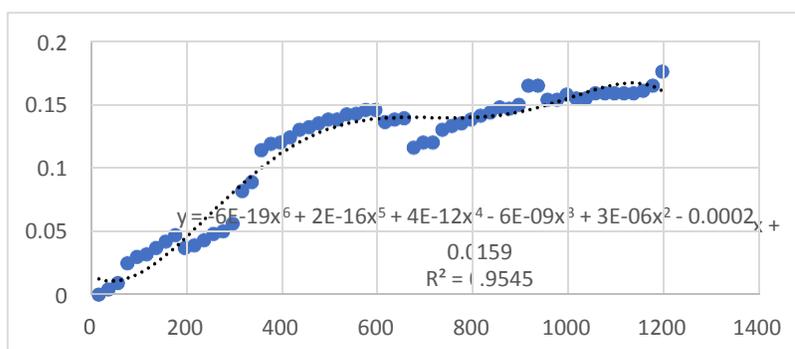


Figura 29 Grafica de datos y regresión para NAME 23, 100m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 1.9125 m²/s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (8.5431m²/s), posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del Río Tomayate, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho río se necesite una mayor distancia y una velocidad mayor a 1.275 m/s o, en su defecto un caudal mayor a 2.145 m³/s.



Tabla 102 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 23, 150 m.

ESTUDIO EXPERIMENTAL – NAME 23– Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-8E-19t^6 + 5E-15t^5 - 1E-11t^4 + 1E-08t^3 - 5E-06t^2 + 0.001t + 0.2246$
A	$-8E-19t^6$
B	$5E-15t^5$
C	$-1E-11t^4$
D	$1E-08t^3$
E	$-5E-06t^2$
F	$0.001t$
G	0.2246
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 23- Método H.Scott Fogler	
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	1.9125 m ² /seg.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

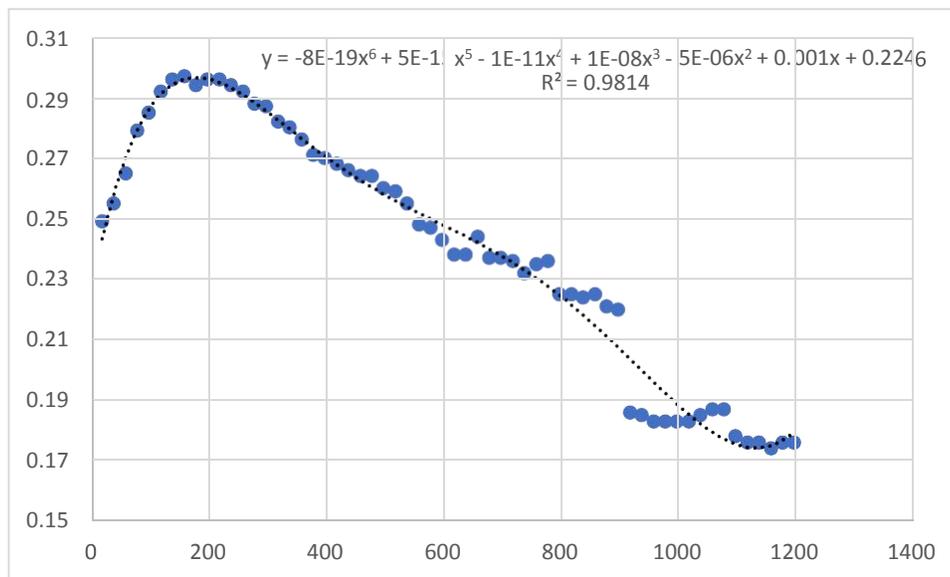


Figura 30 Grafica de datos y regresión para NAME 23, 150m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 1.9125 m²/s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 150 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en la quebrada o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Chahuite
Fecha: 02/07/2021
Punto de monitoreo: Name 24
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Tomayate

NORT	WEST
13.777465	-89.174173

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por Canton Arenal, Rio Chauite, Ciudad Delgado, realizó el descenso por medio de la pendiente de tierra y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	4
Profundidad media (m)	0.1
Caudal (m ³ /seg)	0.064
Radio hidráulico (m)	0.064
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo		NAME 24		
Fecha		2/7/2021		
Punto de Medicion		100		
Hora de inicio		2:40 PM		
Hora de finalización		3:00 PM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.003	3
2	20	40	0.007	7
3	20	60	0.01	10
4	20	80	0.011	11
5	20	100	0.014	14
6	20	120	0.019	19
7	20	140	0.02	20
8	20	160	0.018	18
9	20	180	0.019	19
10	20	200	0.024	24
11	20	220	0.024	24
12	20	240	0.026	26
13	20	260	0.027	27
14	20	280	0.029	29
15	20	300	0.029	29
16	20	320	0.029	29
17	20	340	0.032	32
18	20	360	0.032	32
19	20	380	0.033	33
20	20	400	0.035	35
21	20	420	0.038	38
22	20	440	0.041	41
23	20	460	0.044	44
24	20	480	0.044	44
25	20	500	0.049	49
26	20	520	0.053	53



Punto de muestreo			NAME 24	
Fecha			2/7/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			2:40 PM	
Hora de finalización			3:00 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
27	20	540	0.054	54
28	20	560	0.057	57
29	20	580	0.063	63
30	20	600	0.064	64
31	20	620	0.064	64
32	20	640	0.065	65
33	20	660	0.066	66
34	20	680	0.064	64
35	20	700	0.065	65
36	20	720	0.064	64
37	20	740	0.068	68
38	20	760	0.07	70
39	20	780	0.072	72
40	20	800	0.07	70
41	20	820	0.074	74
42	20	840	0.074	74
43	20	860	0.079	79
44	20	880	0.077	77
45	20	900	0.08	80
46	20	920	0.082	82
47	20	940	0.085	85
48	20	960	0.106	106
49	20	980	0.098	98
50	20	1000	0.103	103
51	20	1020	0.081	81
52	20	1040	0.08	80
53	20	1060	0.081	81

Punto de muestreo		NAME 24		
Fecha		2/7/2021		
Punto de Medicion		100		
Hora de inicio		2:40 PM		
Hora de finalización		3:00 PM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
54	20	1080	0.08	80
55	20	1100	0.083	83
56	20	1120	0.083	83
57	20	1140	0.083	83
58	20	1160	0.083	83
59	20	1180	0.082	82
60	20	1200	0.082	82

Tabla 103. Datos de concentración, punto de muestreo NAME 24.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 24.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 104

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 24	
Distancia desde el punto de inyección	100
Velocidad media	0.2666
Ancho de la sección	4
Caudal	0.064
Radio hidráulico	0.064

Tabla 104. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental.

**ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 24 - Método
Empírico**



Ux	0.2666
B	4
d	0.064
u*	0.0266
E	7.3480
+50%	11.0220
-50%	3.6740

Tabla 105. Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 24.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 3.6740-11.0220 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 20 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-5E-19t^6 + 2E-15t^5 - 3E-12t^4 + 2E-09t^3 - 8E-07t^2 + 0.0002t + 0.0003$
A	$-5E-19t^6$
B	$2E-15t^5$
C	$-3E-12t^4$
D	$2E-09t^3$
E	$-8E-07t^2$
F	$0.0002t$
G	0.0003

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 20 - Método H.Scott Fogler	
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.2666 m ² /seg.

Tabla 106 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 24.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

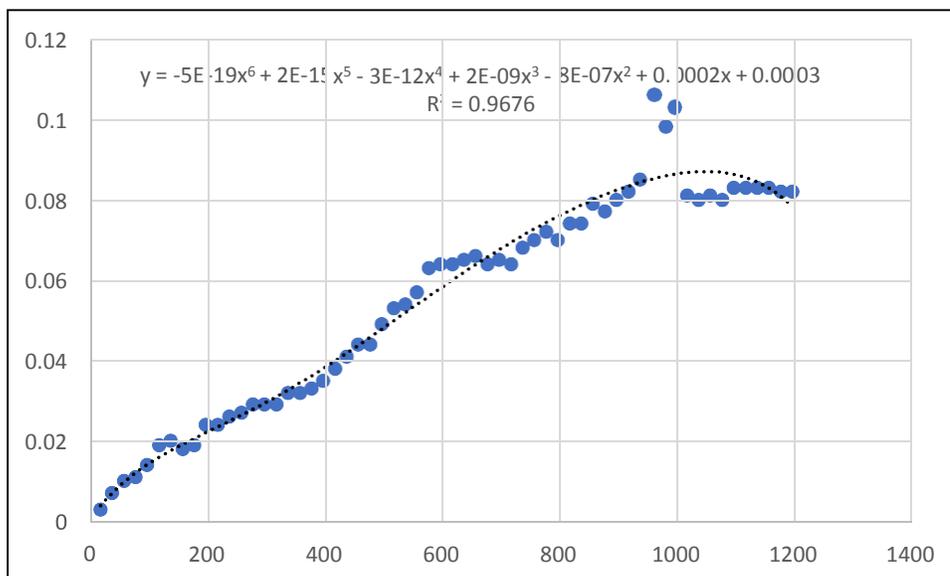


Figura31 Grafica de datos y regresión para NAME 24 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $0.2666 \text{ m}^2/\text{s}$, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer ($3.674 \text{ m}^2/\text{s}$), posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del Río Chaguíte, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante de dicho río se necesite una mayor distancia y una velocidad mayor a 0.266 m/s o, en su defecto un caudal mayor a $0.064 \text{ m}^3/\text{s}$.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Mariona
Fecha: 30/06/2021
Punto de monitoreo: Name 25
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Tomayate

NORT	WEST
13.76478333	-89.18262000

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por Calle antigua a Mariona a la altura del Distrito de Cuscatancingo, realizó el descenso por medio de la pendiente de tierra y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	5
Profundidad media (m)	0.08
Caudal (m ³ /seg)	0.025
Radio hidráulico (m)	0.0532



Muestras tomadas de agua	Calidad del agua
--------------------------	------------------

Punto de muestreo			NAME 25	
Fecha			30/06/2021	
Punto de Medicion			100 metros	
Hora de inicio			11:06 AM	
Hora de finalización			11:26 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.033	33
2	20	40	0.041	41
3	20	60	0.04	40
4	20	80	0.045	45
5	20	100	0.048	48
6	20	120	0.05	50
7	20	140	0.035	35
8	20	160	0.048	48
9	20	180	0.048	48
10	20	200	0.05	50
11	20	220	0.051	51
12	20	240	0.053	53
13	20	260	0.056	56
14	20	280	0.059	59
15	20	300	0.059	59
16	20	320	0.062	62
17	20	340	0.064	64
18	20	360	0.067	67
19	20	380	0.068	68
20	20	400	0.07	70
21	20	420	0.072	72
22	20	440	0.072	72
23	20	460	0.072	72



Punto de muestreo			NAME 25	
Fecha			30/06/2021	
Punto de Medicion			100 metros	
Hora de inicio			11:06 AM	
Hora de finalización			11:26 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
24	20	480	0.079	79
25	20	500	0.08	80
26	20	520	0.08	80
27	20	540	0.084	84
28	20	560	0.083	83
29	20	580	0.085	85
30	20	600	0.086	86
31	20	620	0.089	89
32	20	640	0.089	89
33	20	660	0.089	89
34	20	680	0.099	99
35	20	700	0.103	103
36	20	720	0.106	106
37	20	740	0.087	87
38	20	760	0.105	105
39	20	780	0.103	103
40	20	800	0.106	106
41	20	820	0.117	117
42	20	840	0.119	119
43	20	860	0.122	122
44	20	880	0.131	131
45	20	900	0.133	133
46	20	920	0.135	135
47	20	940	0.135	135
48	20	960	0.139	139
49	20	980	0.141	141
50	20	1000	0.147	147



Punto de muestreo		NAME 25		
Fecha		30/06/2021		
Punto de Medicion		100 metros		
Hora de inicio		11:06 AM		
Hora de finalización		11:26 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
51	20	1020	0.147	147
52	20	1040	0.15	150
53	20	1060	0.153	153
54	20	1080	0.149	149
55	20	1100	0.141	141
56	20	1120	0.141	141
57	20	1140	0.138	138
58	20	1160	0.141	141
59	20	1180	0.138	138
60	20	1200	0.149	149

Tabla 107 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 25.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 24.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la tabla 108.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 25	
Distancia desde el punto de inyección	100
Velocidad media	0.06
Ancho de la sección	5
Caudal	0.025
Radio hidráulico	0.0532

Tabla 108. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 25- Método Empírico	
Ux	0.06
B	5
d	0.0532
u*	0.006
E	3.1015
+50%	4.6522
-50%	1.5507

Tabla 109 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 25.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 1.5507-4.6522 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

Tabla 110 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 25.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 20 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$9E-19t^6 - 4E-15t^5 + 6E-12t^4 - 4E-09t^3 + 1E-06t^2 - 0.0001t + 0.0414$
A	$9E-19t^6$
B	$-4E-15t^5$
C	$6E-12t^4$
D	$-4E-09t^3$
E	$1E-06t^2$
F	$-0.0001t$
G	0.0414



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 20 - Método H.Scott Fogler	
$tm = \int_0^{\infty} tE(t)dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t)dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.075 m ² /seg.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

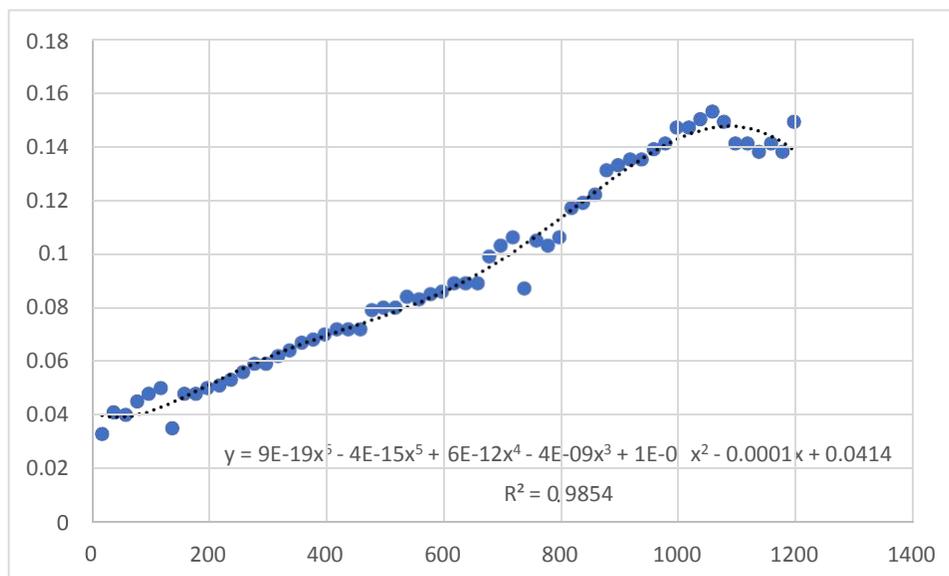


Figura 32 Grafica de datos y regresión para NAME 25 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $0.075 \text{ m}^2/\text{s}$, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer ($1.5507 \text{ m}^2/\text{s}$), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río Mariona, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho río se necesite una mayor distancia y una velocidad mayor a 0.06 m/s o, en su defecto un caudal mayor a $0.025 \text{ m}^3/\text{s}$.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: El Angel
Fecha: 28/06/2021
Punto de monitoreo: Name 26
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Tomayate

NORT	WEST
13.4801	-89.1213

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por la entrada de El Ingenio El Ángel, luego se caminó por quebrada y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	12
Profundidad media (m)	0.43
Caudal (m ³ /seg)	1.875
Radio hidráulico (m)	0.2862
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo			Name 26	
Fecha			28/06/2021	
Punto de Medicion			200	
Hora de inicio			10:23 AM	
Hora de finalización			10:43 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.073	73
2	20	40	0.072	72
3	20	60	0.072	72
4	20	80	0.071	71
5	20	100	0.072	72
6	20	120	0.072	72
7	20	140	0.069	69
8	20	160	0.08	80
9	20	180	0.08	80
10	20	200	0.08	80
11	20	220	0.08	80
12	20	240	0.078	78
13	20	260	0.078	78
14	20	280	0.078	78
15	20	300	0.078	78
16	20	320	0.101	101
17	20	340	0.066	66
18	20	360	0.035	35
19	20	380	0.033	33
20	20	400	0.033	33
21	20	420	0.033	33
22	20	440	0.033	33
23	20	460	0.033	33
24	20	480	0.033	33
25	20	500	0.04	40
26	20	520	0.04	40



Punto de muestreo			Name 26	
Fecha			28/06/2021	
Punto de Medicion			200	
Hora de inicio			10:23 AM	
Hora de finalización			10:43 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
27	20	540	0.04	40
28	20	560	0.04	40
29	20	580	0.043	43
30	20	600	0.043	43
31	20	620	0.03	30
32	20	640	0.03	30
33	20	660	0.026	26
34	20	680	0.028	28
35	20	700	0.025	25
36	20	720	0.025	25
37	20	740	0.02	20
38	20	760	0.02	20
39	20	780	0.018	18
40	20	800	0.018	18
41	20	820	0.015	15
42	20	840	0.015	15
43	20	860	0.013	13
44	20	880	0.013	13
45	20	900	0.013	13
46	20	920	0.01	10
47	20	940	0.01	10
48	20	960	0.01	10
49	20	980	0.008	8
50	20	1000	0.008	8
51	20	1020	0.008	8
52	20	1040	0.01	10
53	20	1060	0.005	5

Punto de muestreo		Name 26		
Fecha		28/06/2021		
Punto de Medicion		200		
Hora de inicio		10:23 AM		
Hora de finalización		10:43 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
54	20	1080	0.005	5
55	20	1100	0.005	5
56	20	1120	0	0
57	20	1140	0	0
58	20	1160	-0.002	-2
59	20	1180	-0.001	-1
60	20	1200	-0.001	-1

Tabla 111 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 26.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 26.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 112.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 26	
Distancia desde el punto de inyección	100
Velocidad media	0.3888
Ancho de la sección	12
Caudal	1.875
Radio hidráulico	0.2862

Tabla 112. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 26- Método Empírico



Ux	0.3888
B	12
d	0.2865
u*	0.0388
E	21.4956
+50%	32.2439
-50%	10.7479

Tabla 113 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 26

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 10.7479-32.2439 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 26 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-7E-21t^6 + 8E-16t^5 - 3E-12t^4 + 4E-09t^3 - 2E-06t^2 + 0.0004t + 0.0573$
A	$-7E-21t^6$
B	$8E-16t^5$
C	$-3E-12t^4$
D	$4E-09t^3$
E	$-2E-06t^2$
F	$0.0004t$
G	0.0573

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 26 - Método H.Scott Fogler	
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	1.1664 m ² /seg.

Tabla 114 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 26.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

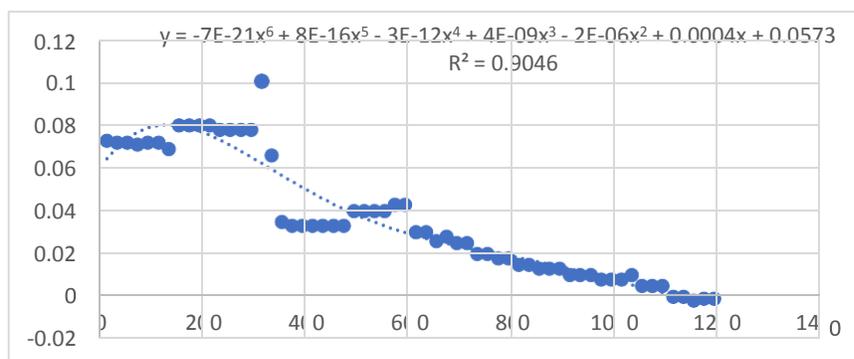




Figura 33 Grafica de datos y regresión para NAME 26 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $1.1664 \text{ m}^2/\text{s}$, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer ($10.7479 \text{ m}^2/\text{s}$), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río El Ángel, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho río se necesite una distancia mayor la determinación de coeficiente de dispersión y una velocidad mayor a 0.3888 m/s o, en su defecto un caudal mayor a $1.875 \text{ m}^3/\text{s}$.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: El Angel
Fecha: 28/06/2021
Punto de monitoreo: Name 27
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Tomayate

NORT	WEST
13.799120	-89.19818

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por la entrada de El Ingenio El Ángel, luego se caminó por quebrada y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	3.5
Profundidad media (m)	0.09
Caudal (m3/seg)	0.1097
Radio hidráulico (m)	0.0579



Muestras tomadas de agua	Calidad del agua
--------------------------	------------------

Punto de muestreo			Name 27	
Fecha			28/06/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			11:11 AM	
Hora de finalización			11:31 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0	0
2	20	40	0	0
3	20	60	-0.001	-1
4	20	80	0.001	1
5	20	100	0.007	7
6	20	120	0.012	12
7	20	140	0.019	19
8	20	160	0.026	26
9	20	180	0.029	29
10	20	200	0.075	75
11	20	220	0.079	79
12	20	240	0.081	81
13	20	260	0.086	86
14	20	280	0.092	92
15	20	300	0.097	97
16	20	320	0.102	102
17	20	340	0.107	107
18	20	360	0.108	108
19	20	380	0.111	111
20	20	400	0.096	96
21	20	420	0.094	94
22	20	440	0.096	96



Punto de muestreo			Name 27	
Fecha			28/06/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			11:11 AM	
Hora de finalización			11:31 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
23	20	460	0.1	100
24	20	480	0.102	102
25	20	500	0.102	102
26	20	520	0.106	106
27	20	540	0.106	106
28	20	560	0.107	107
29	20	580	0.109	109
30	20	600	0.109	109
31	20	620	0.109	109
32	20	640	0.112	112
33	20	660	0.111	111
34	20	680	0.112	112
35	20	700	0.113	113
36	20	720	0.113	113
37	20	740	0.113	113
38	20	760	0.114	114
39	20	780	0.115	115
40	20	800	0.116	116
41	20	820	0.12	120
42	20	840	0.12	120
43	20	860	0.12	120
44	20	880	0.12	120
45	20	900	0.12	120
46	20	920	0.124	124
47	20	940	0.124	124
48	20	960	0.129	129
49	20	980	0.129	129



Punto de muestreo			Name 27	
Fecha			28/06/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			11:11 AM	
Hora de finalización			11:31 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
50	20	1000	0.129	129
51	20	1020	0.129	129
52	20	1040	0.114	114
53	20	1060	0.134	134
54	20	1080	0.135	135
55	20	1100	0.131	131
56	20	1120	0.135	135
57	20	1140	0.134	134
58	20	1160	0.134	134
59	20	1180	0.087	87
60	20	1200	0.09	90

Tabla 115. .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 27.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 27.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 116.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 27	
Distancia desde el punto de inyección	100
Velocidad media	0.3428
Ancho de la sección	3.5
Caudal	0.1097
Radio hidráulico	0.0579

Tabla 116. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 27- Método Empírico	
U _x	0.3428
B	3.5
d	0.0579
u*	0.03428
E	7.9779
+50%	11.9669
-50%	3.9889

Tabla 117. Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 27.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 3.9889-11.9669 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 27 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$3E-18t^6 - 1E-14t^5 + 2E-11t^4 - 1E-08t^3 + 4E-06t^2 - 0.0001t - 0.0062$
A	$3E-18t^6$
B	$- 1E-14t^5$
C	$2E-11t^4$
D	$- 1E-08t^3$
E	$4E-06t^2$
F	$- 0.0001t$



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 27 - Método H.Scott Fogler	
G	- 0.0062
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.2999 m ² /seg.

Tabla 118 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 27

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

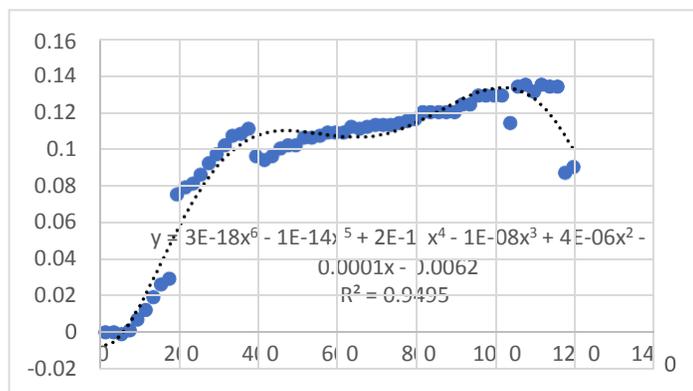


Figura 34. Gráfica de datos y regresión para NAME 27 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.2999 m²/s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (3.98899m²/s), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río El Ángel, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho río se necesite una distancia mayor la determinación de coeficiente de dispersión y una velocidad mayor a 0.3428m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.1097m³/s.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: El Angel
Fecha: 28/06/2021
Punto de monitoreo: Name 28
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Tomayate

NORT	WEST
13.805125	-89.1894750

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por carretera antigua a Nejapa a un costado del puente El Ángel, se realizó el descenso y caminata por quebrada y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	4
Profundidad media (m)	0.12
Caudal (m ³ /seg)	0.25
Radio hidráulico (m)	0.0822
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua

Tabla 119 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 28, 100 m.

Punto de muestreo			Name 28	
Fecha			28/06/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			2:05 PM	
Hora de finalización			2:25 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.004	4
2	20	40	0.015	15
3	20	60	0.018	18
4	20	80	0.031	31
5	20	100	0.04	40
6	20	120	0.046	46
7	20	140	0.037	37
8	20	160	0.068	68
9	20	180	0.079	79
10	20	200	0.089	89
11	20	220	0.101	101
12	20	240	0.099	99
13	20	260	0.111	111
14	20	280	0.119	119
15	20	300	0.128	128
16	20	320	-0.265	-265
17	20	340	0.147	147
18	20	360	0.158	158
19	20	380	0.172	172
20	20	400	0.174	174
21	20	420	0.183	183
22	20	440	0.19	190
23	20	460	0.196	196



Punto de muestreo			Name 28	
Fecha			28/06/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			2:05 PM	
Hora de finalización			2:25 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
24	20	480	0.204	204
25	20	500	0.21	210
26	20	520	0.216	216
27	20	540	0.221	221
28	20	560	0.224	224
29	20	580	0.234	234
30	20	600	0.239	239
31	20	620	0.244	244
32	20	640	0.247	247
33	20	660	0.294	294
34	20	680	0.299	299
35	20	700	0.304	304
36	20	720	0.306	306
37	20	740	0.309	309
38	20	760	0.315	315
39	20	780	0.317	317
40	20	800	0.321	321
41	20	820	0.323	323
42	20	840	0.326	326
43	20	860	0.326	326
44	20	880	0.333	333
45	20	900	0.333	333
46	20	920	0.332	332
47	20	940	0.333	333
48	20	960	0.307	307
49	20	980	0.318	318
50	20	1000	0.301	301



Punto de muestreo		Name 28		
Fecha		28/06/2021		
Punto de Medicion		100		
Hora de inicio		2:05 PM		
Hora de finalización		2:25 PM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
51	20	1020	0.301	301
52	20	1040	0.304	304
53	20	1060	0.304	304
54	20	1080	0.304	304
55	20	1100	0.304	304
56	20	1120	0.309	309
57	20	1140	0.313	313
58	20	1160	0.315	315
59	20	1180	0.315	315
60	20	1200	0.321	321

Punto de muestreo		Name 28		
Fecha		28/06/2021		
Punto de Medicion		200 metros		
Hora de inicio		2:37 PM		
Hora de finalización		2:57 PM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.389	389
2	20	40	0.389	389
3	20	60	0.389	389
4	20	80	0.389	389
5	20	100	0.39	390
6	20	120	0.389	389
7	20	140	0.389	389
8	20	160	0.39	390



Punto de muestreo			Name 28	
Fecha			28/06/2021	
Punto de Medicion			200 metros	
Hora de inicio			2:37 PM	
Hora de finalización			2:57 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
9	20	180	0.39	390
10	20	200	0.39	390
11	20	220	0.39	390
12	20	240	0.4	400
13	20	260	0.4	400
14	20	280	0.395	395
15	20	300	0.394	394
16	20	320	0.394	394
17	20	340	0.394	394
18	20	360	0.394	394
19	20	380	0.394	394
20	20	400	0.394	394
21	20	420	0.417	417
22	20	440	0.416	416
23	20	460	0.416	416
24	20	480	0.416	416
25	20	500	0.416	416
26	20	520	0.412	412
27	20	540	0.412	412
28	20	560	0.412	412
29	20	580	0.415	415
30	20	600	0.416	416
31	20	620	0.416	416
32	20	640	0.418	418
33	20	660	0.412	412
34	20	680	0.412	412
35	20	700	0.412	412



Punto de muestreo		Name 28		
Fecha		28/06/2021		
Punto de Medicion		200 metros		
Hora de inicio		2:37 PM		
Hora de finalización		2:57 PM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
36	20	720	0.414	414
37	20	740	0.414	414
38	20	760	0.432	432
39	20	780	0.41	410
40	20	800	0.409	409
41	20	820	0.411	411
42	20	840	0.415	415
43	20	860	0.415	415
44	20	880	0.415	415
45	20	900	0.415	415
46	20	920	0.42	420
47	20	940	0.42	420
48	20	960	0.42	420
49	20	980	0.425	425
50	20	1000	0.425	425
51	20	1020	0.427	427
52	20	1040	0.425	425
53	20	1060	0.427	427
54	20	1080	0.428	428
55	20	1100	0.431	431
56	20	1120	0.428	428
57	20	1140	0.429	429
58	20	1160	0.443	443
59	20	1180	0.444	444
60	20	1200	0.444	444

Tabla 120 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 28, 200 m.



PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 28.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 121.

Tabla 121. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 28	
Distancia desde el punto de inyección	100-200
Velocidad media	0.4312
Ancho de la sección	4
Caudal	0.25
Radio hidráulico	0.0822

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 28- Método Empírico	
Ux	0.4312
B	4
d	0.0822
u*	0.04312
E	9.2325
+50%	13.8487
-50%	4.6162

Tabla 122 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 28.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 4.6162-13.8487 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 28- Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-4E-18t^6 + 2E-14t^5 - 3E-11t^4 + 2E-08t^3 - 7E-06t^2 + 0.0011t - 0.0216$
A	$-4E-18t^6$
B	$2E-14t^5$
C	$-3E-11t^4$
D	$2E-08t^3$
E	$-7E-06t^2$
F	$0.0011t$
G	-0.0216
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg

ESTUDIO EXPERIMENTAL – NAME 28– Método H.Scott Fogler	
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.4312 m ² /seg.

Tabla 123 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 28, 100 m.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

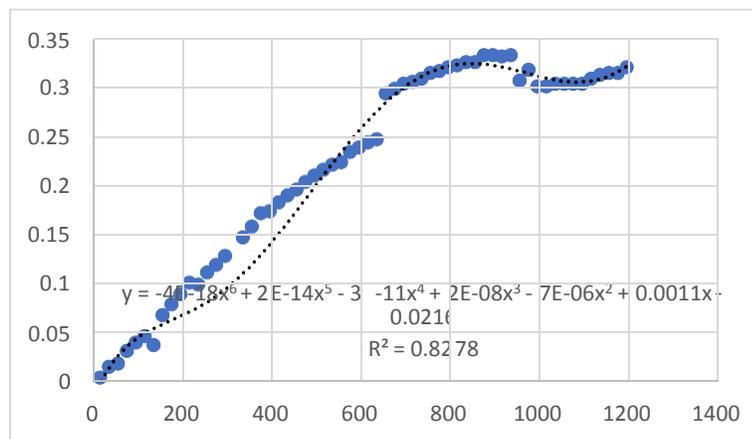


Figura 35 Grafica de datos y regresión para NAME 28, 100 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.4312 m²/s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (4.6162m²/s), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río El Ángel, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho río se necesite una distancia mayor la determinación de coeficiente de dispersión y una velocidad mayor a 0.4312m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.25 m³/s.

ESTUDIO EXPERIMENTAL – NAME 28– Método H.Scott Fogler	
C(t)	-1E-18t ⁶ + 3E-15t ⁵ - 4E-12t ⁴ + 2E-09t ³ - 1E-07t ² - 1E-05t + 0.3901
A	-1E-18t ⁶

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 28- Método H.Scott Fogler	
B	3E-15t ⁵
C	- 4E-12t ⁴
D	2E-09t ³
E	- 1E-07t ²
F	1E-05t
G	0.3901
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.4312 m ² /seg.

Tabla 124 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 28, 200 m.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

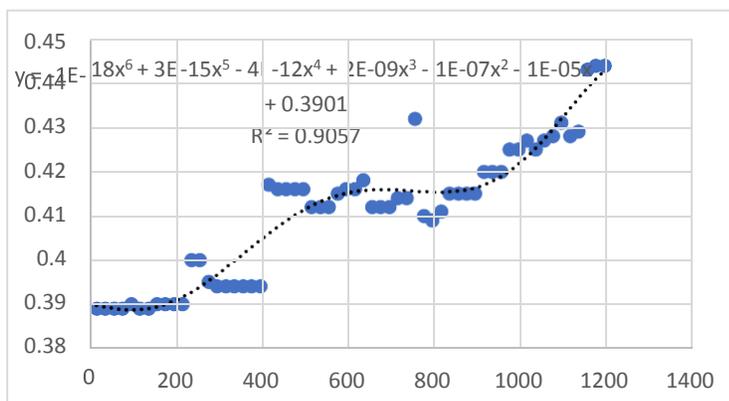


Figura 36 Grafica de datos y regresión para NAME 28, 200 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 0.4312 m²/s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 200 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en la quebrada o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Tomayate
Fecha: 25/06/2021
Punto de monitoreo: Name 29
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Tomayate

NORT	WEST
13.817339	-89.190711

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso sobre el costado del Cementerio de Apopapo, , se realizó el descenso y caminata por quebrada, terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	14
Profundidad media (m)	0.44
Caudal (m3/seg)	2.75
Radio hidráulico (m)	0.2922
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo			Name 29	
Fecha			25/06/2021	
Punto de medicion			100	
Hora de inicio			9.30 AM	
Hora de finalización			10.15 am	
Tiempo Total (hr)			0.7444444444	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
1	40	40	0.028	28
2	40	80	0.05	50
3	40	120	0.06	60
4	40	160	0.071	71
5	40	200	0.115	115
6	40	240	0.138	138
7	40	280	0.154	154
8	40	320	0.191	191
9	40	360	0.207	207
10	40	400	0.231	231
11	40	440	0.243	243
12	40	480	0.25	250
13	40	520	0.259	259
14	40	560	0.27	270
15	40	600	0.272	272
16	40	640	0.279	279
17	40	680	0.283	283
18	40	720	0.289	289
19	40	760	0.291	291
20	40	800	0.295	295
21	40	840	0.297	297
22	40	880	0.301	301
23	40	920	0.366	366
24	40	960	0.369	369
25	40	1000	0.371	371

Punto de muestreo			Name 29	
Fecha			25/06/2021	
Punto de medicion			100	
Hora de inicio			9.30 AM	
Hora de finalización			10.15 am	
Tiempo Total (hr)			0.7444444444	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
26	40	1040	0.375	375
27	40	1080	0.376	376
28	40	1120	0.375	375
29	40	1160	0.375	375
30	40	1200	0.377	377
31	40	1240	0.381	381
32	40	1280	0.381	381
33	40	1320	0.381	381
34	40	1360	0.399	399
35	40	1400	0.399	399
36	40	1440	0.408	408
37	40	1480	0.406	406
38	40	1520	0.406	406
39	40	1560	0.406	406
40	40	1600	0.406	406
41	40	1640	0.408	408
42	40	1680	0.405	405
43	40	1720	0.405	405
44	40	1760	0.405	405
45	40	1800	0.408	408
46	40	1840	0.408	408
47	40	1880	0.408	408
48	40	1920	0.415	415
49	40	1960	0.415	415
50	40	2000	0.415	415
51	40	2040	0.416	416



Punto de muestreo			Name 29	
Fecha			25/06/2021	
Punto de medicion			100	
Hora de inicio			9.30 AM	
Hora de finalización			10.15 am	
Tiempo Total (hr)			0.7444444444	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
52	40	2080	0.413	413
53	40	2120	0.41	410
54	40	2160	0.408	408
55	40	2200	0.413	413
56	40	2240	0.433	433
57	40	2280	0.448	448
58	40	2320	0.43	430
59	40	2360	0.441	441
60	40	2400	0.458	458
61	40	2440	0.481	481
62	40	2480	0.481	481
63	40	2520	0.493	493
64	40	2560	0.508	508
65	40	2600	0.488	488
66	40	2640	0.488	488
67	40	2680	0.488	488

Tabla 125 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 29, 100 m



Punto de muestreo			Name 29	
Fecha			25/06/2021	
Punto de Medicion			200	
Hora de inicio			10.20 AM	
Hora de finalización			10.37 AM	
Tiempo Total (hr)			0.275	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	30	30	0.558	558
2	30	60	0.542	542
3	30	90	0.053	53
4	30	120	0.38	380
5	30	150	0.389	389
6	30	180	0.403	403
7	30	210	0.415	415
8	30	240	0.428	428
9	30	270	0.443	443
10	30	300	0.47	470
11	30	330	0.466	466
12	30	360	0.487	487
13	30	390	0.494	494
14	30	420	0.507	507
15	30	450	0.528	528
16	30	480	0.531	531
17	30	510	0.525	525
18	30	540	0.538	538
19	30	570	0.545	545
20	30	600	0.546	546
21	30	630	0.548	548
22	30	660	0.553	553
23	30	690	0.559	559
24	30	720	0.563	563
25	30	750	0.648	648
26	30	780	0.658	658



Punto de muestreo			Name 29	
Fecha			25/06/2021	
Punto de Medicion			200	
Hora de inicio			10.20 AM	
Hora de finalización			10.37 AM	
Tiempo Total (hr)			0.275	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
27	30	810	0.658	658
28	30	840	0.66	660
29	30	870	0.529	529
30	30	900	0.522	522
31	30	930	0.522	522
32	30	960	0.524	524
33	30	990	0.526	526

Tabla 126 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 29, 200 m.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 28.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 127

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 29	
Distancia desde el punto de inyección	100-200
Velocidad media	0.5222
Ancho de la sección	14
Caudal	2.75
Radio hidráulico	0.2922

Tabla 127. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 29- Método Empírico

U _x	0.5222
B	14
d	0.2922
u*	0.05222
E	38.5453
+50%	57.8179
-50%	19.2726

Tabla 128 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 29

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 19.2726-57.8179 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 29- Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-6E-20t^6 + 5E-16t^5 - 1E-12t^4 + 2E-09t^3 - 2E-06t^2 + 0.0011t - 0.036$
A	$-6E-20t^6$
B	$5E-16t^5$
C	$-1E-12t^4$
D	$2E-09t^3$
E	$-2E-06t^2$
F	$0.0011t$
G	-0.036



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 29- Método H.Scott Fogler	
$tm = \int_0^{\infty} tE(t)dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t)dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	1.8277 m ² /seg.

Tabla 129 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 29, 100 m.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

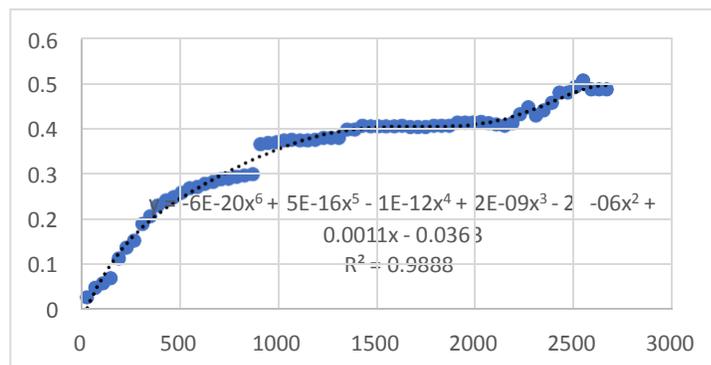


Figura 37. Grafica de datos y regresión para NAME 29, 100 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 1.8277 m²/s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (19.2726m²/s), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del rio Tomayate, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho rio se necesite una distancia mayor la determinación de coeficiente de dispersión y una velocidad mayor a 0.5222m/s o, en su defecto un caudal mayor a 2.75m³/s.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 29- Método H.Scott Fogler	
C(t)	1E-16t ⁶ - 4E-13t ⁵ + 5E-10t ⁴ - 3E-07t ³ + 9E-05t ² - 0.0119t + 0.8475
A	1E-16t ⁶
B	- 4E-13t ⁵
C	5E-10t ⁴
D	- 3E-07t ³
E	9E-05t ²
F	- 0.0119t
G	0.8475
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4



ESTUDIO EXPERIMENTAL – NAME 29– Método H.Scott Fogler	
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	1.8277m ² /seg.

Tabla 130 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 29, 200 m.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

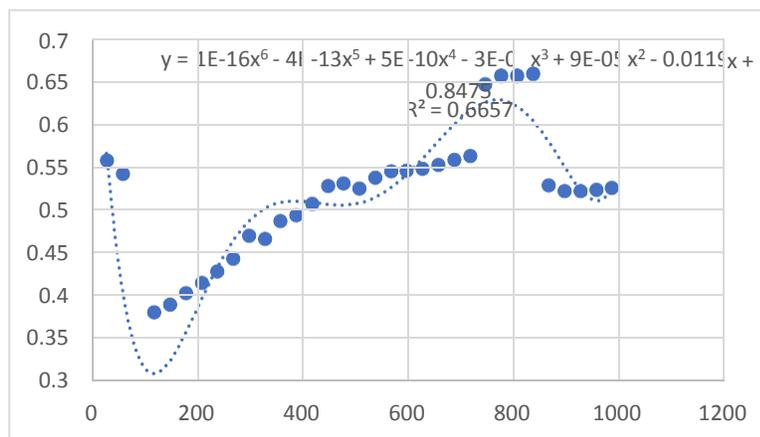


Figura 38 Grafica de datos y regresión para NAME 29, 200 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 1.8277m²/s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 200 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en la quebrada o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Acelhuate
Fecha: 25/06/2021
Punto de monitoreo: Name 30
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Tomayate

NORT	WEST
13.192103	-89.192105

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
<p>Se acceso sobre el costado del Cementerio de Apopapo, se realizó el descenso y caminata por quebrada, terreno accidentado hasta llegar a la quebrada.</p> <p>No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.</p> <p>Los valores de Velocidad Promedio, Radio Hidráulico y Profundidad Promedio no pudieron ser calculados debido a la falta de valores parciales, el valor de D_a no pudo ser calculado por ningún método.</p>
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	-
Profundidad media (m)	-
Caudal (m ³ /seg)	-



Radio hidráulico (m)	-
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Acelhuate
 Fecha: 25/06/2021
 Punto de monitoreo: Name 31
 Cuenca: Lempa
 Sub. Cuenca: Acelhuate

NORT	WEST
13.818102	-89.190127

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
<p>Se acceso por medio del Rio Tomayate, realizó caminata hasta llegar a la quebrada.</p> <p>No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.</p>
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	15
Profundidad media (m)	0.55
Caudal (m3/seg)	2.1725



Radio hidráulico (m)	0.3626
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua

Punto de muestreo			Name 31	
Fecha			25/06/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			11.37 AM	
Hora de finalización			11.50 AM	
Tiempo Total (hr)			0.216666667	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	30	30	0.047	47
2	30	60	0.04	40
3	30	90	0.026	26
4	30	120	0.036	36
5	30	150	0.052	52
6	30	180	0.018	18
7	30	210	0.04	40
8	30	240	0.078	78
9	30	270	0.106	106
10	30	300	0.122	122
11	30	330	0.167	167
12	30	360	0.19	190
13	30	390	0.21	210
14	30	420	0.232	232
15	30	450	0.246	246
16	30	480	0.265	265
17	30	510	0.28	280
18	30	540	0.28	280
19	30	570	0.296	296
20	30	600	0.302	302
21	30	630	0.313	313
22	30	660	0.307	307



Punto de muestreo			Name 31	
Fecha			25/06/2021	
Punto de medicion (m)			100	
Hora de inicio			11.37 AM	
Hora de finalización			11.50 AM	
Tiempo Total (hr)			0.216666667	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
23	30	690	0.313	313
24	30	720	0.337	337
25	30	750	0.344	344
26	30	780	0.352	352

Tabla 131 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 31, 100 m.

Punto de muestreo			Name 31	
Fecha			25/06/2021	
Punto de Medicion			200	
Hora de inicio			11.52 AM	
Hora de finalización			12.07 pm	
Tiempo Total (hr)			14.5	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
1	30	30	0.681	681
2	30	60	0.47	470
3	30	90	0.49	490
4	30	120	0.486	486
5	30	150	0.486	486
6	30	180	0.486	486
7	30	210	0.496	496
8	30	240	0.471	471
9	30	270	0.51	510
10	30	300	0.53	530
11	30	330	0.534	534
12	30	360	0.594	594

13	30	390	0.587	587
14	30	420	0.582	582
15	30	450	0.586	586
16	30	480	0.591	591
17	30	510	0.6	600
18	30	540	0.57	570
19	30	570	0.555	555
20	30	600	0.677	677
21	30	630	0.685	685
22	30	660	0.643	643
23	30	690	0.64	640
24	30	720	0.65	650
25	30	750	0.652	652
26	30	780	0.655	655
27	30	810	0.656	656
28	30	840	0.61	610
29	30	870	0.603	603

Tabla 132 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 31, 200 m

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 31.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 133

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 31	
Distancia desde el punto de inyección	100-200
Velocidad media	0.3222
Ancho de la sección	15
Caudal	2.1725
Radio hidráulico	0.3626

Tabla 133. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 31- Método Empírico	
Ux	0.3222
B	15
d	0.3626
u*	0.03222
E	21.9924
+50%	32.9886
-50%	10.9962

Tabla 134 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 31.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 10.9962-32.9886 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 31 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-8E-17t^6 + 2E-13t^5 - 2E-10t^4 + 8E-08t^3 - 1E-05t^2 + 0.0004t + 0.0416$
A	$-8E-17t^6$
B	$2E-13t^5$
C	$- 2E-10t^4$
D	$8E-08t^3$
E	$- 1E-05t^2$
F	$0.0004t$
G	0.0416

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 31 - Método H.Scott Fogler	
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	1.2075 m ² /seg.

Tabla 135 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 31.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

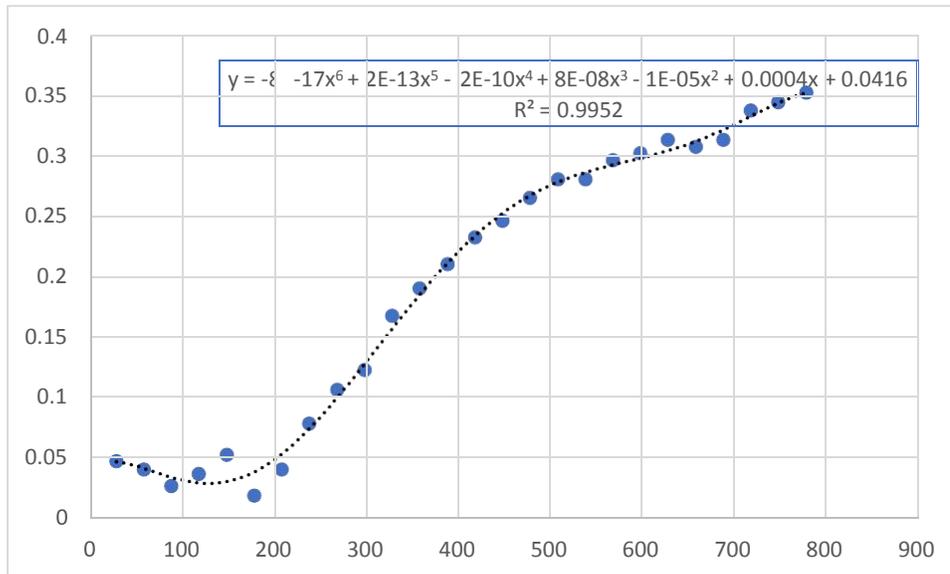


Figura 39 Grafica de datos y regresión para NAME 31 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 1.2075 m²/s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (10.9962m²/s), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río Acelhuate, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho río se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango esperado, una velocidad mayor a 0.3222m/s o, en su defecto un caudal mayor a 1.2075 m³/s.

Tabla 136 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 31.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 31 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	7E-17t ⁶ - 2E-13t ⁵ + 3E-10t ⁴ - 2E-07t ³ + 5E-05t ² - 0.0074t + 0.8252
A	7E-17t ⁶
B	- 2E-13t ⁵
C	3E-10t ⁴
D	- 2E-07t ³

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 31 - Método H.Scott Fogler	
E	5E-05t ²
F	- 0.0074t
G	0.8252
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	1.2075m ² /seg.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

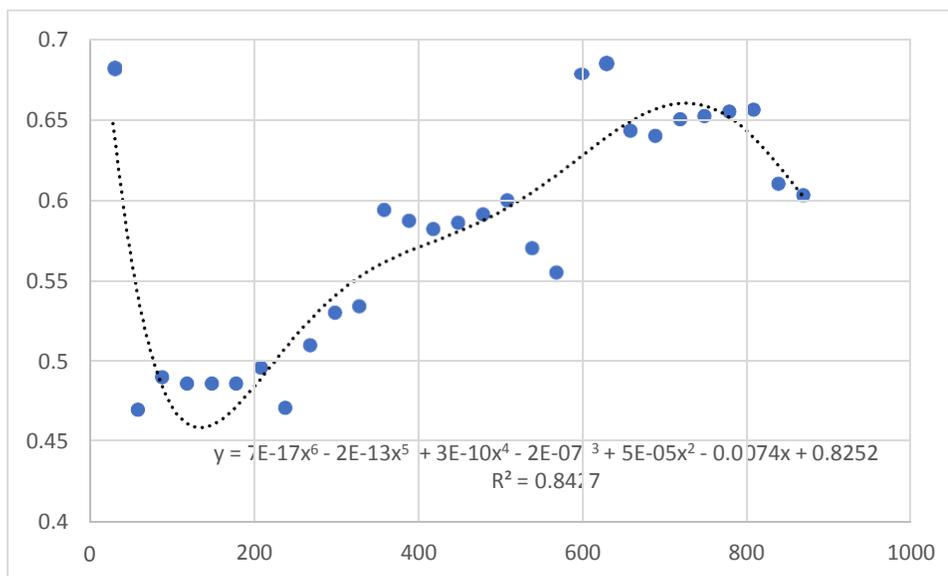


Figura 40 Grafica de datos y regresión para NAME 31, 200 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 1.2075 m²/s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 200 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en la quebrada o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: tomayate
Fecha: 01/07/2021
Punto de monitoreo: Name 32
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate

NORT	WEST
13.78465466	-89.17634113

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por Urbanización Majucla a la altura de la Ruta 6, realizó el descenso por medio de la pendiente de tierra y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	12
Profundidad media (m)	0.42
Caudal (m ³ /seg)	0.9525
Radio hidráulico (m)	0.2807
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Tabla 137 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 32, 100 m.

Punto de muestreo			NAME 32	
Fecha			30/06/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			10:11 AM	
Hora de finalización			10:31 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.038	38
2	20	40	0.068	68
3	20	60	0.108	108
4	20	80	0.134	134
5	20	100	0.131	131
6	20	120	0.186	186
7	20	140	-0.464	-464
8	20	160	-0.634	-634
9	20	180	-0.706	-706
10	20	200	-0.737	-737
11	20	220	-0.754	-754
12	20	240	-0.768	-768
13	20	260	-0.774	-774
14	20	280	-0.772	-772
15	20	300	-0.77	-770
16	20	320	-0.767	-767
17	20	340	-0.747	-747
18	20	360	-0.732	-732
19	20	380	-0.709	-709
20	20	400	-0.688	-688
21	20	420	-0.707	-707
22	20	440	-0.691	-691
23	20	460	-0.674	-674



Punto de muestreo			NAME 32	
Fecha			30/06/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			10:11 AM	
Hora de finalización			10:31 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
24	20	480	-0.659	-659
25	20	500	-0.634	-634
26	20	520	-0.624	-624
27	20	540	-0.612	-612
28	20	560	-0.601	-601
29	20	580	-0.59	-590
30	20	600	-0.582	-582
31	20	620	-0.57	-570
32	20	640	-0.563	-563
33	20	660	-0.551	-551
34	20	680	-0.54	-540
35	20	700	-0.507	-507
36	20	720	-0.496	-496
37	20	740	-0.486	-486
38	20	760	-0.471	-471
39	20	780	-0.46	-460
40	20	800	-0.452	-452
41	20	820	-0.422	-422
42	20	840	-0.408	-408
43	20	860	-0.398	-398
44	20	880	-0.388	-388
45	20	900	-0.383	-383
46	20	920	-0.372	-372
47	20	940	-0.373	-373
48	20	960	-0.361	-361
49	20	980	-0.358	-358
50	20	1000	-0.342	-342



Punto de muestreo		NAME 32		
Fecha		30/06/2021		
Punto de Medicion		100		
Hora de inicio		10:11 AM		
Hora de finalización		10:31 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
51	20	1020	-0.33	-330
52	20	1040	-0.314	-314
53	20	1060	-0.297	-297
54	20	1080	-0.284	-284
55	20	1100	-0.279	-279
56	20	1120	-0.271	-271
57	20	1140	-0.264	-264
58	20	1160	-0.254	-254
59	20	1180	-0.248	-248
60	20	1200	-0.239	-239

Tabla 138 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 32, 200 m.

Punto de muestreo		NAME 32		
Fecha		30/06/2021		
Punto de Medicion		200		
Hora de inicio		10:40 AM		
Hora de finalización		11:00 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.397	397
2	20	40	0.401	401
3	20	60	0.404	404
4	20	80	0.407	407
5	20	100	0.41	410



Punto de muestreo		NAME 32		
Fecha		30/06/2021		
Punto de Medicion		200		
Hora de inicio		10:40 AM		
Hora de finalización		11:00 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
6	20	120	0.408	408
7	20	140	0.401	401
8	20	160	0.396	396
9	20	180	0.365	365
10	20	200	0.308	308
11	20	220	0.252	252
12	20	240	0.198	198
13	20	260	0.152	152
14	20	280	0.126	126
15	20	300	0.101	101
16	20	320	0.078	78
17	20	340	0.066	66
18	20	360	0.064	64
19	20	380	0.06	60
20	20	400	0.056	56
21	20	420	0.051	51
22	20	440	0.054	54
23	20	460	0.054	54
24	20	480	0.059	59
25	20	500	0.064	64
26	20	520	0.072	72
27	20	540	0.081	81
28	20	560	0.086	86
29	20	580	0.104	104
30	20	600	0.111	111
31	20	620	0.121	121
32	20	640	0.125	125



Punto de muestreo			NAME 32	
Fecha			30/06/2021	
Punto de Medicion			200	
Hora de inicio			10:40 AM	
Hora de finalización			11:00 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
33	20	660	0.128	128
34	20	680	0.136	136
35	20	700	0.161	161
36	20	720	0.166	166
37	20	740	0.139	139
38	20	760	0.148	148
39	20	780	0.15	150
40	20	800	0.16	160
41	20	820	0.178	178
42	20	840	0.186	186
43	20	860	0.209	209
44	20	880	0.217	217
45	20	900	0.225	225
46	20	920	0.216	216
47	20	940	0.216	216
48	20	960	0.216	216
49	20	980	0.216	216
50	20	1000	0.216	216
51	20	1020	-0.675	-675
52	20	1040	0.226	226
53	20	1060	0.226	226
54	20	1080	0.23	230
55	20	1100	0.231	231
56	20	1120	0.208	208
57	20	1140	0.208	208
58	20	1160	0.219	219
59	20	1180	0.219	219

Punto de muestreo		NAME 32		
Fecha		30/06/2021		
Punto de Medicion		200		
Hora de inicio		10:40 AM		
Hora de finalización		11:00 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
60	20	1200	0.216	216

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 32.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla139.

Tabla 139. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 32	
Distancia desde el punto de inyección	100-200
Velocidad media	0.3722
Ancho de la sección	12
Caudal	0.9525
Radio hidráulico	0.2807

Tabla 140 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 32.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 32- Método Empírico	
Ux	0.3722
B	12
d	0.2807
u*	0.03722
E	21.0033



+50%	31.5050
-50%	10.5016

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión $10.5016-31.5050 \text{ m}^2/\text{s}$, tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 32 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$4E-17t^6 + 2E-13t^5 - 2E-10t^4 + 1E-07t^3 - 2E-05t^2 - 0.0031t + 0.2982$
A	$4E-17t^6$
B	$2E-13t^5$
C	$- 2E-10t^4$
D	$1E-07t^3$
E	$- 2E-05t^2$
F	$- 0.0031t$
G	0.2982
$tm = \int_0^{\infty} tE(t)dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t)dt$	0 Seg ²

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 32 - Método H.Scott Fogler	
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	1.1166 m ² /seg.

Tabla 141 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 32, 100 m.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

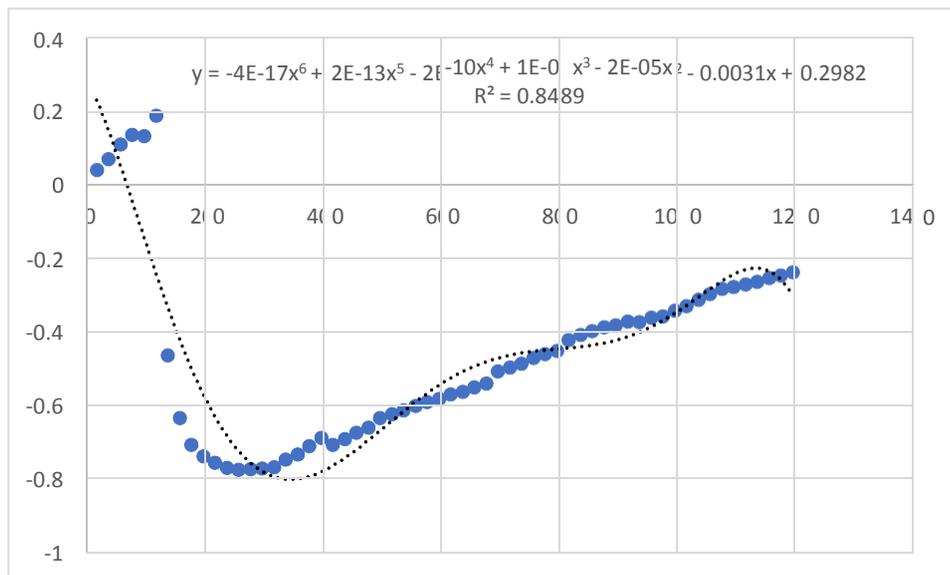


Figura 41 Grafica de datos y regresión para NAME 32 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 1.1166 m²/s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (10.506m²/s), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun



no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río Acelhuate, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho río se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango esperado, una velocidad mayor a 0.3722m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.9525 m³/s..

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 31 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$2E-17t^6 + 8E-14xt^5 - 1E-10t^4 + 1E-07t^3 - 4E-05t^2 + 0.0041t + 0.2968$
A	$2E-17t^6$
B	$8E-14xt^5$
C	$- 1E-10t^4$
D	$1E-07t^3$
E	$- 4E-05t^2$
F	$0.0041t$
G	0.2968
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 31 - Método H.Scott Fogler	
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	1.1166 m ² /seg.

Tabla 142 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 32, 200m.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

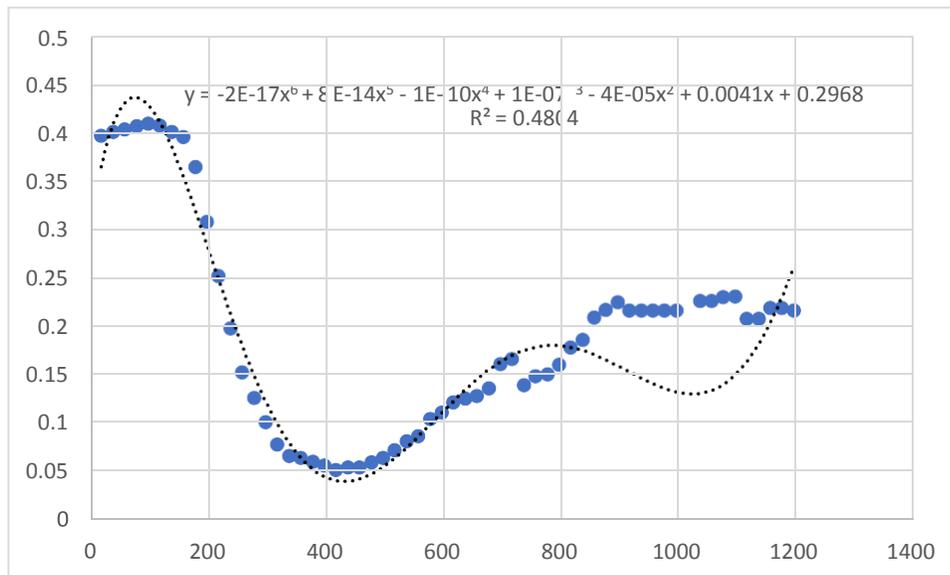


Figura 42 Grafica de datos y regresión para NAME 32, 200 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 1.1166 m²/s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 200 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en la quebrada o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Mariona
Fecha: 30/06/2021
Punto de monitoreo: Name 33
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Tomayate

NORT	WEST
13.78466000	-89.37786500

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por Urbanización Majucla a la altura de la Ruta 6, realizó el descenso por medio de la pendiente de tierra y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	6.5
Profundidad media (m)	0.14
Caudal (m ³ /seg)	0.38
Radio hidráulico (m)	0.09511



Muestras tomadas de agua	Calidad del agua
--------------------------	------------------

Punto de muestreo			NAME 33	
Fecha			30/06/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			9:03 AM	
Hora de finalización			9:23 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
1	20	20	0.002	2
2	20	40	0.005	5
3	20	60	0.005	5
4	20	80	0.008	8
5	20	100	0.008	8
6	20	120	0.015	15
7	20	140	0.015	15
8	20	160	0.019	19
9	20	180	0.03	30
10	20	200	0.041	41
11	20	220	0.056	56
12	20	240	0.073	73
13	20	260	0.098	98
14	20	280	0.124	124
15	20	300	0.118	118
16	20	320	0.152	152
17	20	340	0.178	178
18	20	360	0.149	149
19	20	380	0.192	192
20	20	400	0.201	201
21	20	420	0.215	215
22	20	440	0.232	232



Punto de muestreo			NAME 33	
Fecha			30/06/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			9:03 AM	
Hora de finalización			9:23 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
23	20	460	0.248	248
24	20	480	0.297	297
25	20	500	0.328	328
26	20	520	0.332	332
27	20	540	0.343	343
28	20	560	0.378	378
29	20	580	0.393	393
30	20	600	0.402	402
31	20	620	0.411	411
32	20	640	0.328	328
33	20	660	0.337	337
34	20	680	0.345	345
35	20	700	0.35	350
36	20	720	0.37	370
37	20	740	0.381	381
38	20	760	0.384	384
39	20	780	0.404	404
40	20	800	0.415	415
41	20	820	0.43	430
42	20	840	0.465	465
43	20	860	0.474	474
44	20	880	0.491	491
45	20	900	0.513	513
46	20	920	0.528	528
47	20	940	0.541	541
48	20	960	0.555	555
49	20	980	0.572	572
50	20	1000	0.586	586



Punto de muestreo		NAME 33		
Fecha		30/06/2021		
Punto de Medicion		100		
Hora de inicio		9:03 AM		
Hora de finalización		9:23 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
51	20	1020	0.6	600
52	20	1040	0.58	580
53	20	1060	0.599	599
54	20	1080	0.608	608
55	20	1100	0.623	623
56	20	1120	0.636	636
57	20	1140	0.648	648
58	20	1160	0.66	660
59	20	1180	0.665	665
60	20	1200	0.674	674

Tabla 143 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 33, 100 m.

Punto de muestreo		NAME 33		
Fecha		30/06/2021		
Punto de Medicion		200		
Hora de inicio		9:30 AM		
Hora de finalización		9:50 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.88	880
2	20	40	0.848	848
3	20	60	0.85	850
4	20	80	0.862	862
5	20	100	0.87	870
6	20	120	0.884	884
7	20	140	0.9	900
8	20	160	0.926	926



Punto de muestreo			NAME 33	
Fecha			30/06/2021	
Punto de Medicion			200	
Hora de inicio			9:30 AM	
Hora de finalización			9:50 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
9	20	180	0.944	944
10	20	200	0.962	962
11	20	220	0.972	972
12	20	240	0.98	980
13	20	260	0.986	986
14	20	280	0.995	995
15	20	300	1.005	1005
16	20	320	1.01	1010
17	20	340	1.012	1012
18	20	360	1.01	1010
19	20	380	1.006	1006
20	20	400	1.006	1006
21	20	420	1.006	1006
22	20	440	1.005	1005
23	20	460	1.005	1005
24	20	480	1.024	1024
25	20	500	1.039	1039
26	20	520	1.044	1044
27	20	540	1.046	1046
28	20	560	1.046	1046
29	20	580	1.045	1045
30	20	600	1.035	1035
31	20	620	1.045	1045
32	20	640	1.04	1040
33	20	660	1.05	1050
34	20	680	1.05	1050
35	20	700	1.055	1055
36	20	720	1.076	1076



Punto de muestreo			NAME 33	
Fecha			30/06/2021	
Punto de Medicion			200	
Hora de inicio			9:30 AM	
Hora de finalización			9:50 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
37	20	740	1.078	1078
38	20	760	1.084	1084
39	20	780	1.091	1091
40	20	800	1.106	1106
41	20	820	1.044	1044
42	20	840	1.05	1050
43	20	860	1.055	1055
44	20	880	1.056	1056
45	20	900	1.057	1057
46	20	920	1.057	1057
47	20	940	1.057	1057
48	20	960	1.063	1063
49	20	980	1.065	1065
50	20	1000	1.062	1062
51	20	1020	1.062	1062
52	20	1040	1.063	1063
53	20	1060	1.063	1063
54	20	1080	1.062	1062
55	20	1100	1.063	1063
56	20	1120	1.063	1063
57	20	1140	1.069	1069
58	20	1160	1.078	1078
59	20	1180	1.076	1076
60	20	1200	1.074	1074

Tabla 144 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 33, 200 m.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 33.



Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 145

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 33	
Distancia desde el punto de inyección	100-200
Velocidad media	0.3857
Ancho de la sección	6.5
Caudal	0.38
Radio hidráulico	0.09511

Tabla 145. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 33- Método Empírico	
Ux	0.3857
B	6.5
d	0.09511
u*	0.03857
E	19.6766
+50%	29.5149
-50%	9.8383

Tabla146 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 33

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión $9.8383-29.5149 \text{ m}^2/\text{seg.}$, tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 33- Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-4E-18t^6 + 9E-15t^5 - 2E-12t^4 - 8E-09t^3 + 6E-06t^2 - 0.0009t + 0.0341$
A	$-4E-18t^6$
B	$9E-15t^5$
C	$-2E-12t^4$
D	$-8E-09t^3$
E	$6E-06t^2$
F	$-0.0009t$
G	0.0341
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg



ESTUDIO EXPERIMENTAL – NAME 33– Método H.Scott Fogler	
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.6267 m ² /seg.

Tabla 147 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 33, 100 m.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

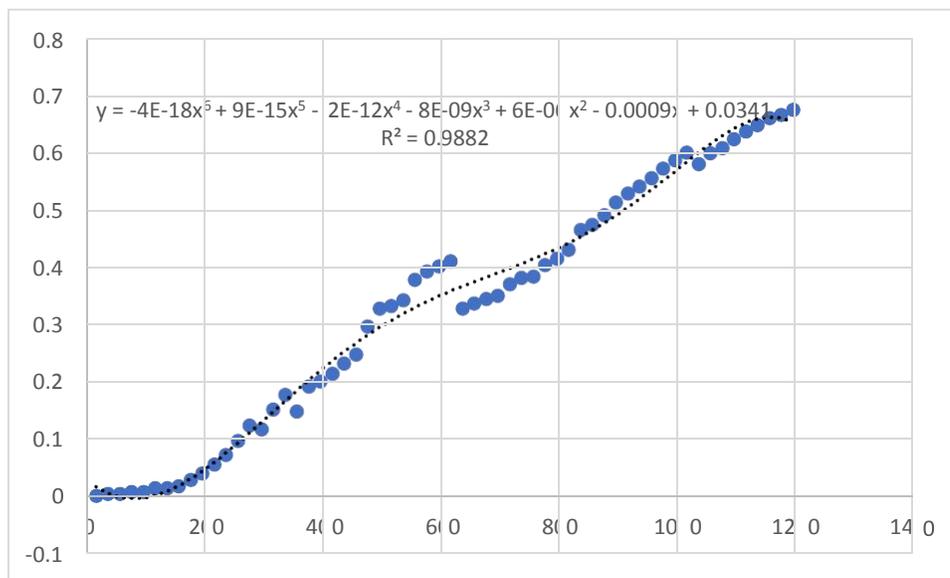


Figura 43 Grafica de datos y regresión para NAME 33, 100 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.6267 m²/s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (9.8383m²/s), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río Mariona, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho río se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 33 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$6E-18t^6 - 2E-14t^5 + 3E-11t^4 - 2E-08t^3 + 4E-06t^2 + 0.0001t + 0.8439$
A	$6E-18t^6$
B	$- 2E-14t^5$
C	$3E-11t^4$
D	$- 2E-08t^3$
E	$4E-06t^2$
F	$0.0001t$
G	0.8439
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 33 - Método H.Scott Fogler	
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.6267 m ² /seg.

Tabla 148 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 33, 200 m.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

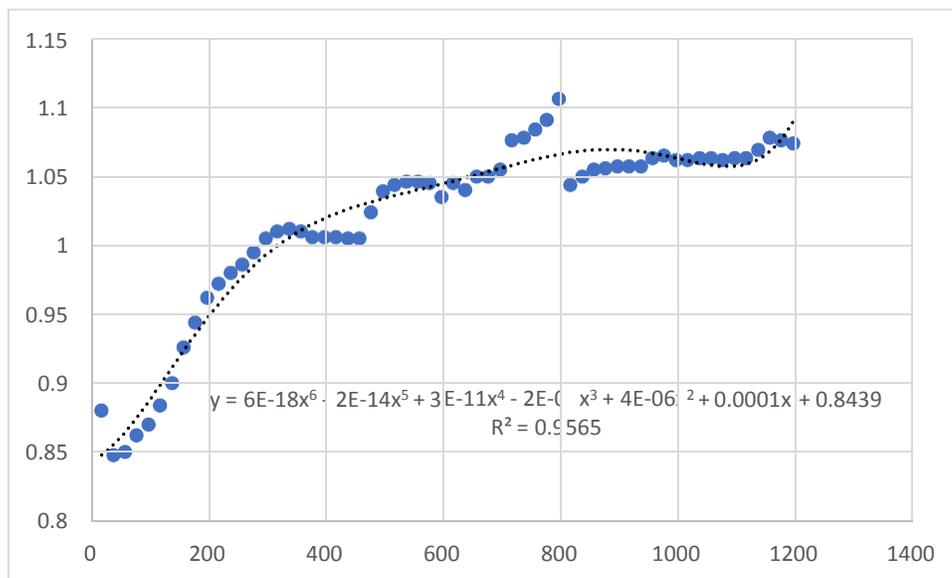


Figura 44 Grafica de datos y regresión para NAME 33, 200 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 0.62676 m²/s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 200 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en la quebrada o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Mariona
Fecha: 30/06/2021
Punto de monitoreo: Name 34
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Tomayate

NORT	WEST
13.76441333	-89.18325000

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por calle antigua a Monserrat en la zona del distrito de La Alcaldía de Cuscatancingo, realizó el descenso por medio de la pendiente de tierra y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	2.5
Profundidad media (m)	0.14
Caudal (m ³ /seg)	0.0218
Radio hidráulico (m)	0.0938
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Tabla 149 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 34.

Punto de muestreo		NAME 34		
Fecha		30/06/2021		
Punto de Medicion		50		
Hora de inicio		2:25 PM		
Hora de finalización		2:45 PM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0	0
2	20	40	0	0
3	20	60	0.003	3
4	20	80	0.005	5
5	20	100	0.005	5
6	20	120	0.007	7
7	20	140	0.009	9
8	20	160	0.009	9
9	20	180	0.008	8
10	20	200	0.012	12
11	20	220	0.012	12
12	20	240	0.011	11
13	20	260	0.011	11
14	20	280	0.012	12
15	20	300	0.013	13
16	20	320	0.017	17
17	20	340	0.017	17
18	20	360	0.017	17
19	20	380	0.018	18
20	20	400	0.018	18
21	20	420	0.022	22
22	20	440	0.022	22
23	20	460	0.022	22
24	20	480	0.02	20
25	20	500	0.019	19



Punto de muestreo			NAME 34	
Fecha			30/06/2021	
Punto de Medicion			50	
Hora de inicio			2:25 PM	
Hora de finalización			2:45 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
26	20	520	0.017	17
27	20	540	0.014	14
28	20	560	0.014	14
29	20	580	0.013	13
30	20	600	0.013	13
31	20	620	0.013	13
32	20	640	0.011	11
33	20	660	0.009	9
34	20	680	0.009	9
35	20	700	0.009	9
36	20	720	0.009	9
37	20	740	0.013	13
38	20	760	0.014	14
39	20	780	0.016	16
40	20	800	0.017	17
41	20	820	0.019	19
42	20	840	0.02	20
43	20	860	0.011	11
44	20	880	0.011	11
45	20	900	0.011	11
46	20	920	0.011	11
47	20	940	0.011	11
48	20	960	0.011	11
49	20	980	0.02	20
50	20	1000	0.02	20
51	20	1020	0.025	25
52	20	1040	0.027	27
53	20	1060	0.023	23



Punto de muestreo		NAME 34		
Fecha		30/06/2021		
Punto de Medicion		50		
Hora de inicio		2:25 PM		
Hora de finalización		2:45 PM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
54	20	1080	0.024	24
55	20	1100	0.025	25
56	20	1120	0.02	20
57	20	1140	0.025	25
58	20	1160	-0.05	-50
59	20	1180	-0.05	-50
60	20	1200	-0.058	-58

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 34.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la tabla 150

Tabla 150. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 34	
Distancia desde el punto de inyección	50
Velocidad media	0.041
Ancho de la sección	2.5
Caudal	0.0218
Radio hidráulico	0.0938

Tabla151 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 34.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 34- Método Empírico	
Ux	0.041

B	2.5
d	0.0938
u*	0.0041
E	0.3005
+50%	0.4507
-50%	0.1502

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 0.1502-0.4507 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

Tabla 152 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 34.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 34 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-4E-18t^6 + 1E-14t^5 - 2E-11t^4 + 8E-09t^3 - 2E-06t^2 + 0.0003t - 0.0077$
A	$-4E-18t^6$
B	$1E-14t^5$
C	$-2E-11t^4$
D	$8E-09t^3$
E	$-2E-06t^2$
F	$0.0003t$
G	-0.0077



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 34 - Método H.Scott Fogler	
$tm = \int_0^{\infty} tE(t)dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t)dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.02562 m ² /seg.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

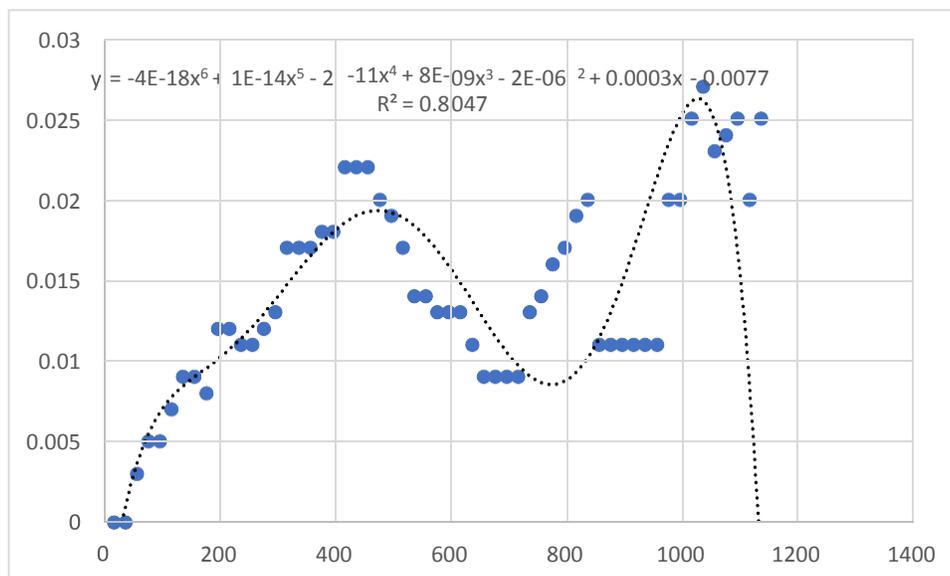


Figura45 Grafica de datos y regresión para NAME 34 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $0.02562 \text{ m}^2/\text{s}$, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer ($0.1502 \text{ m}^2/\text{s}$), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río San antonio, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho río se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango esperado, una velocidad mayor a 0.041 m/s o, en su defecto un caudal mayor a $0.0218 \text{ m}^3/\text{s}$.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Tomayate
Fecha: 28/06/2021
Punto de monitoreo: Name 35
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Tomayate

NORT	WEST
13.80518000	-89.1890866

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso a un costado de la calle antigua a Nejapa bajo puente Tomayate, realizó el descenso por medio de la pendiente de tierra y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	9
Profundidad media (m)	0.42
Caudal (m ³ /seg)	2.57
Radio hidráulico (m)	0.2761
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo			Name 35	
Fecha			28/06/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			3:10 PM	
Hora de finalización			3:30 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	-0.001	-1
2	20	40	-0.005	-5
3	20	60	-0.009	-9
4	20	80	-0.009	-9
5	20	100	-0.009	-9
6	20	120	0.024	24
7	20	140	0.078	78
8	20	160	0.081	81
9	20	180	0.12	120
10	20	200	0.454	454
11	20	220	0.131	131
12	20	240	0.145	145
13	20	260	0.143	143
14	20	280	0.147	147
15	20	300	0.16	160
16	20	320	1.045	1045
17	20	340	0.075	75
18	20	360	0.1	100
19	20	380	0.095	95
20	20	400	0.095	95
21	20	420	0.084	84
22	20	440	0.094	94
23	20	460	0.099	99
24	20	480	0.151	151
25	20	500	0.355	355
26	20	520	0.432	432



Punto de muestreo			Name 35	
Fecha			28/06/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			3:10 PM	
Hora de finalización			3:30 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
27	20	540	0.49	490
28	20	560	0.513	513
29	20	580	0.706	706
30	20	600	0.49	490
31	20	620	1.237	1237
32	20	640	1.704	1704
33	20	660	2.851	2851
34	20	680	3.031	3031
35	20	700	3.041	3041
36	20	720	3.181	3181
37	20	740	2.901	2901
38	20	760	2.571	2571
39	20	780	2.531	2531
40	20	800	-1.75	-1750
41	20	820	-1.547	-1547
42	20	840	-1.51	-1510
43	20	860	-1.521	-1521
44	20	880	-1.529	-1529
45	20	900	-1.466	-1466
46	20	920	-1.465	-1465
47	20	940	-1.49	-1490
48	20	960	-1.491	-1491
49	20	980	-1.563	-1563
50	20	1000	-1.58	-1580
51	20	1020	-1.584	-1584
52	20	1040	-1.587	-1587
53	20	1060	-1.684	-1684
54	20	1080	-1.705	-1705

Punto de muestreo			Name 35	
Fecha			28/06/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			3:10 PM	
Hora de finalización			3:30 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
55	20	1100	-1.709	-1709
56	20	1120	-1.739	-1739
57	20	1140	-1.737	-1737
58	20	1160	-1.748	-1748
59	20	1180	-1.747	-1747
60	20	1200	-1.755	-1755

Tabla 153 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 35.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 35.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 154

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 35	
Distancia desde el punto de inyección	100
Velocidad media	0.6222
Ancho de la sección	9
Caudal	2.57
Radio hidráulico	0.2761

Tabla 154. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 35- Método Empírico	
Ux	0.6222
B	9



d	0.2761
u*	0.0622
E	20.0854
+50%	30.1281
-50%	10.0427

Tabla155 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 35.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 10.0427-30.1281 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL – NAME 35 – Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-3E-16t^6 + 1E-12t^5 - 2E-09t^4 + 1E-06t^3 - 0.0004t^2 + 0.0532t - 1.6873$
A	$-3E-16t^6$
B	$1E-12t^5$
C	$- 2E-09t^4$
D	$1E-06t^3$
E	$- 0.0004t^2$
F	$0.0532t$
G	$- 1.6873$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 35 - Método H.Scott Fogler	
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = \left(1 + \frac{2}{pe_r}\right)\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	1.3999 m ² /seg.

Tabla 156 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 35.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

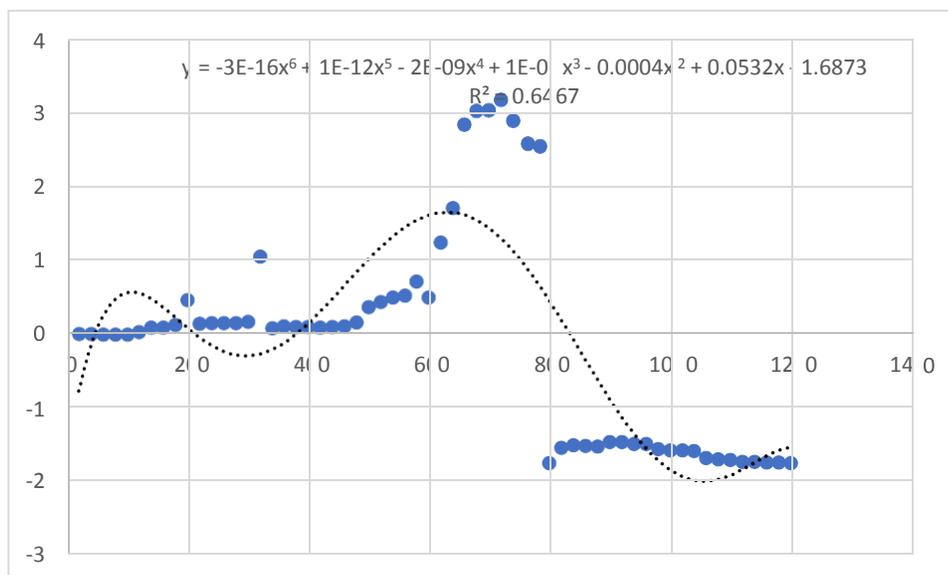




Figura 46 Grafica de datos y regresión para NAME 35 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $1.3999 \text{ m}^2/\text{s}$, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer ($10.0427 \text{ m}^2/\text{s}$), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río Tomayate, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho río se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango esperado, una velocidad mayor a 0.6222 m/s o, en su defecto un caudal mayor a $2.57 \text{ m}^3/\text{s}$.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Tomayate
Fecha: 01/06/2021
Punto de monitoreo: Name 36
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Tomayate

NORT	WEST
13.720335001	-89.188056

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por la avenida Juan Haberle en la calle principal de La Alcaldía, realizó el descenso por medio de la pendiente de tierra y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	8
Profundidad media (m)	0.24
Caudal (m ³ /seg)	0.082
Radio hidráulico (m)	0.1620
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo			NAME 36	
Fecha			1/7/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			12:19 PM	
Hora de finalización			12:39 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.627	627
2	20	40	0.62	620
3	20	60	0.595	595
4	20	80	0.584	584
5	20	100	0.55	550
6	20	120	0.536	536
7	20	140	0.52	520
8	20	160	0.506	506
9	20	180	0.498	498
10	20	200	0.299	299
11	20	220	0.29	290
12	20	240	0.29	290
13	20	260	0.29	290
14	20	280	0.024	24
15	20	300	0.024	24
16	20	320	0.02	20
17	20	340	0.023	23
18	20	360	0.024	24
19	20	380	0.024	24
20	20	400	0.042	42
21	20	420	0.042	42
22	20	440	0.042	42
23	20	460	0.05	50
24	20	480	0.059	59
25	20	500	0.063	63
26	20	520	0.07	70



Punto de muestreo			NAME 36	
Fecha			1/7/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			12:19 PM	
Hora de finalización			12:39 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
27	20	540	0.07	70
28	20	560	0.075	75
29	20	580	0.075	75
30	20	600	0.081	81
31	20	620	0.084	84
32	20	640	0.086	86
33	20	660	0.09	90
34	20	680	0.09	90
35	20	700	-0.022	-22
36	20	720	0.008	8
37	20	740	0.006	6
38	20	760	0.009	9
39	20	780	0.007	7
40	20	800	0.007	7
41	20	820	-0.03	-30
42	20	840	-0.03	-30
43	20	860	-0.03	-30
44	20	880	-0.03	-30
45	20	900	-0.03	-30
46	20	920	-0.018	-18
47	20	940	-0.015	-15
48	20	960	-0.015	-15
49	20	980	-0.01	-10
50	20	1000	-0.01	-10
51	20	1020	-0.011	-11
52	20	1040	-0.01	-10
53	20	1060	-0.01	-10



Punto de muestreo		NAME 36		
Fecha		1/7/2021		
Punto de Medicion		100		
Hora de inicio		12:19 PM		
Hora de finalización		12:39 PM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
54	20	1080	-0.007	-7
55	20	1100	-0.007	-7
56	20	1120	-0.005	-5
57	20	1140	0	0
58	20	1160	0	0
59	20	1180	0	0
60	20	1200	0	0

Tabla157 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 36, 100 m.

Punto de muestreo		NAME 36		
Fecha		1/7/2021		
Punto de Medicion		200		
Hora de inicio		12:19 PM		
Hora de finalización		12:39 PM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
1	20	20	-0.007	-7
2	20	40	0.001	1
3	20	60	0.019	19
4	20	80	0.017	17
5	20	100	0.025	25
6	20	120	0.02	20
7	20	140	0.023	23
8	20	160	0.024	24
9	20	180	0.026	26



Punto de muestreo			NAME 36	
Fecha			1/7/2021	
Punto de Medicion			200	
Hora de inicio			12:19 PM	
Hora de finalización			12:39 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
10	20	200	0.029	29
11	20	220	0.029	29
12	20	240	0.031	31
13	20	260	0.03	30
14	20	280	0.032	32
15	20	300	0.037	37
16	20	320	0.035	35
17	20	340	0.037	37
18	20	360	0.034	34
19	20	380	0.035	35
20	20	400	0.019	19
21	20	420	0.019	19
22	20	440	0.019	19
23	20	460	0.018	18
24	20	480	0.041	41
25	20	500	0.041	41
26	20	520	0.041	41
27	20	540	0.041	41
28	20	560	0.04	40
29	20	580	0.036	36
30	20	600	0.023	23
31	20	620	0.015	15
32	20	640	0.019	19
33	20	660	0.019	19
34	20	680	0.029	29
35	20	700	0.013	13
36	20	720	0.014	14
37	20	740	0.013	13



Punto de muestreo		NAME 36		
Fecha		1/7/2021		
Punto de Medicion		200		
Hora de inicio		12:19 PM		
Hora de finalización		12:39 PM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
38	20	760	0.035	35
39	20	780	0.034	34
40	20	800	0.032	32
41	20	820	0.023	23
42	20	840	0.022	22
43	20	860	0.034	34
44	20	880	0.035	35
45	20	900	0.045	45
46	20	920	0.047	47
47	20	940	0.047	47
48	20	960	0.045	45
49	20	980	0.045	45
50	20	1000	0.034	34
51	20	1020	0.032	32
52	20	1040	0.034	34
53	20	1060	0.023	23
54	20	1080	0.022	22
55	20	1100	0.024	24
56	20	1120	0.009	9
57	20	1140	0.047	47
58	20	1160	0.047	47
59	20	1180	0.05	50
60	20	1200	0.05	50

Tabla 158 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 36, 200 m.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 36.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 1459

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 36	
Distancia desde el punto de inyección	100-200
Velocidad media	0.0306
Ancho de la sección	8
Caudal	0.082
Radio hidráulico	0.1620

Tabla 159. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 36- Método Empírico	
U _x	0.0306
B	8
d	0.1620
u*	0.00306
E	1.3297
+50%	1.9946
-50%	0.6648

Tabla 160 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 36.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 0.6648-1.9946 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 36 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-4E-17t^6 + 2E-13t^5 - 3E-10t^4 + 2E-07t^3 - 5E-05t^2 + 0.0044t + 0.5238$
A	$-4E-17t^6$
B	$2E-13t^5$
C	$-3E-10t^4$
D	$2E-07t^3$
E	$-5E-05t^2$
F	$0.0044t$
G	0.5238
$tm = \int_0^{\infty} tE(t)dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t)dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 36 - Método H.Scott Fogler	
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.0612 m ² /seg.

Tabla 151 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 36, 100 m.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

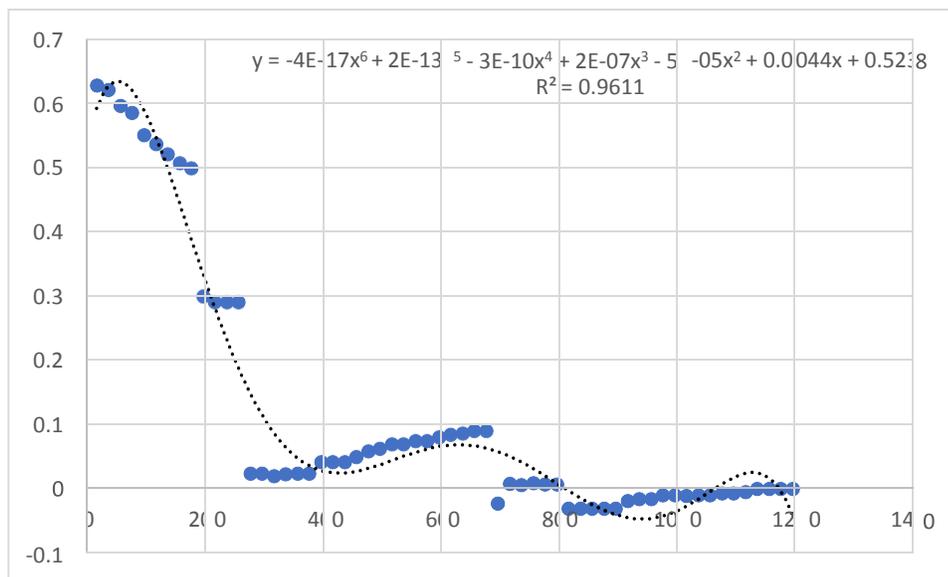


Figura 47 Grafica de datos y regresión para NAME 36, 100 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.0612 m²/s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (0.6648m²/s), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo de la Quebrada La Lechuza, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicha quebrada se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango esperado, una velocidad mayor a 0.03062m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.082 m³/s.



Tabla 162 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 36, 200 m.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 36 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$3E-18t^6 - 1E-14t^5 + 1E-11t^4 - 6E-09t^3 + 1E-06t^2 + 0.0001t - 0.0004$
A	$3E-18t^6$
B	$- 1E-14t^5$
C	$1E-11t^4$
D	$- 6E-09t^3$
E	$1E-06t^2$
F	$0.0001t$
G	$- 0.0004$
$tm = \int_0^{\infty} tE(t)dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t)dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 36 - Método H.Scott Fogler	
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.0612 m ² /seg.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

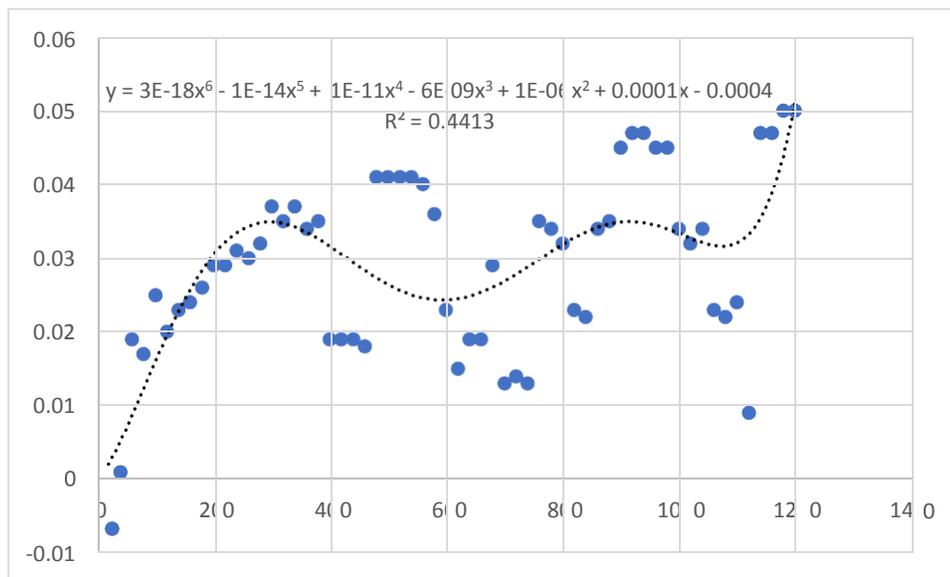


Figura 48 Grafica de datos y regresión para NAME 36, 200 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 0.0612m²/s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 200 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en la quebrada o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Tomayate
Fecha: 02/07/2021
Punto de monitoreo: Name 37
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Tomayate

NORT	WEST
13.731115	-89.171467

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por la colonia Las Margaritas a la altura del puente hacia debajo de Ciudad Delgado, realizó el descenso por medio de la pendiente de tierra y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	12
Profundidad media (m)	0.35
Caudal (m ³ /seg)	1.59
Radio hidráulico (m)	0.2317
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo			Name 37	
Fecha			2/7/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			11:22 AM	
Hora de finalización			11:42 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.002	2
2	20	40	0.012	12
3	20	60	0.019	19
4	20	80	0.024	24
5	20	100	0.035	35
6	20	120	0.045	45
7	20	140	0.054	54
8	20	160	0.063	63
9	20	180	0.072	72
10	20	200	0.088	88
11	20	220	0.098	98
12	20	240	0.109	109
13	20	260	0.122	122
14	20	280	0.134	134
15	20	300	0.149	149
16	20	320	0.161	161
17	20	340	0.187	187
18	20	360	0.189	189
19	20	380	0.198	198
20	20	400	0.209	209
21	20	420	0.221	221
22	20	440	0.227	227
23	20	460	0.237	237
24	20	480	0.244	244
25	20	500	0.249	249



Punto de muestreo			Name 37	
Fecha			2/7/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			11:22 AM	
Hora de finalización			11:42 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
26	20	520	0.255	255
27	20	540	0.26	260
28	20	560	0.262	262
29	20	580	0.265	265
30	20	600	0.271	271
31	20	620	0.273	273
32	20	640	0.278	278
33	20	660	0.281	281
34	20	680	0.289	289
35	20	700	0.294	294
36	20	720	0.295	295
37	20	740	0.303	303
38	20	760	0.308	308
39	20	780	0.306	306
40	20	800	0.306	306
41	20	820	0.309	309
42	20	840	0.311	311
43	20	860	0.317	317
44	20	880	0.319	319
45	20	900	0.319	319
46	20	920	0.319	319
47	20	940	0.32	320
48	20	960	0.338	338
49	20	980	0.34	340
50	20	1000	0.34	340
51	20	1020	0.344	344
52	20	1040	0.344	344
53	20	1060	0.345	345

Punto de muestreo		Name 37		
Fecha		2/7/2021		
Punto de Medicion		100		
Hora de inicio		11:22 AM		
Hora de finalización		11:42 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
54	20	1080	0.345	345
55	20	1100	0.348	348
56	20	1120	0.348	348
57	20	1140	0.351	351
58	20	1160	0.353	353
59	20	1180	0.354	354
60	20	1200	0.992	992

Tabla 163 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 37

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 37.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 164

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 37	
Distancia desde el punto de inyección	100
Velocidad media	0.4
Ancho de la sección	12
Caudal	1.59
Radio hidráulico	0.2317

Tabla 164. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental.

**ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 37- Método
Empírico**



Ux	0.4
B	12
d	0.2317
u*	0.04
E	27.3457
+50%	41.0185
-50%	13.6728

Tabla 165 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 37.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 13.6728-41.0185 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 37 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$3E-18t^6 - 1E-14t^5 + 2E-11t^4 - 1E-08t^3 + 4E-06t^2 - 0.0001t - 0.0062$
A	$3E-18t^6$
B	$- 1E-14t^5$
C	$2E-11t^4$
D	$- 1E-08t^3$
E	$4E-06t^2$
F	$- 0.0001t$
G	$- 0.0062$

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 37 - Método H.Scott Fogler	
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	1.2 m ² /seg.

Tabla 166 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 37.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

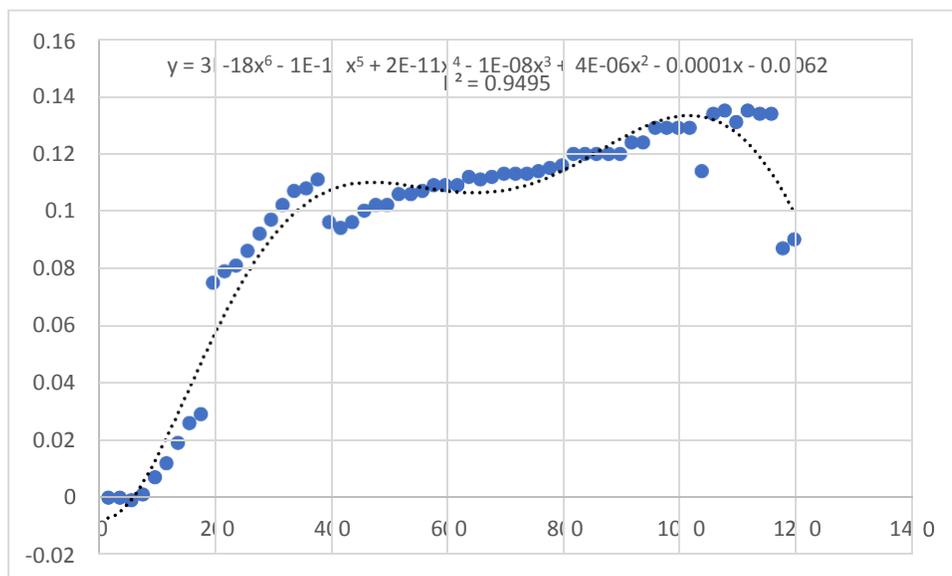


Figura 49. Grafica de datos y regresión para NAME 37 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $1.2 \text{ m}^2/\text{s}$, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer ($10.9962 \text{ m}^2/\text{s}$), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río San Antonio, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho río se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango esperado, una velocidad mayor a 0.4 m/s o, en su defecto un caudal mayor a $1.59 \text{ m}^3/\text{s}$.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: La Lechuza
Fecha: 07/07/2021
Punto de monitoreo: Name 38
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate
Microcuenca: Arenal Monserrat

NORT	WEST
13.69215167	-89.2281956

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por zona de parqueo de Estado mayor Militar y Ministerio de Defensa, realizó el descenso por medio de la pendiente de tierra y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. Rio de poco caudal, no se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	2
Profundidad media (m)	0.06
Caudal (m ³ /seg)	0.02225
Radio hidráulico (m)	0.0421
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Tabla 167 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 38.

Punto de muestreo			NAME 38	
Fecha			7/7/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			10:08 AM	
Hora de finalización			10:28 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
1	20	20	0.079	79
2	20	40	0.084	84
3	20	60	0.085	85
4	20	80	0.089	89
5	20	100	0.09	90
6	20	120	0.344	344
7	20	140	0.096	96
8	20	160	0.101	101
9	20	180	0.104	104
10	20	200	0.108	108
11	20	220	0.111	111
12	20	240	0.117	117
13	20	260	0.124	124
14	20	280	0.129	129
15	20	300	0.135	135
16	20	320	0.139	139
17	20	340	0.144	144
18	20	360	0.144	144
19	20	380	0.147	147
20	20	400	0.149	149
21	20	420	0.152	152
22	20	440	0.154	154
23	20	460	0.157	157
24	20	480	0.157	157
25	20	500	0.161	161
26	20	520	0.165	165



Punto de muestreo			NAME 38	
Fecha			7/7/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			10:08 AM	
Hora de finalización			10:28 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
27	20	540	0.166	166
28	20	560	0.166	166
29	20	580	0.171	171
30	20	600	0.171	171
31	20	620	0.172	172
32	20	640	0.173	173
33	20	660	0.176	176
34	20	680	0.177	177
35	20	700	0.178	178
36	20	720	0.177	177
37	20	740	0.178	178
38	20	760	0.18	180
39	20	780	0.18	180
40	20	800	0.182	182
41	20	820	0.184	184
42	20	840	0.184	184
43	20	860	0.187	187
44	20	880	0.187	187
45	20	900	0.189	189
46	20	920	0.191	191
47	20	940	0.191	191
48	20	960	0.191	191
49	20	980	0.191	191
50	20	1000	0.193	193
51	20	1020	0.195	195
52	20	1040	0.194	194
53	20	1060	0.193	193
54	20	1080	0.191	191



Punto de muestreo		NAME 38		
Fecha		7/7/2021		
Punto de Medicion		100		
Hora de inicio		10:08 AM		
Hora de finalización		10:28 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
55	20	1100	0.193	193
56	20	1120	0.191	191
57	20	1140	0.193	193
58	20	1160	0.193	193
59	20	1180	0.196	196
60	20	1200	0.193	193

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 38.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 168.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 38	
Distancia desde el punto de inyección	100
Velocidad media	0.15
Ancho de la sección	12
Caudal	0.02225
Radio hidráulico	0.04210

Tabla 168. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 38- Método Empírico	
Ux	0.15
B	2
d	0.04210

u*	0.015
E	1.5676
+50%	2.3515
-50%	0.7838

Tabla 169 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 38.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 0.7838-2.3515 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 38 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-6E-18t^6 + 2E-14t^5 - 3E-11t^4 + 2E-08t^3 - 8E-06t^2 + 0.0013t + 0.0518$
A	$-6E-18t^6$
B	$2E-14t^5$
C	$-3E-11t^4$
D	$2E-08t^3$
E	$-8E-06t^2$
F	$0.0013t$
G	0.0518
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 38 - Método H.Scott Fogler	
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.075 m ² /seg.

Tabla 170 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 38.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

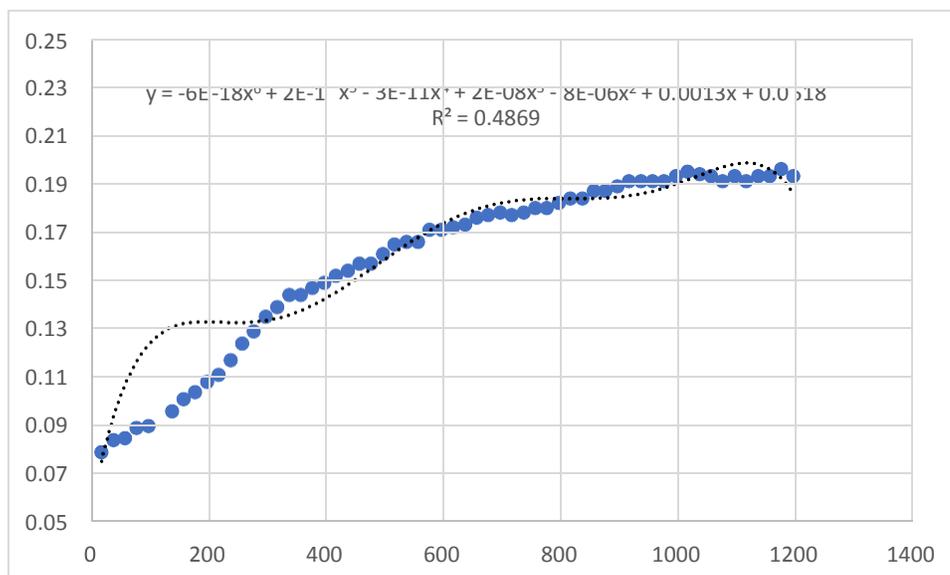




Figura 50 Grafica de datos y regresión para NAME 38 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $0.075 \text{ m}^2/\text{s}$, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer ($0.7838 \text{ m}^2/\text{s}$), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo de la quebrada, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicha quebrada se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango esperado, una velocidad mayor a 0.15 m/s o, en su defecto un caudal mayor a $0.0222 \text{ m}^3/\text{s}$.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Bernal
Fecha: 01/07/2021
Punto de monitoreo: Name 39
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate

NORT	WEST
13.725443167	-89.2124666

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso a un costado de la Avenida Bernal por predio baldío frente a Texaco Bernal, realizó el descenso por medio de la pendiente de tierra y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	3
Profundidad media (m)	0.09
Caudal (m ³ /seg)	0.00625
Radio hidráulico (m)	0.0565
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo			NAME 39	
Fecha			1/7/2021	
Punto de medicion (m)			50	
Hora de inicio			8:41 AM	
Hora de finalización			9:01 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
1	20	20	0.006	6
2	20	40	0.011	11
3	20	60	0.012	12
4	20	80	0.019	19
5	20	100	0.021	21
6	20	120	0.026	26
7	20	140	0.032	32
8	20	160	0.038	38
9	20	180	0.041	41
10	20	200	0.05	50
11	20	220	0.054	54
12	20	240	0.06	60
13	20	260	0.065	65
14	20	280	0.072	72
15	20	300	0.077	77
16	20	320	0.083	83
17	20	340	0.089	89
18	20	360	0.111	111
19	20	380	0.117	117
20	20	400	0.124	124
21	20	420	0.128	128
22	20	440	0.133	133
23	20	460	0.139	139
24	20	480	0.144	144
25	20	500	0.15	150
26	20	520	0.154	154



Punto de muestreo			NAME 39	
Fecha			1/7/2021	
Punto de medicion (m)			50	
Hora de inicio			8:41 AM	
Hora de finalización			9:01 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
27	20	540	0.16	160
28	20	560	0.164	164
29	20	580	0.168	168
30	20	600	0.172	172
31	20	620	0.175	175
32	20	640	0.182	182
33	20	660	0.183	183
34	20	680	0.186	186
35	20	700	0.19	190
36	20	720	0.191	191
37	20	740	0.196	196
38	20	760	0.202	202
39	20	780	0.204	204
40	20	800	0.205	205
41	20	820	0.208	208
42	20	840	0.21	210
43	20	860	0.213	213
44	20	880	0.215	215
45	20	900	0.218	218
46	20	920	0.218	218
47	20	940	0.22	220
48	20	960	0.221	221
49	20	980	0.221	221
50	20	1000	0.221	221
51	20	1020	0.226	226
52	20	1040	0.218	218
53	20	1060	0.226	226

Punto de muestreo		NAME 39		
Fecha		1/7/2021		
Punto de medicion (m)		50		
Hora de inicio		8:41 AM		
Hora de finalización		9:01 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
54	20	1080	0.226	226
55	20	1100	0.229	229
56	20	1120	0.23	230
57	20	1140	0.23	230
58	20	1160	0.23	230
59	20	1180	0.23	230
60	20	1200	0.231	231

Tabla 171. Datos de concentración, punto de muestreo NAME 39.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 39.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 172.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 39	
Distancia desde el punto de inyección	50
Velocidad media	0.01666
Ancho de la sección	3
Caudal	0.00625
Radio hidráulico	0.0565

Tabla 172. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 39- Método Empírico	
Ux	0.01666
B	3
d	0.0565
u*	0.00166
E	0.292973
+50%	0.4394
-50%	0.1464

Tabla173 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 39

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 0.1464-0.4394 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 39 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-1E-19t^6 + 4E-17t^5 + 1E-12t^4 - 2E-09t^3 + 1E-06t^2 - 4E-06t + 0.0085$
A	$-1E-19t^6$
B	$4E-17t^5$
C	$1E-12t^4$
D	$- 2E-09t^3$
E	$1E-06t^2$
F	$- 4E-06t$

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 39 - Método H.Scott Fogler	
G	0.0085
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.0124 m ² /seg.

Tabla 174 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 39.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

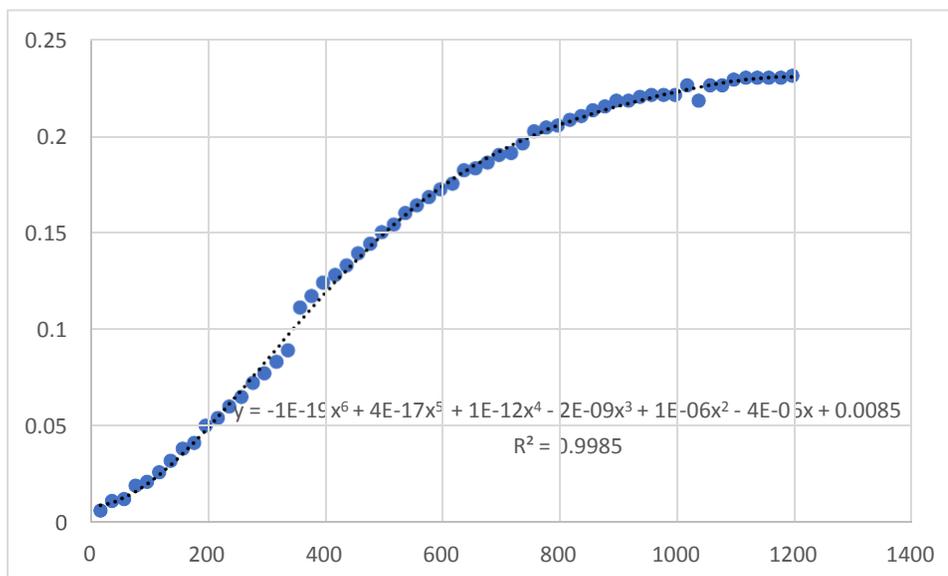


Figura 51 Grafica de datos y regresión para NAME 39 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es $0.0124 \text{ m}^2/\text{s}$, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer ($0.1464 \text{ m}^2/\text{s}$), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 50 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río Mariona, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho río se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango esperado, una velocidad mayor a 0.01666 m/s o, en su defecto un caudal mayor a $0.00625 \text{ m}^3/\text{s}$.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Quebrada de Pasto de Apopa
Fecha: 29/06/2021
Punto de monitoreo: Name 40
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate

NORT	WEST
13.80247500	-89.8548167

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso por calle a un costado de Rastro Municipal de, realizó el descenso por medio calle principal de la localidad y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	2
Profundidad media (m)	0.08
Caudal (m ³ /seg)	0.01975
Radio hidráulico (m)	0.04981
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo		NAME 40		
Fecha		29/06/2021		
Punto de Medicion		50 metros		
Hora de inicio		8:38 AM		
Hora de finalización		8:58 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
1	20	20	0	0
2	20	40	0	0
3	20	60	0	0
4	20	80	0	0
5	20	100	0.002	2
6	20	120	0.004	4
7	20	140	0.005	5
8	20	160	0.007	7
9	20	180	0.009	9
10	20	200	0.009	9
11	20	220	0.008	8
12	20	240	0.008	8
13	20	260	0.008	8
14	20	280	0.007	7
15	20	300	0.008	8
16	20	320	0.005	5
17	20	340	0.005	5
18	20	360	0.005	5
19	20	380	0.005	5
20	20	400	0.005	5
21	20	420	0.007	7
22	20	440	0.005	5
23	20	460	0.005	5
24	20	480	0.005	5
25	20	500	0.005	5
26	20	520	0.007	7
27	20	540	0.005	5
28	20	560	0.007	7



Punto de muestreo			NAME 40	
Fecha			29/06/2021	
Punto de Medicion			50 metros	
Hora de inicio			8:38 AM	
Hora de finalización			8:58 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
29	20	580	0.005	5
30	20	600	0.005	5
31	20	620	0.005	5
32	20	640	0.005	5
33	20	660	0.005	5
34	20	680	0.007	7
35	20	700	0.009	9
36	20	720	0.009	9
37	20	740	0.008	8
38	20	760	0.008	8
39	20	780	0.008	8
40	20	800	0.008	8
41	20	820	0.008	8
42	20	840	0.009	9
43	20	860	0.009	9
44	20	880	0.008	8
45	20	900	0.009	9
46	20	920	0.009	9
47	20	940	0.011	11
48	20	960	0.011	11
49	20	980	0.011	11
50	20	1000	0.019	19
51	20	1020	0.019	19
52	20	1040	0.019	19
53	20	1060	0.02	20
54	20	1080	0.022	22
55	20	1100	0.024	24
56	20	1120	0.011	11



Punto de muestreo		NAME 40		
Fecha		29/06/2021		
Punto de Medicion		50 metros		
Hora de inicio		8:38 AM		
Hora de finalización		8:58 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
57	20	1140	0.011	11
58	20	1160	0.02	20
59	20	1180	0.02	20
60	20	1200	0.019	19

Tabla 175 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 40, 100 m.

Punto de muestreo		NAME 40		
Fecha		29/06/2021		
Punto de Medicion		150 metros		
Hora de inicio		9:21 AM		
Hora de finalización		9:41 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
1	20	20	0.114	114
2	20	40	0.135	135
3	20	60	0.136	136
4	20	80	0.141	141
5	20	100	0.143	143
6	20	120	0.144	144
7	20	140	0.146	146
8	20	160	0.144	144
9	20	180	0.141	141
10	20	200	0.137	137
11	20	220	0.136	136
12	20	240	0.135	135
13	20	260	0.133	133
14	20	280	0.131	131
15	20	300	0.131	131
16	20	320	0.126	126



Punto de muestreo			NAME 40	
Fecha			29/06/2021	
Punto de Medicion			150 metros	
Hora de inicio			9:21 AM	
Hora de finalización			9:41 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
17	20	340	0.125	125
18	20	360	0.125	125
19	20	380	0.121	121
20	20	400	0.12	120
21	20	420	0.118	118
22	20	440	0.116	116
23	20	460	0.116	116
24	20	480	0.114	114
25	20	500	0.113	113
26	20	520	0.113	113
27	20	540	0.11	110
28	20	560	0.109	109
29	20	580	0.109	109
30	20	600	0.112	112
31	20	620	0.11	110
32	20	640	0.109	109
33	20	660	0.108	108
34	20	680	0.108	108
35	20	700	0.107	107
36	20	720	0.107	107
37	20	740	0.105	105
38	20	760	0.105	105
39	20	780	0.104	104
40	20	800	0.102	102
41	20	820	0.102	102
42	20	840	0.102	102
43	20	860	0.102	102
44	20	880	0.102	102



Punto de muestreo		NAME 40		
Fecha		29/06/2021		
Punto de Medicion		150 metros		
Hora de inicio		9:21 AM		
Hora de finalización		9:41 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(PPB)
45	20	900	0.096	96
46	20	920	0.097	97
47	20	940	0.101	101
48	20	960	0.101	101
49	20	980	0.101	101
50	20	1000	0.101	101
51	20	1020	0.101	101
52	20	1040	0.099	99
53	20	1060	0.101	101
54	20	1080	0.101	101
55	20	1100	0.101	101
56	20	1120	0.076	76
57	20	1140	0.075	75
58	20	1160	0.075	75
59	20	1180	0.076	76
60	20	1200	0.076	76

Tabla 176 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 40, 150 m.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 40.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 177.

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 40	
Distancia desde el punto de inyección	50-150

Velocidad media	0.125
Ancho de la sección	2
Caudal	0.01975
Radio hidráulico	0.04981

Tabla 177. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 40- Método Empírico	
U _x	0.125
B	2
d	0.04981
u*	0.0125
E	1.1041
+50%	1.6562
-50%	0.5520

Tabla178 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 40

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 0.5520-1.6562 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 40 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-4E-19t^6 + 1E-15t^5 - 2E-12t^4 + 2E-09t^3 - 7E-07t^2 + 0.0001t - 0.0053$
A	$-4E-19t^6$
B	$1E-15t^5$
C	$- 2E-12t^4$



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 40 - Método H.Scott Fogler	
D	2E-09t ³
E	- 7E-07t ²
F	0.0001t
G	- 0.0053
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.0625 m ² /seg.

Tabla 179 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 40, 50 m.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

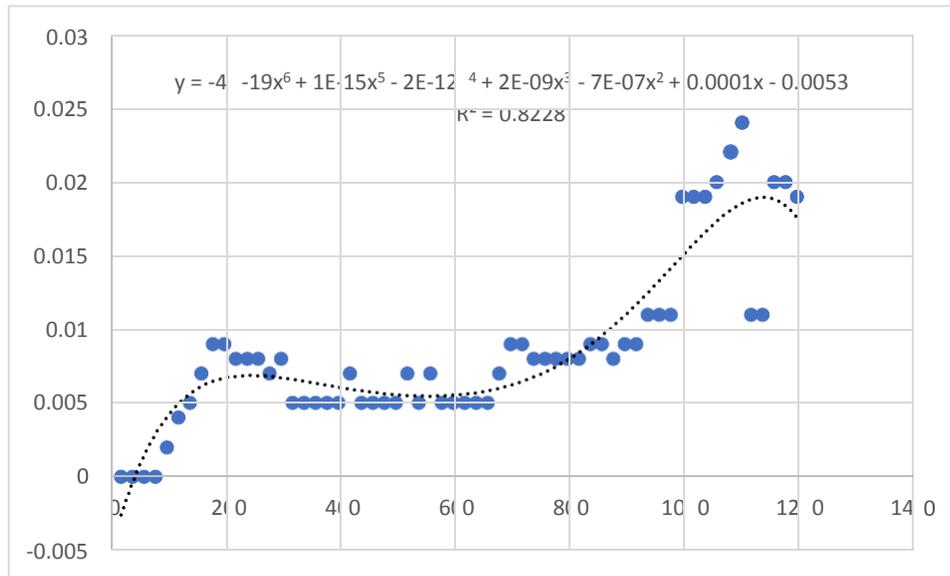


Figura 52 Grafica de datos y regresión para NAME 40, 50 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.0625 m²/s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (0.552m²/s), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 50 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo de la quebrada, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicha quebrada se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango esperado, una velocidad mayor a 0.125m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.01975 m³/s.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 40 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	-2E-18t ⁶ + 9E-15t ⁵ - 1E-11t ⁴ + 1E-08t ³ - 4E-06t ² + 0.0007t + 0.1088
A	-2E-18t ⁶
B	9E-15t ⁵
C	- 1E-11t ⁴
D	1E-08t ³
E	- 4E-06t ²



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 40 - Método H.Scott Fogler	
F	0.0007t
G	0.1088
$tm = \int_0^{\infty} tE(t)dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t)dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.0625 m ² /seg.

Tabla 180 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 40, 150 m.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

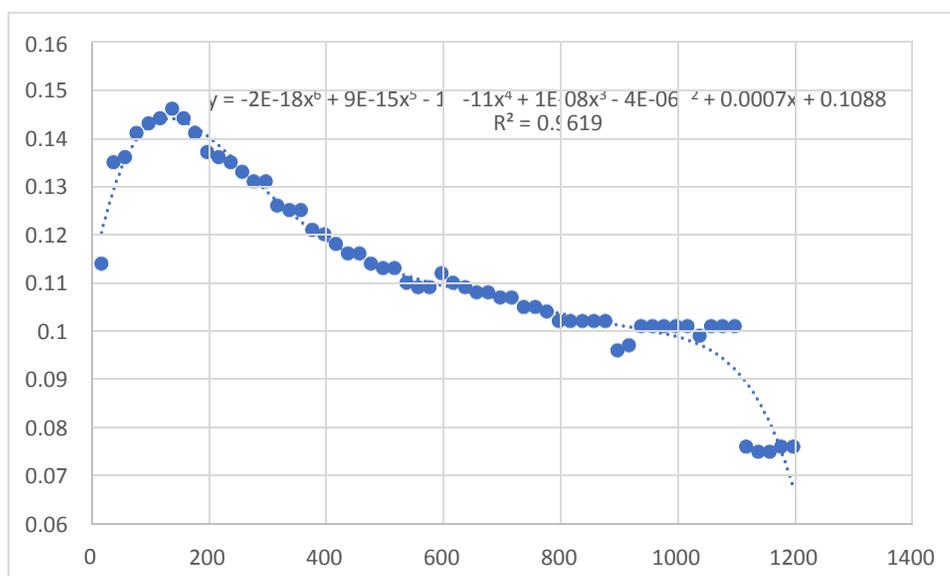


Figura 53 Grafica de datos y regresión para NAME 40, 150 m estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 50m, $0.0625 \text{ m}^2/\text{s}$, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 150 m no se logre una adecuada dispersión de contaminantes o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.



FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio: Mariona
Fecha: 30/06/2021
Punto de monitoreo: Name 41
Cuenca: Lempa
Sub. Cuenca: Acelhuate

NORT	WEST
13.77899667	-89.1825652

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso a un costado de la cancha de polvo de la Comunidad Área de Noé e, realizó el descenso por medio de pasaje de comunidad y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	4
Profundidad media (m)	0.18
Caudal (m ³ /seg)	0.063
Radio hidráulico (m)	0.1160
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo			NAME 41	
Fecha			30/06/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			12:27 PM	
Hora de finalización			12:47 PM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.05	50
2	20	40	0.092	92
3	20	60	0.073	73
4	20	80	0.083	83
5	20	100	0.099	99
6	20	120	0.131	131
7	20	140	0.146	146
8	20	160	0.154	154
9	20	180	0.156	156
10	20	200	0.17	170
11	20	220	0.173	173
12	20	240	0.167	167
13	20	260	0.177	177
14	20	280	0.194	194
15	20	300	0.227	227
16	20	320	0.236	236
17	20	340	0.26	260
18	20	360	0.271	271
19	20	380	0.283	283
20	20	400	0.294	294
21	20	420	0.319	319
22	20	440	0.333	333
23	20	460	0.348	348
24	20	480	0.348	348
25	20	500	0.354	354
26	20	520	0.366	366
27	20	540	0.378	378
28	20	560	0.381	381



Punto de muestreo		NAME 41		
Fecha		30/06/2021		
Punto de Medicion		100		
Hora de inicio		12:27 PM		
Hora de finalización		12:47 PM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
29	20	580	0.379	379
30	20	600	0.414	414
31	20	620	0.391	391
32	20	640	0.394	394
33	20	660	0.402	402
34	20	680	0.402	402
35	20	700	0.402	402
36	20	720	0.408	408
37	20	740	0.419	419
38	20	760	0.424	424
39	20	780	0.427	427
40	20	800	0.433	433
41	20	820	0.441	441
42	20	840	0.466	466
43	20	860	0.472	472
44	20	880	0.474	474
45	20	900	0.474	474
46	20	920	0.474	474
47	20	940	0.474	474
48	20	960	0.474	474
49	20	980	0.474	474
50	20	1000	0.477	477
51	20	1020	0.48	480
52	20	1040	0.504	504
53	20	1060	0.494	494
54	20	1080	0.498	498
55	20	1100	0.498	498
56	20	1120	0.499	499

Punto de muestreo		NAME 41		
Fecha		30/06/2021		
Punto de Medicion		100		
Hora de inicio		12:27 PM		
Hora de finalización		12:47 PM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
57	20	1140	0.502	502
58	20	1160	0.504	504
59	20	1180	0.508	508
60	20	1200	0.494	494

Tabla 181 .Datos de concentración, punto de muestreo NAME 41.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 41.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la Tabla 182

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 41	
Distancia desde el punto de inyección	100
Velocidad media	0.075
Ancho de la sección	4
Caudal	0.063
Radio hidráulico	0.1160

Tabla 182. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 41- Método Empírico



Ux	0.075
B	4
d	0.1160
u*	0.0075
E	1.1379
+50%	1.7068
-50%	0.5689

Tabla 183 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 41.

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 0.5689-1.7068 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 41 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$-3E-18t^6 + 8E-15t^5 - 8E-12t^4 + 2E-09t^3 + 5E-07t^2 + 0.0004t + 0.056$
A	$-3E-18t^6$
B	$8E-15t^5$
C	$-8E-12t^4$
D	$2E-09t^3$
E	$5E-07t^2$
F	$0.0004t$
G	0.056

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 41 - Método H.Scott Fogler	
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = \left(1 + \frac{2}{pe_r}\right)\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.075 m ² /seg.

Tabla 184 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 41.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

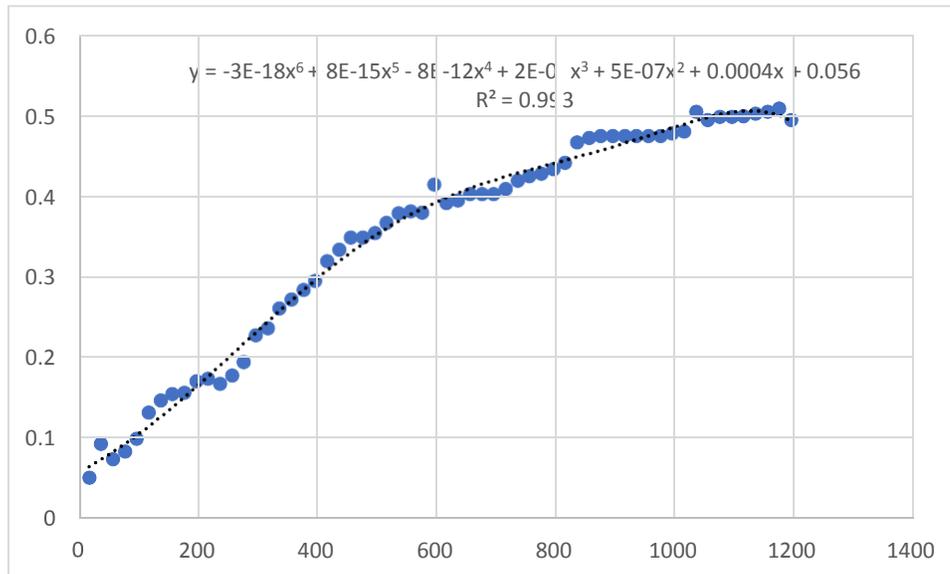


Figura 53 Grafica de datos y regresión para NAME 41 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.075 m²/s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (0.5689m²/s), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del rio Mariona, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho rio se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango esperado, una velocidad mayor a 0.075m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.063 m³/s.

FICHA DE MONITOREO PARA TRAZABILIDAD

Para la inyección de Rodamina B, se obtuvieron los siguientes datos para cada punto de muestreo:

Nombre del sitio:	Ciudad Futura
Fecha:	29/06/2021
Punto de monitoreo:	Name 42
Cuenca:	Lempa
Sub. Cuenca:	Acelhuate



NORT	WEST
13.78627500	-89.17919500

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

Descripción del Sitio:
Se acceso a un costado de La Calle de Oro a la altura de Ciudad Futura y Puente Majuela, realizó el descenso por medio de pasaje de comunidad y terreno accidentado hasta llegar a la quebrada. No se observaron especies acuáticas, zona con múltiples viviendas en las cercanías con descartes de aguas residuales al punto.
Muestras recolectadas:
Simple

Mediciones Efectuadas	
Ancho de la Sección Transversal (m)	3
Profundidad media (m)	0.15
Caudal (m ³ /seg)	0.06412
Radio hidráulico (m)	0.0967
Muestras tomadas de agua	Calidad del agua



Punto de muestreo			Name 42	
Fecha			29/06/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			11.06 AM	
Hora de finalización			11.26 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
1	20	20	0.026	26
2	20	40	0.021	21
3	20	60	0.011	11
4	20	80	0.006	6
5	20	100	0	0
6	20	120	-0.001	-1
7	20	140	0	0
8	20	160	-0.004	-4
9	20	180	-0.002	-2
10	20	200	-0.002	-2
11	20	220	-0.006	-6
12	20	240	-0.007	-7
13	20	260	-0.009	-9
14	20	280	-0.01	-10
15	20	300	-0.009	-9
16	20	320	-0.01	-10
17	20	340	-0.009	-9
18	20	360	-0.005	-5
19	20	380	0	0
20	20	400	0.001	1
21	20	420	-0.056	-56
22	20	440	-0.059	-59
23	20	460	-0.057	-57
24	20	480	-0.056	-56
25	20	500	-0.054	-54
26	20	520	-0.061	-61
27	20	540	-0.061	-61
28	20	560	-0.062	-62



Punto de muestreo			Name 42	
Fecha			29/06/2021	
Punto de Medicion			100	
Hora de inicio			11.06 AM	
Hora de finalización			11.26 AM	
Tiempo Total (min)			20	
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
29	20	580	-0.064	-64
30	20	600	-0.062	-62
31	20	620	-0.057	-57
32	20	640	-0.048	-48
33	20	660	-0.073	-73
34	20	680	-0.066	-66
35	20	700	-0.066	-66
36	20	720	-0.061	-61
37	20	740	-0.054	-54
38	20	760	-0.049	-49
39	20	780	-0.044	-44
40	20	800	-0.042	-42
41	20	820	-0.042	-42
42	20	840	-0.042	-42
43	20	860	-0.042	-42
44	20	880	-0.022	-22
45	20	900	-0.02	-20
46	20	920	-0.02	-20
47	20	940	-0.026	-26
48	20	960	-0.033	-33
49	20	980	-0.037	-37
50	20	1000	-0.045	-45
51	20	1020	-0.049	-49
52	20	1040	-0.05	-50
53	20	1060	-0.051	-51
54	20	1080	-0.054	-54
55	20	1100	-0.059	-59
56	20	1120	-0.067	-67



Punto de muestreo		Name 42		
Fecha		29/06/2021		
Punto de Medicion		100		
Hora de inicio		11.06 AM		
Hora de finalización		11.26 AM		
Tiempo Total (min)		20		
Nº	Tiempo (seg)	T. acumulado (seg)	Concentracion (ppm)	Concentración(ppb)
57	20	1140	-0.072	-72
58	20	1160	-0.077	-77
59	20	1180	-0.079	-79
60	20	1200	-0.086	-86

Tabla 185. Datos de concentración, punto de muestreo NAME 42.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO SEGÚN ECUACION EMPIRICA DE FISCHER PARA NAME 42.

Para el cálculo del coeficiente de dispersión mediante ambos métodos se debe tener en cuenta los datos obtenidos en los aforos realizados.

Para el caso del estudio experimental los datos obtenidos se observan en la tabla 186

ESTUDIO EXPERIMENTAL NAME 42	
Distancia desde el punto de inyección	100
Velocidad media	0.16
Ancho de la sección	3
Caudal	0.0641
Radio hidráulico	0.0967

Tabla 186. Datos obtenidos en los aforos realizados para el estudio de dispersión experimental

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 42- Método Empírico	
Ux	0.16
B	3
d	0.09672

u*	0.016
E	1.6377
+50%	2.4565
-50%	0.8188

Tabla 187 Resultados a partir de la ecuación empírica, estudio experimental, NAME 42

La ecuación empírica de Fischer, posee un porcentaje de variación de ± 50 . A partir de estos resultados, se obtiene el rango en el cual se debe encontrar el valor del coeficiente de dispersión 0.8188-2.4565 m²/seg., tomando en cuenta que estos datos también servirán para validar los datos obtenidos por el método propuesto por H.Scott Fogler.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 42 - Método H.Scott Fogler	
C(t)	$9E-18t^6 - 3E-14t^5 + 5E-11t^4 - 3E-08t^3 + 8E-06t^2 - 0.0011t + 0.0489$
A	$9E-18t^6$
B	$- 3E-14t^5$
C	$5E-11t^4$
D	$- 3E-08t^3$
E	$8E-06t^2$
F	$0.0011t$
G	0.0489
$tm = \int_0^{\infty} tE(t) dt$	1200 Seg



ESTUDIO EXPERIMENTAL - NAME 42 - Método H.Scott Fogler	
$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - tm)^2 E(t) dt$	0 Seg ²
$\frac{\sigma^2}{tm^2} = \frac{2}{pe_r} + \frac{8}{pe_r^2}$	Per=4
$tm = (1 + \frac{2}{pe_r})\tau$	0 seg
$D_a = \frac{Ul}{pe_r}$	0.12 m ² /seg.

Tabla 188 Resultados a partir del método de H.Scott Fogler, estudio experimental, NAME 42.

Para el desarrollo de este método se debe calcular una regresión de los datos experimentales, en este caso la regresión obtenida es una regresión polinómica de sexto grado.

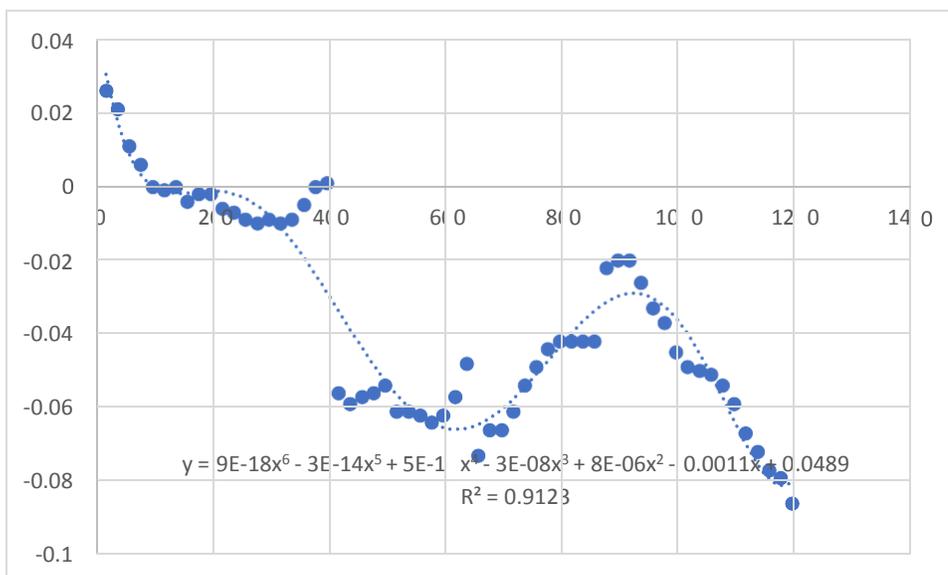


Figura 54 Grafica de datos y regresión para NAME 42 estudio experimental.

En este punto detector, el coeficiente de dispersion obtenido se encuentra 85.34% por debajo del límite inferior (0.8188 m²/s) definido por la ecuación por la ecuación empírica de Fischer, lo que indica una inadecuada dispersión de contaminantes, esto se deba a que a la distancia de 100 m aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del rio Acelhuate, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho rio se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango esperado, una velocidad mayor a 0.16m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.0641 m³/s.

2.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE COEFICIENTES DE DISPERSIÓN LONGITUDINAL

En la siguiente Tabla se presenta el resultado del cálculo de los coeficientes de dispersion longitudinal, el cual se utiliza para evaluar la capacidad de carga de los ríos y quebradas muetsreados, pertenecientes a las microcuencas Rio Arenal Monserrat y Rio Tomayate-

TABLA 189 RESULTADOS DE CALCULOS DE COEFICIENTES D E DISPERSION LONGITUDINAL

codigo	nombre	Rango .Ecuacion empírica de Fisher (-50% +50%) m ² /s	Metodo Folger Valor de coeficiente de dispersión longitudinal Da = Ul/Per m ² /s	RESULTADO
RIO# 1	Quebrada merliot	0.1416-0.4248	0.4	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.40m ² /s, se encuentra entre los límites definidos por la ecuación empírica de Fischer, por lo que se traduce en una BUENA dispersión de tipo mecánica en el sentido del flujo.
RIO# 2	Quebrada Buenos Aires	0.2679-0-8038	0.06875	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.06875 m ² /s, se encuentra, un 25% abajo del límite inferior (0.2679 m ² /seg) definido por la ecuación empírica de Fischer, por lo que se considera una baja dispersión de contaminantes presentes en los vertidos, esto puede deberse al bajo valor de caudal, 0.057 m ³ /s
RIO# 3	Quebrada La Mascota	1.76-5.2815	0.1249	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, a una distancia de 150 m, presenta el mismo valor que a 50 m, de 0.1249 m ² /s, se encuentra, debajo del límite inferior (1.7605 m ² /seg) definido por la ecuación empírica de Fischer, por lo que debido a que la velocidad se mantiene



				constante en este punto, no hay mejora en la dispersión de los contaminantes, esto a pesar de la distancia recorrida. esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante de dicha quebrada se necesite una mayor distancia y una velocidad mayor a 0.0714 m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.075 m ³ /s
RIO#4	Quebrada La Mascota	0.4081-1.22	12.19	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 12.19 m ² /s, se encuentra 10 veces arriba del límite superior (1.2244 m ² /s) definido por la ecuación empírica de Fischer, lo que indica una excelente dispersión de contaminantes, es decir la dispersión aumento, al aumentar la distancia recorrida, de 100 m a 200 m, a pesar de que las características del río se mantienen, ancho, profundidad, velocidad, caudal.
RIO#5	Arenal Monserrat	0.7196-2.159	0.2562	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.2562 m ² /s, se encuentra 64.4% debajo del límite inferior (0.7196 m ² /s) definidos por la ecuación empírica de Fischer, lo que indica que la dispersión no es adecuada, posiblemente por las características del río en el tramo medido, puede estar influenciado por el caudal, la velocidad o la distancia recorrida.
RIO# 6	San felipe	0.4143-1.2424	0.05	En este punto detector, el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, a la distancia de 200 m, es 0.05 m ² /s, dicho coeficiente de dispersión longitudinal no ha variado con respecto al coeficiente de dispersión longitudinal calculado a una distancia de 100m, por lo que lo que puede estar afectando a la dispersión de contaminantes es la velocidad y por consiguiente el caudal, que presenta un valor bajo de 0.0195 m ³ /s.
RIO# 7	Arenal Monserrat	10.654-31.9621	0.8449	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 0.8499 m ² /s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a esa distancia se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en el río, además el punto analizado está próximo a la confluencia de la quebrada La Maascota
RIO# 8	Quebrada La Mascota	15.4537-46.361	2.16	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 2.16 m ² /s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (15.4537 m ² /s), posiblemente se deba a que a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río.
RIO# 9	Acelhuate	1.137-3.4142	0.2373	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.2373 m ² /s, se



				encuentra 79.4% por debajo del límite inferior (1.1377 m ² /s) definido por la ecuación por la ecuación empírica de Fischer, lo que indica una inadecuada dispersión de contaminantes, esto se deba a que a la distancia de 100 m aún no se logra dispersión de contaminantes en el río , por la carga contaminante que este lleva (5185.8144 kg DQO/día), a pesar que se tiene un caudal de 0.4475 m ³ /s, que podría estar ayudando a una buena mezcla de contaminantes en el río.
RIO# 10	Acelhuate	4.3553-13.066	0.975	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, a una distancia de 200m,es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 0.975 m ² /s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a esa distancia se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en el río, en dicho punto la carga contaminante presenta un valor de 19,768.4928Kg DQO/día.
RIO# 11	Quebrada El Carmen	-----	-----	-----
RIO# 12	Quebrada El Carmen	0.2071-0.6214	0.025	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.025 m ² /s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (0.2071 m ² /s), posiblemente se deba a que a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río.
RIO# 13	Quebrada La Mascota	2.4981-7.4945	0.3906	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 0.3906 m ² /s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 200 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en la quebrada o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.
RIO# 14	Quebrada La Mascota	1.3455-4367	0.2	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.2m ² /s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (1.3455 m ² /s), posiblemente se deba a que a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo de la Quebrada La Mascota, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante que dicha quebrada lleva en este tramo, necesitaría una mayor distancia para dispersar, y una velocidad mayor a 0.2 m/s.



RIO# 15	Quebrada La Lehuza	0.4202-1.2606	0.075	EL coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.075 m ² /s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (0.4802 m ² /s), posiblemente se deba a que a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo de la Quebrada La Lechuza, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicha quebrada, necesitaría una mayor distancia para dispersar, y una velocidad mayor a 0.1 m/s.
RIO# 16	Quebrada La Lehuza	0.6962-2.0886	0.05	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.05 m ² /s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (0.6962m ² /s), posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo de la Quebrada La Lechuza, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante de dicha quebrada se necesite una mayor distancia y una velocidad mayor a 0.1 m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.01 m ³ /s.
RIO# 17	Tutunichapa	1.9951-5.9853	0.2374	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.2374 m ² /s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (1.9951m ² /s), posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del Rio arenal tutunichapa, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante de dicho rio se necesite una mayor distancia y una velocidad mayor a 0.1583 m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.2355 m ³ /s.
RIO# 18	Tutunichapa	5.3560-16.0681	0.3874	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.3874m ² /s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (5.3560m ² /s), posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del Rio Tutunichapa, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho Rio, se necesite una mayor velocidad y un mayor caudal.
RIO# 19	Tutunichapa	7.2011-21.6035	0.3498	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 0.3498 m ² /s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de



				200 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en la quebrada o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.
RIO# 20	San Antonio	0.2192-0.6578	0.1312	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.1312 m ² /s, se encuentra 40.0% por debajo del límite inferior (0.2192 m ² /s) definido por la ecuación por la ecuación empírica de Fischer, lo que indica una inadecuada dispersión de contaminantes, esto se deba a que a la distancia de 100 m aún no se logra dispersión de contaminantes en el rio San Antonio, por la carga contaminante que este lleva.
RIO# 21	San Antonio	1.3192-3.9578	0.1875	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 0.1875 m ² /s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 200 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en el rio o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes
RIO# 22	San Antonio	0.5565-1.6965	No se pudo calcular por las condiciones del lugar	-----
RIO# 23	Paleca	8.5431-25.6295	1.9125	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 1.9125 m ² /s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 150 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en la quebrada o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.
RIO# 24	chaguite	3.674-11-022	0.266	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.2666 m ² /s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (3.674m ² /s), posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del Río Chaguite, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante de dicho rio se necesite una mayor distancia y una velocidad mayor a



				0.266 m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.064 m ³ /s.
RIO# 25	Mariona	1.5507-4.652	0.075	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.075 m ² /s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (1.5507m ² /s), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río Mariona, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho río se necesite una mayor distancia y una velocidad mayor a 0.06 m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.025 m ³ /s.
RIO# 26	El Angel	10.7479-32.2439	1.1664	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 1.1664 m ² /s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (10.7479m ² /s), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río El Ángel, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho río se necesite una distancia mayor la determinación de coeficiente de dispersión y una velocidad mayor a 0.3888m/s o, en su defecto un caudal mayor a 1.875 m ³ /s.
RIO# 27	El Angel	3.9889-11-9669	0-2999	el coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.2999 m ² /s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (3.98899m ² /s), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río El Ángel, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho río se necesite una distancia mayor la determinación de coeficiente de dispersión y una velocidad mayor a 0.3428m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.1097m ³ /s
RIO# 28	El Angel	4.6162-13.8487	0.4312	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 0.4312 m ² /s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 200 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en la quebrada o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.
RIO# 29	tomayate	19.2726-57.8179	1.8277	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m,



				1.8277m ² /s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 200 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en la quebrada o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.
RIO# 30	Acelhuate	-----	-----	-----
RIO# 31	Acelhuate	10.9962-32.9886	1.2075	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 1.2075 m ² /s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 200 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en la quebrada o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.
RIO# 32	Tomayate	1.505-10.516	1.1166	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 1.1166 m ² /s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 200 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en la quebrada o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.
RIO# 33	Mariona	9.8383-29.5149	0.6267	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 0.62676 m ² /s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 200 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en la quebrada o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.
RIO# 34	San Antonio	0.1502-0.4507	0.02562	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.02562 m ² /s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer



				(0.1502m ² /s), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del rio San antonio, esto pueda deberse a que para dispersar la carga contaminante en dicho rio se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango esperado, una velocidad mayor a 0.041m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.0218 m ³ /s.
RIO# 35	Tomayate	10.0427-30.1281	1.3999	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 1.3999 m ² /s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (10.0427m ² /s), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del rio Tomayate, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho rio se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango esperado, una velocidad mayor a 0.6222m/s o, en su defecto un caudal mayor a 2.57m ³ /s.
RIO#36	Quebrada La Lechuza	0.6648-1.9946	0.612	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 100m, 0.0612m ² /s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 200 m se tengan más vertidos que no han sido identificados, los cuales aumentan la carga contaminante en la quebrada o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.
RIO# 37	San Antonio	13.6728-41.085	1.2	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 1.2 m ² /s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (10.9962m ² /s), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del rio San Antonio, esto pueda deberse a que para dispersar la carga contaminante en dicho rio se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango esperado, una velocidad mayor a 0.4m/s o, en su defecto un caudal mayor a 1.59 m ³ /s.
RIO# 38	Quebrada desconocida	0.7838-2.3515	0.075	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.075 m ² /s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (0.7838m ² /s),



				esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo de la quebrada, esto pueda deberse a que para dispersar la carga contaminante en dicha quebrada se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango esperado, una velocidad mayor a 0.15m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.0222 m ³ /s.
RIO#39	Mariona	0.1464-0.4399	0.0124	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.0124 m ² /s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (0.1464m ² /s), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 50 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río Mariona, esto pueda deberse que para dispersar la carga contaminante en dicho río se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango esperado, una velocidad mayor a 0.01666m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.00625m ³ /s.
RIO# 40	Quebrada desconocida	0.552-1.6562	0.625	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es el mismo valor obtenido para la distancia de 50m, 0.0625 m ² /s, por lo que se comprueba que la distancia recorrida no es un factor predominante en la dispersión de contaminantes, muy probablemente se deba a que a la distancia de 150 m no se logre una adecuada dispersión de contaminantes o también la inadecuada dispersión se deba a que la velocidad del flujo no es la suficiente para procurar una buena mezcla y con esto aumentar la dispersión de contaminantes.
RIO#41	Mariona	1.7068-0.5689	0.075	El coeficiente de dispersión obtenido por el método de H.Scott Fogler, es 0.075 m ² /s, está muy por debajo del límite inferior definido por la ecuación empírica de Fischer (0.5689m ² /s), esta inadecuada dispersión posiblemente se deba a que, a la distancia de 100 m, aun no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río Mariona, esto pueda deberse a que para dispersar la carga contaminante en dicho río se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango esperado, una velocidad mayor a 0.075m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.063 m ³ /s.
RIO# 42	San Antonio	0.0188-2.4565	0.12	el coeficiente de dispersion obtenido se encuentra 85.34% por debajo del límite inferior (0.8188 m ² /s) definido por la ecuación por la ecuación empírica de Fischer, lo que indica una inadecuada dispersión de



				contaminantes, esto se deba a que a la distancia de 100 m aún no se logra la dispersión de contaminantes en ese tramo del río Acelhuate, esto pueda deberse a que para dispersar la carga contaminante en dicho río se necesite una distancia mayor para obtener un coeficiente de dispersión que este dentro del rango esperado, una velocidad mayor a 0.16m/s o, en su defecto un caudal mayor a 0.0641 m ³ /s.
--	--	--	--	--

2.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS CAPACIDAD DE CARGAS CON LOS RESULTADOS DE COEFICIENTES DE DISPERSIÓN LONGITUDINAL (DA)

De Acuerdo a la tabla 189 presentada en la sección 2.5, se puede decir que todos los Ríos y Quebradas muestreadas presentan cierta capacidad de dispersión de contaminantes, en mayor o menor grado, para el caso del Río#1, correspondiente a Quebrada Merliot, se obtuvo un valor de coeficiente de dispersión, dentro del rango definido por la ecuación empírica de Fischer.

El Punto Río #4, correspondiente a Quebrada la Mascota, obtuvo el valor de coeficiente de dispersión más alto, superando 10 veces el límite máximo del rango definido por la ecuación empírica de Fischer.

Es importante mencionar que ningún coeficiente de dispersión obtuvo un valor igual a cero, eso significa que los ríos y quebradas afluentes a las Microcuencas en estudio, Arenal Monserrat y Tomayate, presentan cierto grado de dispersión, el cual no es suficiente para dispersar adecuadamente las cargas contaminantes que reciben debido a que están muy por debajo del límite inferior del rango definido por la ecuación empírica de Fischer.

A continuación se presentan los puntos que resultaron con los coeficientes de dispersión más bajos obtenidos por el método de H.Scott Fogler:

Codigo	Nombre	Velocidad Media m/s	Caudal M ³ /s	Valor Coeficiente de Dispersión Longitudinal (Da)
Río #2	Quebrada Buenos Aires	0.11	0.057	0.06875
Río #3	Quebrada La Mascota	0.0714	0.075	0.1249
Río #6	Quebrada San Felipe	0.1	0.0195	0.05
Río #12	Quebrada El Carmen	0.11	0.003	0.025

Rio#15	Quebrada Lechuza	La	0.1	0.05352	0.075
Rio# 16	Quebrada Lechuza	La	0.1	0.01	0.05
Rio #25	Rio Mariona		0.06	0.025	0.075
Rio #34	Rio san Antonio		0.041	0.0218	0.0256
Rio #39	Rio Mariona		0.0166	0.00625	0.0124

De los 9 puntos seleccionados como los Puntos donde se obtuvieron los valores más bajos de coeficientes de dispersion, 7 de ellos son Quebradas, las cuales presentaron valores bajos de velocidad media de flujo y bajo caudal, lo que dificulta la capacidad de dispersion de contaminantes.

2.7. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos, el 97.6% de los Ríos Muestreados, tiene coeficientes de dispersión que están fuera del rango definido por la ecuación empírica de Fisher, de este porcentaje, únicamente el punto Rio#4, supera el límite máximo del rango estimado según el método de Fisher, lo que indica una muy buena dispersión de contaminantes, el resto presentan una dispersión baja, o inadecuada, esta se ve influenciada por la velocidad y/o el caudal.
- No se pudo realizar estudio de trazabilidad en el punto 11 y 30 debido a que no se pudo medir caudal.
- Los coeficientes de dispersión longitudinal se midieron a distancias de 100m y 200m, a excepción de los puntos Rio#3, Rio #23, Rio #40, que se midieron a distancias de 50 m y 150 m, la medida a 100 m y a 200 m en dichos puntos, se dificulto por inaccesibilidad a esas distancias.
- Ningún coeficiente de dispersión obtuvo un valor igual a cero, eso significa que los ríos y quebradas afluentes a las Microcuencas en estudio, Arenal Monserrat y Tomayate, presentan cierto grado de dispersión, el cual no es suficiente para dispersar adecuadamente las cargas contaminantes que reciben debido a que están muy por debajo del límite inferior del rango definido por la ecuación empírica de Fischer, el cual recomienda que para lograr una adecuada dispersión los coeficientes de dispersión deberán dentro del rango definido por la ecuación de Fisher.



2.8. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar los ensayos de trazabilidad en época seca, para evaluar la capacidad de cargas cuando los caudales en la mayoría de las quebradas se deban más que todo a los vertidos y no a lluvia que puede hacer el efecto de dilución de los contaminantes.
- ✓ Es importante tomar medidas a corto plazo, que puedan mejorar la capacidad de dispersión de contaminantes de los ríos y quebradas muestreadas, ya que estos fueron medidos en época lluviosa, se esperaría que el panorama sea más desfavorable en época seca, por la reducción de caudal.

3. PLAN DE MEDIDAS A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

3.1. INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) ha encargado la consultoría para el "Levantamiento y caracterización de vertidos en las microcuencas de los ríos Tomayate y Arenal de Monserrat tributarios del río Acelhuate", según Contrato MARN/AECID/SLV-056-B N° 01-2020 a la empresa Vielca Ingenieros, S.A.

En los productos 2 y 3 de la consultoría se llevaron a cabo, entre otras tareas, recorridos de campo para la identificación de vertidos en los cauces que integran las microcuencas de los ríos Arenal Monserrat y Tomayate.

Los productos 4 y 5 de la consultoría seleccionaban los puntos en los que tomar muestras de calidad de aguas en vertidos (ordinarios, especiales o mixtos), ríos (para la evaluación de cargas contaminantes y el cálculo del Índice de Calidad de Aguas) y bóvedas, así como su análisis en laboratorio; al tiempo que presentaban los resultados de dichos ensayos.

Finalmente, dentro del Producto 6. Informe final, se debe desarrollar un plan de medidas a corto, mediano y largo plazo, para controlar la contaminación de las microcuencas de los ríos Tomayate y Arenal de Monserrat abordando acciones específicas en cada medio receptor dentro del área de estudio.

3.2. OBJETO

El presente informe establece, mediante modelación de calidad de aguas superficiales, la línea base de los ríos Arenal de Monserrat y Tomayate en base a las campañas de muestreo llevadas a cabo en la consultoría.

A partir de la misma se plantea un plan de medidas de corto (3 años), mediano (5 años) y largo plazo (10 años) para el control de la contaminación en ambos cauces mediante el planteamiento de medidas de carácter estructural y no estructural.

Finalmente, es objeto del presente informe demostrar la validez de las medidas establecidas mediante la modelación de calidad de aguas.

3.3. METODOLOGÍA

Se ha desarrollado un modelo de calidad de aguas diferenciado de los cauces principales con ayuda del software QUAL2K (Chapra, Pelletier y Tao, 2012) para planificar y priorizar las medidas a corto, mediano y largo plazo a adoptar en las microcuencas de los ríos Tomayate y Arenal Monserrat.

Los cauces modelizados son:

- [El Piro – Arenal Monserrat.](#)
- La Mascota.
- [Tutunichapa – Tomayate.](#)
- San Antonio.
- Mariona.
- El Ángel.

Los tramos destacados en azul se corresponden con los modelos principales de cada una de las microcuencas – i.e. ríos Arenal Monserrat y Tomayate¹ –, habiéndose desarrollado el resto de modelos por la importancia de los hallazgos encontrados en los recorridos de campo y las evidencias de

¹ Los modelos el Piro – Arenal Monserrat y Tutunichapa – Tomayate se corresponden, respectivamente, con los cauces de los ríos Arenal Monserrat y Tomayate. La nomenclatura empleada responde a que tanto la quebrada El Piro como el río Tutunichapa son las cabeceras más importantes de ambos ríos y por ello el modelo principal se inicia en los correspondientes tramos de cauce.



contaminación que han sido cuantificadas con los ensayos de calidad de agua desarrollados en laboratorio.

Los criterios adoptados en la selección y segmentación de los cauces han sido los siguientes:

- Los modelos integran los levantamientos de campo y ensayos de laboratorio realizados en las fases antecedentes de la consultoría.
- El inicio del modelo se produce en un punto del cauce en el que se conoce el caudal, por lo que la información proviene de alguna de las siguientes fuentes: (1) muestreos para la determinación de cargas contaminantes en ríos y quebradas; (2) muestreos para el cálculo de la calidad del agua superficial en ríos; y (3) muestreos de agua superficial en bóvedas.
- Los tramos se estudian desde el punto más aguas arriba con caudal del río conocido hasta el punto final de caudal conocido. De igual modo se introducen los puntos conocidos de caudal en cada tramo y los vertidos aportados que han sido muestreados – independientemente de si se trata de vertidos ordinarios, especiales o mixtos.

Los modelos se establecen para la definición de la línea base actual constatada en la campaña de muestreos de campo y en base a los resultados se establecen medidas a adoptar para la mejora de la calidad de las aguas. Las medidas propuestas se evalúan nuevamente a través de los modelos y, en función de los resultados, se establecen los criterios de priorización para los distintos horizontes temporales previstos.

Seguidamente se describen las características principales contextualizadas al presente problema del modelo QUAL2K:

- Modelación unidimensional en dirección del flujo de corriente.
- Se considera mezcla completa en las dimensiones perpendiculares al flujo – i.e. horizontal y vertical.
- Se puede realizar una modelación en estado estacionario y uniforme – en el presente caso tan sólo se cuenta con una campaña de muestras de calidad de aguas.
- QUAL2K permite simular los siguientes parámetros: [Conductividad](#), [Sólidos Suspendidos](#), [Oxígeno Disuelto](#), [DBO](#), Nitrógeno Total, Amonio, Nitratos, Fósforo, Fitoplancton, Materia Orgánica Particulada, Patógenos, Alcalinidad, Carbono Orgánico Total, [pH](#), [Temperatura](#) y [Caudal](#), destacando en [azul](#) los que han sido implementados en el presente caso por contar con información de la campaña de campo.
- El modelo considera la interacción entre los sedimentos y el agua, incluyendo la influencia de las algas del fondo.

3.3.1. PROCESO DE CÁLCULO

En este apartado se explica el procedimiento seguido para implementar los modelos en QUAL2K, la información de partida disponible y el completado de información.

La siguiente figura presenta el modelo constitutivo y las variables de estado implicadas en la modelación de QUAL2K (adaptada de Chapra, Pelletier y Tao, 2012):

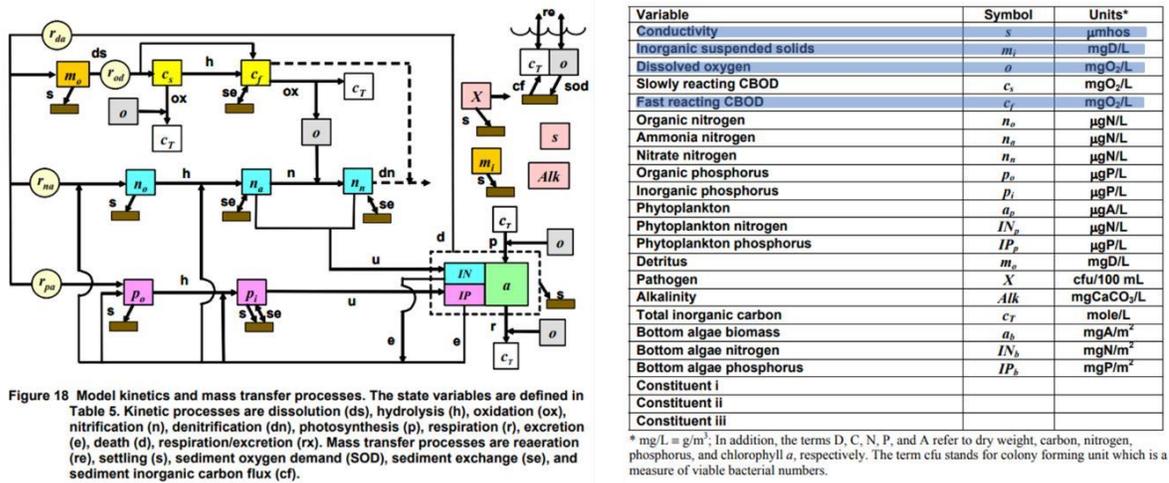


Figura 1. Modelo constitutivo y variables de estado de QUAL2K

En azul se destacan las variables de estado que han sido consideradas en la modelación del presente trabajo, a saber: (1) conductividad; (2) sólidos suspendidos; (3) oxígeno disuelto; y (4) DBO₅. De manera adicional se introducen los datos de temperatura y pH.

Dado que son las que tienen correspondencia entre lo analizado en la campaña de campo de la presente consultoría y la modelación de QUAL2K.

La segmentación de los ríos se realiza entre tramos con características conocidas de caudal y calidad de aguas – i.e. en base a la información levantada en la presente consultoría, los tramos de cauce se segmentan entre muestras para la determinación de cargas contaminantes, para el cálculo de la calidad del agua superficial y bóvedas –, ordenándose de manera creciente desde el inicio del modelo hasta el final del mismo, e introduciendo los aportes a lo largo del cauce; tal y como se representa en la siguiente figura:

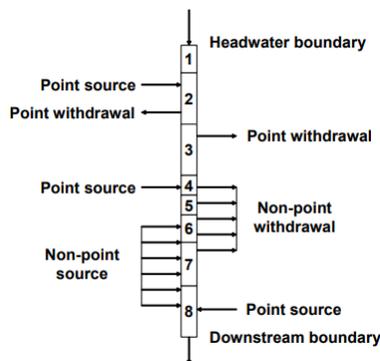


Figura 2. Segmentación del modelo QUAL2K sin tributarios



Cabe destacar que el modelo permite introducir la variación horaria de las variables, pero que al no disponer de dicha variabilidad en la campaña de campo realizada, se procede según las recomendaciones del programa, introduciendo el mismo valor de la variable de interés para todas las horas del día.

La introducción de datos en el modelo se realiza de manera secuencial, recorriendo las distintas pestañas que integran la Hoja MS Excel y ejecutando el código que ha sido implementado en el lenguaje de programación Fortran.

El proceso de trabajo resultante responde a la siguiente secuencia:

- Definición de rutas de trabajo, periodo de simulación y pasos de cálculo, a introducir en la pestaña QUAL2K.

QUAL2K FORTRAN
Stream Water Quality Model
Steve Chapra, Hua Tao and Greg Pelletier
Version 2.12b1

System ID:	
River name	Tutunichapa-Tomayate
Saved file name	Tomayate
Directory where file saved	c:\QUAL2K\DataFiles
Month	6
Day	25
Year	2021
Local time hours to UTC	-6
Daylight savings time	No
Calculation:	
Calculation step	0.05 hours
Final time	2 day
Solution method (integration)	Euler
Solution method (pH)	Brent
Time zone	Central Standard Time
Program determined calc step	0.046875 hours
Time of last calculation	0.19 minutes
Time of sunrise	5:31 AM
Time of solar noon	11:59 AM
Time of sunset	6:27 PM
Photoperiod	12.94 hours

Open Old File

Run Fortran

Figura 3. Pestaña QUAL2K del modelo QUAL2K

- Datos del segmento aguas arriba: cota, caudal, curva de gasto y variación horario de las variables de calidad de agua. A introducir en la pestaña Headwater.

QUAL2K
Stream Water Quality Model
Tutunichapa-Tomayate (R25/2021)
Headwater Data:

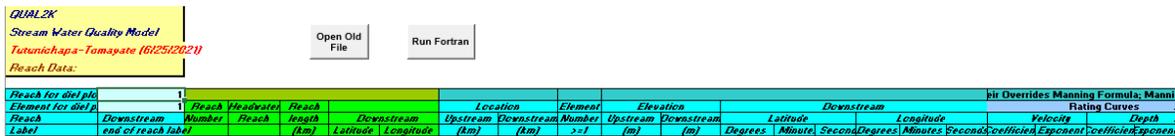
Open Old File

Run Fortran

Headwater label	Reach No	Flow Rate (m ³ /s)	Elevation (m)	Rating Curves												Manning Formula		Prescribed
				Vsp	Height	Vmax	adum	bdum	Velocity	Depth	Channel	Manning	Slope	Side	Slope			
Tomayate	1	0.046	764.210	0.0000	0.0000	1.2500	0.9000	0.2510	0.430	0.4793	0.720	0	0.0000	0.00	0.00	0.00		
Water Quality Constituents																		
Temperature		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00		
Conductivity		16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00		
Bioorganic Solids																		
Dissolved Oxygen																		
Chlorophyll																		
Organic Nitrogen																		
NH4-Nitrogen																		
NO3-Nitrogen																		
Organic Phosphorus																		
Inorganic Phosphorus (I)																		
Phytoplankton																		
Internal Nitrogen (INP)																		
Internal Phosphorus (IP)																		
Diatoms (FODS)																		
Pathogen																		
Alkalinity																		
Constituent I																		
Constituent II																		
Constituent III																		
pH		8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05		

Figura 4. Pestaña Headwater del modelo QUAL2K

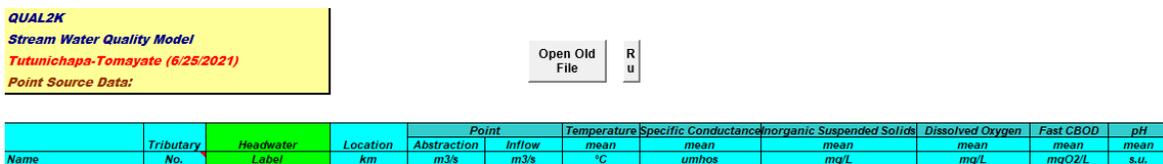
- Topología e hidráulica de los segmentos de cauce: longitud, coordenadas de aguas arriba y aguas abajo, curvas de gasto. A introducir en la pestaña Reach.



Reach for del p	1	Reach Headwater	Reach	Location	Element	Elevation	Downstream	Override Manning Formula; Mann
Element for del p	1	Downstream Number	Reach length (km)	Downstream Upstream (km)	Downstream Number	Upstream Downstream (m)	Latitude Longitude	Rating Curves
Reach Label	end of reach label		(km)	Latitude Longitude	(km)	(m)	Degrees Minute, Second, Degrees Minute, Second	Coefficient, Exponent, Coefficient, Exponent

Figura 5. Pestaña Reach del modelo QUAL2K

- Variables climáticas, el modelo permite la definición de las variables: temperatura del aire, punto de rocío, velocidad del viento, cobertura de nubes y sombra; para cada uno de los tramos. Al no contar con esta discretización en el proyecto, se optó por introducir los datos de un servicio climático web, en este caso <https://weather.com/>.
- Constantes y cinética de entrada, se mantienen los valores por defecto de las pestañas Rates y Light and Heat.
- Definición de parámetros de calidad de aguas y caudal en los aportes puntuales, a introducir en la pestaña Point Sources.



Name	Tributary No.	Headwater Label	Location km	Point		Temperature	Specific Conductance	Inorganic Suspended Solids	Dissolved Oxygen	Fast CBOD	pH
				Abstraction m3/s	Inflow m3/s	mean °C	mean umhos	mean mg/L	mean mgO2/L	mean s.u.	

Figura 6. Pestaña Point Sources del modelo QUAL2K

Con todo lo anterior se define el modelo de cálculo para cada uno de los cauces y se corre el programa.

3.3.2. SEGMENTACIÓN E HIDRÁULICA

En el presente apartado se establecen las relaciones topológicas existentes en cada uno de los modelos, presentando los puntos seleccionados para su discretización, en los que se conoce el caudal de cauce principal y los resultados de calidad del agua derivados del muestreo y ensayos de laboratorios realizados en el marco de la presente consultoría.

3.3.2.1. EL PIRO – ARENAL MONSERRAT

Constituye el modelo principal de la microcuenca del río Arenal Monserrat, con 12.96 km de longitud y comprende desde la bóveda que se inicia a la altura de la 11 Avenida Sur de Santa Tecla hasta la 8 Avenida Sur de San Salvador.

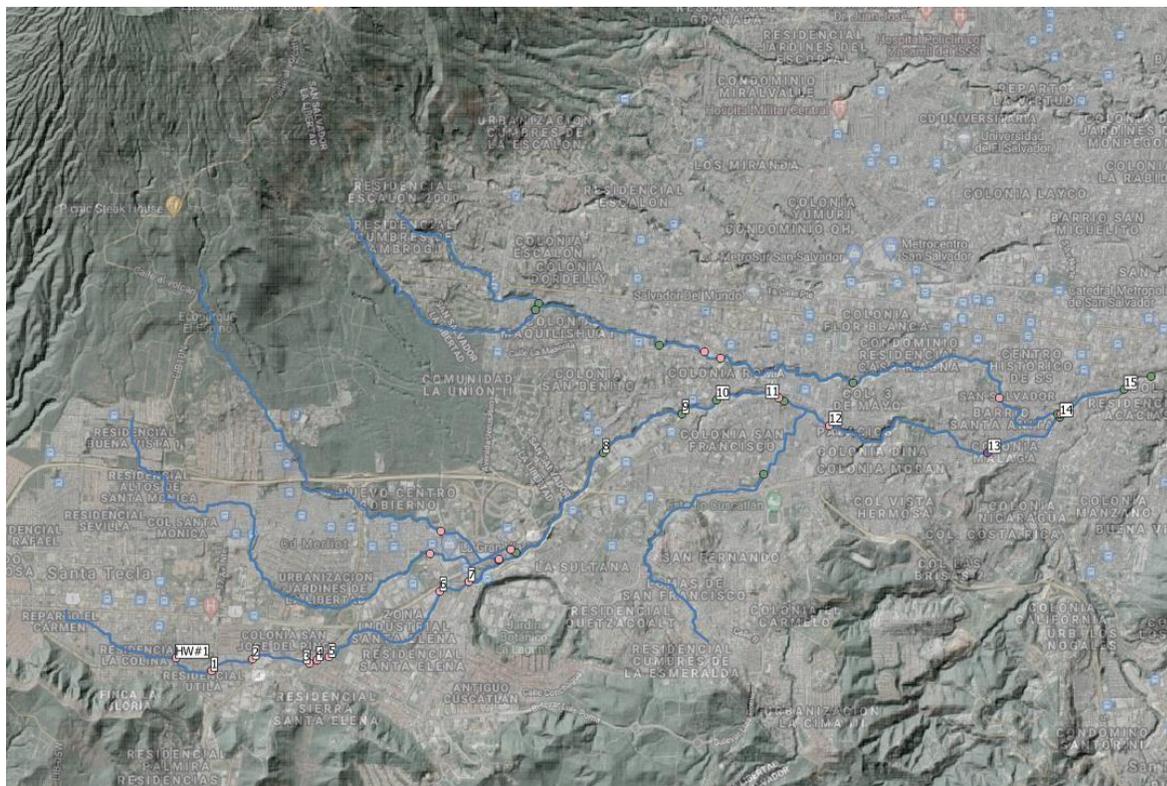


Figura 7. Segmentación del modelo El Piro - Arenal Monserrat

El tramo inicia en la cota 900.39 m y finaliza en la cota 625.48 m, correspondiéndose con una pendiente media de 0.021 m/m.

El cauce principal recibe los aportes de las quebradas Merliot y Buenos Aires, así como de los ríos Arenal de San Felipe y La Mascota.

Los parámetros de entrada al modelo se presentan en la siguiente tabla²:

² Las curvas de gasto de velocidad y profundidad se han ajustado en base a la medición de campo de caudal y considerando los valores típicos de las relaciones de Leopold-Maddox según Barnwell et al. (1989).



Element for diel plot	Downstream reach	Reach Number	Headwater Reach	Reach length (km)	Downstream		Location		Element Number	Elevation		Latitude		Longitude		Rating	Curves	Depth			
					Latitude	Longitude	Upstream (km)	Downstream (km)		Upstream (m)	Downstream (m)	Degree	Minutes	Degree	Minutes						
RW1	1.000	1	Yes	0.53	13.65	89.27	12.900	12.440	3	897.900	891.100	13.000	40	0	89.000	10	0.42	1.4410	0.430	0.3120	0.450
	2.000	2		0.67	13.67	89.27	12.440	11.934	4	880.900	876.970	13.000	40	0	89.000	10	0.174	1.3780	0.430	0.2710	0.450
	3.000	3		0.74	13.67	89.27	11.264	11.666	5	870.370	870.470	13.000	40	0	89.000	10	0.000	1.1080	0.430	0.0880	0.500
	4.000	4		0.74	13.67	89.25	11.160	11.030	2	876.470	866.883	13.000	40	0	89.000	15	0.994	1.1480	0.430	0.1280	0.450
	5.000	5		1.75	13.67	89.25	11.030	11.030	6	866.883	838.715	13.000	40	0	89.000	15	0.333	1.0320	0.430	0.1680	0.450
	6.000	6		0.37	13.67	89.25	9.282	8.913	2	838.715	826.288	13.000	40	1	89.000	15	0.162	0.7430	0.430	0.1730	0.450
	7.000	7		2.22	13.68	89.25	8.913	8.913	10	826.288	778.126	13.000	41	0	89.000	14	0.366	0.9330	0.430	0.3130	0.450
	8.000	8		1.04	13.68	89.22	8.689	8.689	5	778.126	744.159	13.000	41	0	89.000	13	0.894	0.3630	0.430	0.1610	0.450
	9.000	9		0.40	13.68	89.22	8.689	8.199	3	744.159	732.615	13.000	41	1	89.000	13	0.684	1.0320	0.430	0.3340	0.450
	10.000	10		0.75	13.68	89.22	8.199	7.470	4	722.615	722.489	13.000	41	1	89.000	13	0.313	1.5180	0.430	0.2290	0.450
	11.000	11		0.68	13.68	89.22	4.472	3.822	4	724.490	674.784	13.000	41	0	89.000	13	0.011	3.9950	0.430	0.1230	0.450
	12.000	12		2.11	13.68	89.20	3.822	1.718	9	674.784	647.890	13.000	41	0	89.000	12	0.067	0.8760	0.430	0.1250	0.450
	13.000	13		0.95	13.68	89.18	1.718	0.785	5	647.890	633.051	13.000	41	0	89.000	11	0.646	0.6860	0.430	0.1940	0.450
	14.000	14		0.78	13.68	89.18	0.785	0.000	4	633.051	625.475	13.000	41	1	89.000	11	0.324	0.1330	0.430	0.8620	0.450
	15.000	15																			

Tabla 1. Topología y curvas de gasto del modelo QUAL2K del río Arenal Monserrat

Al mismo tiempo, el modelo ha considerado los siguientes aportes de contaminación puntual a través de los vertidos muestreados y los cauces vertientes.

Name	Tributary No.	Headwater Label	Location km	Point	Abstraction m³/s	Inflow m³/s	Temperature mean °C	Specific Conductance umhos	Inorganic Suspended Solids mean mg/L	Dissolved Oxygen mean mg/L	Fast CBOD mgO2/L	pH mean s.u.
AM_B_004_EP	0	ArenalMonserrat	8.55	0.0000	0.0000	24.20	762.00	314.00	8.30			
AM_B_024_EP	0	ArenalMonserrat	8.71	0.0000	0.0008	23.90	633.00	3.16	22.30	7.80		
AM_B_017_EP	0	ArenalMonserrat	8.38	0.0000	0.0015	24.30	702.00	16.00	349.00	5.00	8.60	
Merlot	0	ArenalMonserrat	8.33	0.0000	0.1290	24.60	212.00	16.00	7.20	8.28		
Buenos Aires	0	ArenalMonserrat	8.17	0.0000	0.0570	23.40	411.00	44.00	21.80	8.23		
AM_A_019_LL	0	ArenalMonserrat	7.43	0.0000	0.0012	26.20	1105.00	60.00	12.70	69.70	7.10	
AM_A_014_LL	0	ArenalMonserrat	7.13	0.0000	0.0009	29.40	1106.00	24.00	14.50	20.20	8.00	
AM_A_003_LL	0	ArenalMonserrat	5.72	0.0000	0.0009	27.20	1325.00	76.00	10.60	221.50	8.20	
AM_B_037_LL	0	ArenalMonserrat	4.62	0.0000	0.0085	26.70	1220.00	188.00	6.08	225.50	7.60	
San Felipe	0	ArenalMonserrat	4.13	0.0000	0.0200	27.80	813.00				7.91	
AM_A_006_AM	0	ArenalMonserrat	3.43	0.0000	0.0030	28.90	1351.00	160.00	2.70	315.00	7.30	
AM_B_004_AM	0	ArenalMonserrat	3.24	0.0000	0.0090	28.90	879.00	120.00	1.60	228.70	7.40	
AM_A_011_AM	0	ArenalMonserrat	2.60	0.0000	0.0040	27.40	1209.00	112.00	5.10	145.30	7.30	
AM_B_015_AM	0	ArenalMonserrat	2.39	0.0000	0.0070	26.90	1180.00	1.20	52.30	7.00		
AM_A_017_AM	0	ArenalMonserrat	1.87	0.0000	0.0004	28.00	1023.00	4783.30			11.60	
AM_B_018_AM	0	ArenalMonserrat	1.14	0.0000	0.0000	30.00	728.00	0.00	1305.00	8.00		
La Mascoia	0	ArenalMonserrat	0.74	0.0000	0.4600	24.40	803.00	166.00			38.00	8.02
AM_B_019_AM	0	ArenalMonserrat	0.04	0.0000	0.0100	27.70	1041.00	208.00	5.40	109.70	7.00	

Tabla 2. Aportes de fuentes puntuales de contaminación al río Arenal Monserrat

De igual forma, se han considerado la siguiente distribución horaria de variables climáticas - i.e. temperatura, punto de rocío, velocidad del viento, cobertura de nubes y sombra - identificadas en el AMSS durante los días de realización de la toma de muestras.

Date	Time	Temperature (°C)	Humidity (%)	Wind Speed (m/s)	Cloud Cover (%)	Shadow (%)	Hourly temperature for each reach (degrees C)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
							1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000	11.000	12.000	13.000	14.000	15.000	16.000	17.000	18.000	19.000	20.000	21.000	22.000	23.000	24.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
ArenalMonserrat	RW1	1.000	12.00	12.44	11.11	0.83	1.11	1.33	1.55	1.77	1.99	2.22	2.44	2.66	2.88	3.11	3.33	3.55	3.77	4.00	4.22	4.44	4.66	4.88	5.11	5.33	5.55	5.77	6.00	6.22	6.44	6.66	6.88	7.11	7.33	7.55	7.77	8.00	8.22	8.44	8.66	8.88	9.11	9.33	9.55	9.77	10.00	10.22	10.44	10.66	10.88	11.11	11.33	11.55	11.77	12.00	12.22	12.44	12.66	12.88	13.11	13.33	13.55	13.77	14.00	14.22	14.44	14.66	14.88	15.11	15.33	15.55	15.77	16.00	16.22	16.44	16.66	16.88	17.11	17.33	17.55	17.77	18.00	18.22	18.44	18.66	18.88	19.11	19.33	19.55	19.77	20.00	20.22	20.44	20.66	20.88	21.11	21.33	21.55	21.77	22.00	22.22	22.44	22.66	22.88	23.11	23.33	23.55	23.77	24.00	24.22	24.44	24.66	24.88	25.11	25.33	25.55	25.77	26.00	26.22	26.44	26.66	26.88	27.11	27.33	27.55	27.77	28.00	28.22	28.44	28.66	28.88	29.11	29.33	29.55	29.77	30.00	30.22	30.44	30.66	30.88	31.11	31.33	31.55	31.77	32.00	32.22	32.44	32.66	32.88	33.11	33.33	33.55	33.77	34.00	34.22	34.44	34.66	34.88	35.11	35.33	35.55	35.77	36.00	36.22	36.44	36.66	36.88	37.11	37.33	37.55	37.77	38.00	38.22	38.44	38.66	38.88	39.11	39.33	39.55	39.77	40.00	40.22	40.44	40.66	40.88	41.11	41.33	41.55	41.77	42.00	42.22	42.44	42.66	42.88	43.11	43.33	43.55	43.77	44.00	44.22	44.44	44.66	44.88	45.11	45.33	45.55	45.77	46.00	46.22	46.44	46.66	46.88	47.11	47.33	47.55	47.77	48.00	48.22	48.44	48.66	48.88	49.11	49.33	49.55	49.77	50.00	50.22	50.44	50.66	50.88	51.11	51.33	51.55	51.77	52.00	52.22	52.44	52.66	52.88	53.11	53.33	53.55	53.77	54.00	54.22	54.44	54.66	54.88	55.11	55.33	55.55	55.77	56.00	56.22	56.44	56.66	56.88	57.11	57.33	57.55	57.77	58.00	58.22	58.44	58.66	58.88	59.11	59.33	59.55	59.77	60.00	60.22	60.44	60.66	60.88	61.11	61.33	61.55	61.77	62.00	62.22	62.44	62.66	62.88	63.11	63.33	63.55	63.77	64.00	64.22	64.44	64.66	64.88	65.11	65.33	65.55	65.77	66.00	66.22	66.44	66.66	66.88	67.11	67.33	67.55	67.77	68.00	68.22	68.44	68.66	68.88	69.11	69.33	69.55	69.77	70.00	70.22	70.44	70.66	70.88	71.11	71.33	71.55	71.77	72.00	72.22	72.44	72.66	72.88	73.11	73.33	73.55	73.77	74.00	74.22	74.44	74.66	74.88	75.11	75.33	75.55	75.77	76.00	76.22	76.44	76.66	76.88	77.11	77.33	77.55	77.77	78.00	78.22	78.44	78.66	78.88	79.11	79.33	79.55	79.77	80.00	80.22	80.44	80.66	80.88	81.11	81.33	81.55	81.77	82.00	82.22	82.44	82.66	82.88	83.11	83.33	83.55	83.77	84.00	84.22	84.44	84.66	84.88	85.11	85.33	85.55	85.77	86.00	86.22	86.44	86.66	86.88	87.11	87.33	87.55	87.77	88.00	88.22	88.44	88.66	88.88	89.11	89.33	89.55	89.77	90.00	90.22	90.44	90.66	90.88	91.11	91.33	91.55	91.77	92.00	92.22	92.44	92.66	92.88	93.11	93.33	93.55	93.77	94.00	94.22	94.44	94.66	94.88	95.11	95.33	95.55	95.77	96.00	96.22	96.44	96.66	96.88	97.11	97.33	97.55	97.77	98.00	98.22	98.44	98.66	98.88	99.11	99.33	99.55	99.77	100.00	100.22	100.44	100.66	100.88	101.11	101.33	101.55	101.77	102.00	102.22	102.44	102.66	102.88	103.11	103.33	103.55	103.77	104.00	104.22	104.44	104.66	104.88	105.11	105.33	105.55	105.77	106.00	106.22	106.44	106.66	106.88	107.1



STATIONS	Elevation	Coordinates	Temperature																								
			12:00 AM	1:00 AM	2:00 AM	3:00 AM	4:00 AM	5:00 AM	6:00 AM	7:00 AM	8:00 AM	9:00 AM	10:00 AM	11:00 AM	12:00 PM	1:00 PM	2:00 PM	3:00 PM	4:00 PM	5:00 PM	6:00 PM	7:00 PM	8:00 PM	9:00 PM	10:00 PM	11:00 PM	
01	12.24	100.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00

Tabla 3. Distribución horaria de las variables temperatura, punto de rocío, velocidad del viento, cobertura de nubes y sombras

Finalmente, se han empleado los parámetros y variables de estado (rates) que vienen por defecto en el programa para realizar los cálculos correspondientes.

Parameter	Value	Units	Symbol
Stoichiometry:			
Carbon	40	gC	gC
Nitrogen	7.2	gN	gN
Phosphorus	1	gP	gP
Dry weight	100	gD	gD
Chlorophyll	1	gA	gA
Inorganic suspended solids:			
Settling velocity	0.1	m/d	v_i
Oxygen:			
Reaeration model	Internal		
User reaeration coefficient α	3.93		α
User reaeration coefficient β	0.5		β
User reaeration coefficient γ	1.5		γ
Temp correction	1.024		f_T^a
Reaeration wind effect	None		
O ₂ for carbon oxidation	2.69	gO ₂ /gC	r_{oc}
O ₂ for NH ₄ nitrification	4.57	gO ₂ /gN	r_{on}
Oxygen inhib model CBOD oxidation	Exponential		
Oxygen inhib parameter CBOD oxidation	0.60	L/mgO ₂	K_{soef}
Oxygen inhib model nitrification	Exponential		
Oxygen inhib parameter nitrification	0.60	L/mgO ₂	K_{sona}
Oxygen enhance model denitrification	Exponential		
Oxygen enhance parameter denitrification	0.60	L/mgO ₂	K_{sodn}
Oxygen inhib model phyto resp	Exponential		
Oxygen inhib parameter phyto resp	0.60	L/mgO ₂	K_{sop}
Oxygen enhance model bot alg resp	Exponential		
Oxygen enhance parameter bot alg resp	0.60	L/mgO ₂	K_{sob}
Slow CBOD:			
Hydrolysis rate	0	/d	k_{hc}
Temp correction	1.07		f_T^{hc}
Oxidation rate	0	/d	k_{dcs}
Temp correction	1.047		f_T^{dcs}
Fast CBOD:			
Oxidation rate	0.09	/d	k_{dc}
Temp correction	1.047		f_T^{dc}
Organic N:			
Hydrolysis	0.015	/d	k_{hn}
Temp correction	1.07		f_T^{hn}
Settling velocity	0.0005	m/d	v_{on}
Ammonium:			
Nitrification	0.08	/d	k_{na}
Temp correction	1.07		f_T^{na}
Nitrate:			
Denitrification	0.1	/d	k_{dn}
Temp correction	1.07		f_T^{dn}
Sed denitrification transfer coeff	0.8	m/d	v_{di}
Temp correction	1.07		f_T^{di}
Organic P:			
Hydrolysis	0.03	/d	k_{hp}
Temp correction	1.07		f_T^{hp}
Settling velocity	0.001	m/d	v_{op}
Inorganic P:			
Settling velocity	0.8	m/d	v_{ip}
Inorganic P sorption coefficient	1000	L/mgD	K_{dip}
Sed P oxygen attenuation half sat constant	1	mgO ₂ /L	K_{spi}
Phytoplankton:			
Max Growth rate	3.8	/d	k_{gp}
Temp correction	1.07		f_T^{gp}
Respiration rate	0.15	/d	k_{rp}
Temp correction	1.07		f_T^{rp}
Excretion rate	0.3	/d	k_{ep}
Temp correction	1.07		f_T^{ep}
Death rate	0.1	/d	k_{dp}
Temp correction	1.07		f_T^{dp}
External Nitrogen half sat constant	100	ugN/L	K_{sPp}



Parameter	Value	Units	Symbol
External Phosphorus half sat constant	10	ugP/L	K_{SNP}
Inorganic carbon half sat constant	1.30E-05	moles/L	K_{SCP}
Light model	Half saturation		
Light constant	250	langleys/d	K_{LP}
Ammonia preference	25	ugN/L	K_{hmsp}
Subsistence quota for nitrogen	0	mgN/mgA	Q_{ONP}
Subsistence quota for phosphorus	0	mgP/mgA	Q_{OPP}
Maximum uptake rate for nitrogen	0	mgN/mgA/d	μ_{mNP}
Maximum uptake rate for phosphorus	0	mgP/mgA/d	μ_{mPP}
Internal nitrogen half sat constant	0	mgN/mgA	K_{qNP}
Internal phosphorus half sat constant	0	mgP/mgA	K_{qPP}
Settling velocity	0	m/d	V_a
Bottom Algae:			
Growth model	Zero-order		
Max Growth rate	200	mgA/m ² /d or /d	C_{gb}
Temp correction	1.07		θ_{gb}
First-order model carrying capacity	1000	mgA/m ²	$A_{b,max}$
Respiration rate	0.2	/d	K_{rb}
Temp correction	1.07		θ_{rb}
Excretion rate	0.12	/d	K_{eb}
Temp correction	1.07		θ_{db}
Death rate	0.1	/d	K_{db}
Temp correction	1.07		θ_{db}
External nitrogen half sat constant	300	ugN/L	K_{SNB}
External phosphorus half sat constant	100	ugP/L	K_{SPB}
Inorganic carbon half sat constant	1.30E-05	moles/L	K_{SCB}
Light model	Half saturation		
Light constant	100	langleys/d	K_{LB}
Ammonia preference	25	ugN/L	K_{hmsb}
Subsistence quota for nitrogen	0.72	mgN/mgA	Q_{ON}
Subsistence quota for phosphorus	0.1	mgP/mgA	Q_{OP}
Maximum uptake rate for nitrogen	72	mgN/mgA/d	μ_{mN}
Maximum uptake rate for phosphorus	5	mgP/mgA/d	μ_{mP}
Internal nitrogen half sat constant	0.9	mgN/mgA	K_{qN}
Internal phosphorus half sat constant	0.13	mgP/mgA	K_{qP}
Detritus (POM):			
Dissolution rate	0.23	/d	K_{dt}
Temp correction	1.07		θ_{dt}
Fraction of dissolution to fast CBOD	1.00		F_f
Settling velocity	0.008	m/d	V_{dt}
Pathogens:			
Decay rate	0.8	/d	K_{dx}
Temp correction	1.07		θ_{dx}
Settling velocity	1	m/d	V_x
Light efficiency factor	1.00		θ_{path}
pH:			
Partial pressure of carbon dioxide	347	ppm	p_{CO2}
Constituent i			
First-order reaction rate	0	/d	
Temp correction	1		θ_{dx}
Settling velocity	0	m/d	V_{dt}
Constituent ii			
First-order reaction rate	0	/d	
Temp correction	1		θ_{dx}
Settling velocity	0	m/d	V_{dt}
Constituent iii			
First-order reaction rate	0	/d	
Temp correction	1		θ_{dx}
Settling velocity	0	m/d	V_{dt}

Tabla 4. Parámetros y variables de estado empleados en la modelación con QUAL2K

3.3.2.2. LA MASCOTA

El afluente más importante del río Arenal Monserrat es la quebrada La Mascota, que ha sido simulada desde la confluencia con la quebrada El Carmen hasta su desembocadura en el río Arenal Monserrat, en torno a la Avenida 29 de Agosto de San Salvador. El modelo cuenta con una longitud de 7.147 km.

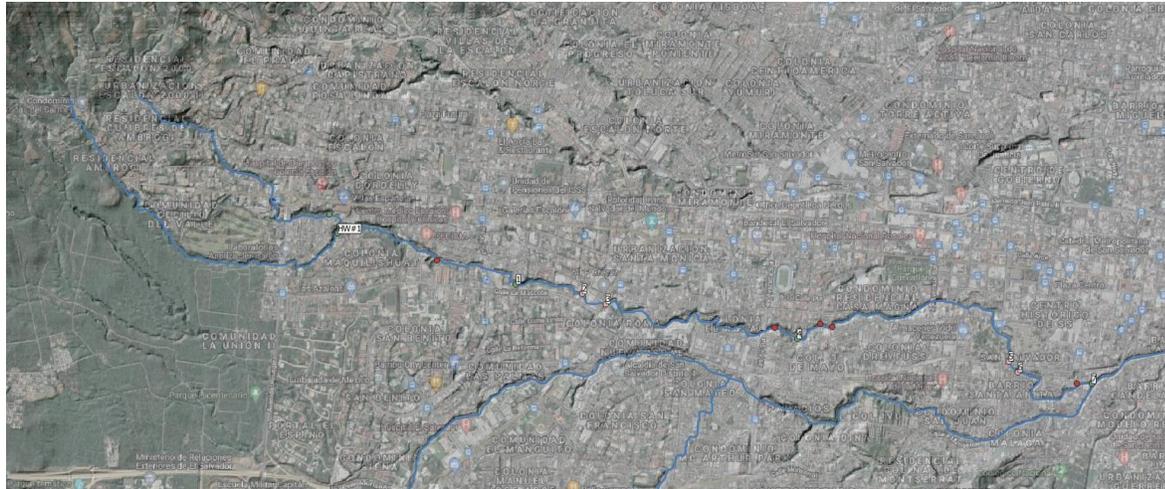


Figura 8. Segmentación del modelo La Mascota

El tramo inicia en la cota 805.02 m y finaliza en la cota 633.05 m, correspondiéndose con una pendiente media de 0.024 m/m.

El cauce principal recibe los aportes de la quebrada El Carmen en el tramo inicial del modelo.

Los parámetros de entrada al modelo se presentan en la siguiente tabla:

Element for diel plot	1	Reach	Headwater	Reach	Location		Element	Elevation		Downstream						Rating Curves						
Reach	Downstream	Number	Reach	length	Latitude	Longitude	Upstream	Downstream	Number	Upstream	Downstream	Degrees	Minutes	Seconds	Degrees	Minutes	Seconds	Coefficient	Exponent	Coefficient	Exponent	Dapth
Label	end of reach label			(km)			(km)	(km)	seq#	(m)	(m)											
HWet	1.000	1	Yes	1.56	13.70	-89.23	71.47	5.589	1	805.020	754.310	13.00	41	1	89.00	14	0.620	1.8840	0.430	0.2238	0.450	
	2.000	2		0.59	13.70	-89.23	5.589	5.040	2	754.810	739.420	13.00	41	1	89.00	13	0.753	0.4953	0.430	0.3852	0.450	
	3.000	3		0.23	13.70	-89.23	5.040	4.813	3	739.420	728.410	13.00	41	1	89.00	13	0.696	0.8721	0.430	0.9612	0.450	
	4.000	4		1.78	13.69	-89.21	4.813	3.051	4	728.410	693.380	13.00	41	1	89.00	12	0.87	0.3913	0.430	0.4037	0.450	
	5.000	5		2.99	13.69	-89.20	3.051	0.946	5	693.380	648.850	13.00	41	1	89.00	11	0.900	1.2907	0.430	0.1901	0.450	
	6.000	6		0.11	13.69	-89.20	0.946	0.835	6	648.850	645.870	13.00	41	1	89.00	11	0.957	1.4096	0.430	0.2570	0.450	
	7.000	7		0.84	13.69	-89.19	0.835	0.000	7	645.870	633.050	13.00	41	0	89.00	11	0.649	1.5221	0.430	0.1276	0.450	

Tabla 5. Topología y curvas de gasto del modelo QUAL2K de la quebrada La Mascota

Al mismo tiempo, el modelo ha considerado los siguientes aportes de contaminación puntual a través de los vertidos muestreados y los cauces vertientes.

Name	Tributary No.	Headwater Label	Location km	Point		Temperature mean °C	Specific Conductance mean umhos	Inorganic Suspended Solids mean mg/L	Dissolved Oxygen mean mg/L	Fast CBOD mean mgO2/L	pH mean s.u.
				Abstraction m3/s	Inflow m3/s						
El Carmen	0	LaMascota	7.07	0.0000	0.0250	24.20		28.00		8.30	7.60
AM_A_008_LM	0	LaMascota	6.29	0.0000	0.0160	28.40	1112.00	856.00	1.50	260.80	7.30
AM_B_019_LM	0	LaMascota	3.23	0.0000	0.0080	26.80	1420.00	84.00	3.40	209.20	7.00
Am-b-019-lm	0	LaMascota	2.81	0.0000	0.0040	26.50	1435.00	12.00	3.80	20.70	7.30
AM_B_016_LM	0	LaMascota	2.71	0.0000	0.0040	27.80	1768.00	28.00	0.80	102.80	7.20
AM_A_042_LM	0	LaMascota	0.11	0.0000	0.0002	28.00	1027.00	224.00	7.30	368.70	6.80

Tabla 6. Aportes de fuentes puntuales de contaminación a la quebrada La Mascota

Se ha empleado la misma distribución temporal de variables climáticas e idénticos parámetros a los del modelo del río Arenal Monserrat.

3.3.2.3. TUTUNICHAPA-TOMAYATE

Constituye el modelo principal de la microcuencia del río Tomayate, con 22.919 km de longitud y comprende desde la bóveda que se inicia a la altura de la 75 Avenida Norte de San Salvador hasta la desembocadura en el río Acelhuate.

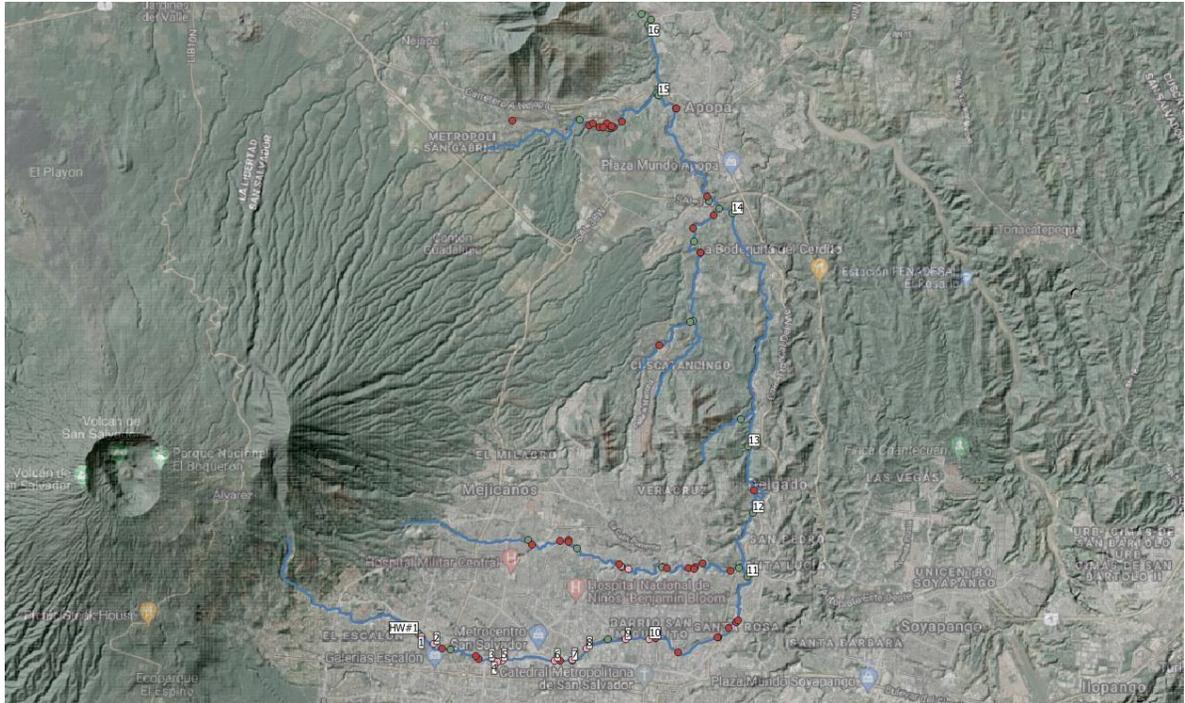


Figura 9. Segmentación del modelo Tutunichapa-Tomayate

El tramo inicia en la cota 764.21 m y finaliza en la cota 380.47 m, correspondiéndose con una pendiente media de 0.017 m/m.

El cauce principal recibe los aportes de las quebradas y ríos Tutunichapa (integrado en el modelo principal), San Antonio, El Chaguite, Mariona y El Ángel a lo largo del modelo.

Los parámetros de entrada al modelo se presentan en la siguiente tabla:

Element for plot	Reach	Headwater	Reach	Downstream	Location	Element	Elevation	Downstream	Downstream	Rating Curves											
Label	end of reach label	Number	reach	reach	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Latitude	Longitude	Velocity	Exposure	Coefficient	Exposure	Depth						
Reach	end of reach label	Number	reach	reach	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Degrees	Minutes	Seconds	Degrees	Minutes	Seconds	Coefficient	Exposure	Coefficient	Exposure	Depth		
1000	1	1	Yes	0.00	13.70	89.22	22.919	22.934	1	764.210	762.100	13.00	42	0	89.00	10	0.931	1.2989	0.430	0.3253	0.450
2.000	2	2		0.38	13.70	89.22	22.854	22.430	3	762.760	762.150	13.00	42	0	89.00	13	0.792	1.0679	0.430	0.3936	0.450
3.000	3	3		1.45	13.70	89.22	22.458	21.007	7	762.760	762.150	13.00	42	0	89.00	13	0.127	2.0239	0.430	0.1689	0.450
4.000	4	4		0.05	13.70	89.22	21.007	20.955	1	762.150	689.080	13.00	42	0	89.00	13	0.086	1.8217	0.430	0.2068	0.450
5.000	5	5		0.05	13.70	89.22	20.955	20.860	1	689.080	687.270	13.00	42	0	89.00	13	0.440	0.3955	0.430	0.5035	0.450
6.000	6	6		1.10	13.70	89.20	20.889	19.772	5	687.270	669.280	13.00	42	0	89.00	12	0.468	0.5256	0.430	0.8446	0.450
7.000	7	7		0.35	13.70	89.20	19.772	19.424	2	669.280	666.410	13.00	42	0	89.00	12	0.277	0.6188	0.430	0.7343	0.450
8.000	8	8		0.397	13.70	89.20	19.424	19.027	3	666.410	657.340	13.00	42	0	89.00	12	0.173	1.2130	0.430	0.1415	0.450
9.000	9	9		0.74	13.70	89.18	19.027	18.233	4	657.340	630.330	13.00	42	0	89.00	11	0.852	0.8959	0.430	0.2364	0.450
10.000	10	10		0.48	13.70	89.18	18.233	17.783	3	640.330	638.820	13.00	42	0	89.00	11	0.427	0.4427	0.430	0.3682	0.450
11.000	11	11		3.38	13.72	89.17	17.783	14.369	15	638.820	583.010	13.00	43	0	89.00	10	0.338	0.2882	0.430	0.2681	0.450
12.000	12	12		1.54	13.72	89.17	14.369	12.824	7	583.010	554.550	13.00	43	1	89.00	10	0.234	0.2592	0.430	0.2809	0.450
13.000	13	13		1.94	13.72	89.17	12.824	10.889	9	554.550	519.070	13.00	44	1	89.00	10	0.344	0.6881	0.430	0.2678	0.450
14.000	14	14		5.95	13.78	89.17	10.889	6.336	23	519.070	428.180	13.00	47	0	89.00	10	0.528	0.2681	0.430	0.3184	0.450
15.000	15	15		3.68	13.80	89.16	6.336	1.652	16	428.180	385.210	13.00	48	0	89.00	11	0.338	0.4145	0.430	0.2746	0.450
16.000	16	16		1.05	13.82	89.16	1.652	0.000	8	385.210	380.470	13.00	49	0	89.00	11	0.440	0.2951	0.430	0.2677	0.450

Tabla 7. Topología y curvas de gasto del modelo QUAL2K Tutunichapa-Tomayate

Al mismo tiempo, el modelo ha considerado los siguientes aportes de contaminación puntual a través de los vertidos muestreados y los cauces vertientes.



Name	Tributary No.	Headwater Label	Location km	Point		Temperature mean °C	Specific Conductance mean umhos	Inorganic Suspended Solids mean mg/L	Dissolved Oxygen mean mg/L	Fast CBOD mean mgO2/L	pH mean s.u.
				Abstraction m3/s	Inflow m3/s						
RT_A_028 TT	0	Tomayate	21.43	0.0000	0.0010	25.20		72.00		240.00	7.40
RT_B_051 TT	0	Tomayate	19.66	0.0000	0.0080	23.90	1167.00	48.00	9.60	30.30	8.32
RT_A_044 TT	0	Tomayate	17.62	0.0000	0.0053	26.20	1280.00	56.00	3.60	135.70	7.10
RT_A_053 TT	0	Tomayate	17.04	0.0000	0.0024	27.00	1353.00	72.00	1.90	186.00	7.10
RT_B_087 TT	0	Tomayate	16.13	0.0000	0.0005	25.60		116.00		572.50	8.50
RT_B_078 TT	0	Tomayate	16.12	0.0000	0.0100	25.00		284.00		403.00	7.00
RT_A_075 TT	0	Tomayate	15.78	0.0000	0.0060	26.50		60.00		501.70	7.50
RT_A_069 RT	0	Tomayate	15.59	0.0000	0.0030	26.30	1321.00	72.00	4.50	54.30	7.40
RT_A_004 RT	0	Tomayate	15.53	0.0000	0.0060	25.00	1321.00	96.00	3.10	187.50	7.50
San Antonio	0	Tomayate	14.11	0.0000	1.2300	26.20	961.72	178.94	6.66	175.55	7.87
El Chaguíte	0	Tomayate	10.10	0.0000	0.0630	28.80		4.00		11.10	7.72
Mariona	0	Tomayate	4.99	0.0000	0.3900	25.00	40.47	410.22	7.56	55.45	8.55
Ciudad Futura	0	Tomayate	4.77	0.0000	0.0640	27.90		20.00		74.20	7.77
RT_B_015 RT	0	Tomayate	4.64	0.0000	0.0030	28.90	1456.00	348.00	2.50	361.70	7.90
Mercado Apopa	0	Tomayate	2.20	0.0000	0.0200	28.60		80.00		219.20	8.15
El Ángel	0	Tomayate	1.59	0.0000	0.2500	25.50	5.37	842.51	7.73	30.26	8.56

Tabla 8. Aportes de fuentes puntuales de contaminación al modelo Tutunichapa-Tomayate

Se ha empleado la misma distribución temporal de variables climáticas e idénticos parámetros a los del modelo del río Arenal Monserrat.

3.3.2.4. SAN ANTONIO

El afluente más importante del río Tomayate es el río San Antonio, que ha sido simulado desde el parque de la Colonia Metropoli hasta su confluencia con el río Tomayate. El modelo cuenta con una longitud de 5.611 km.

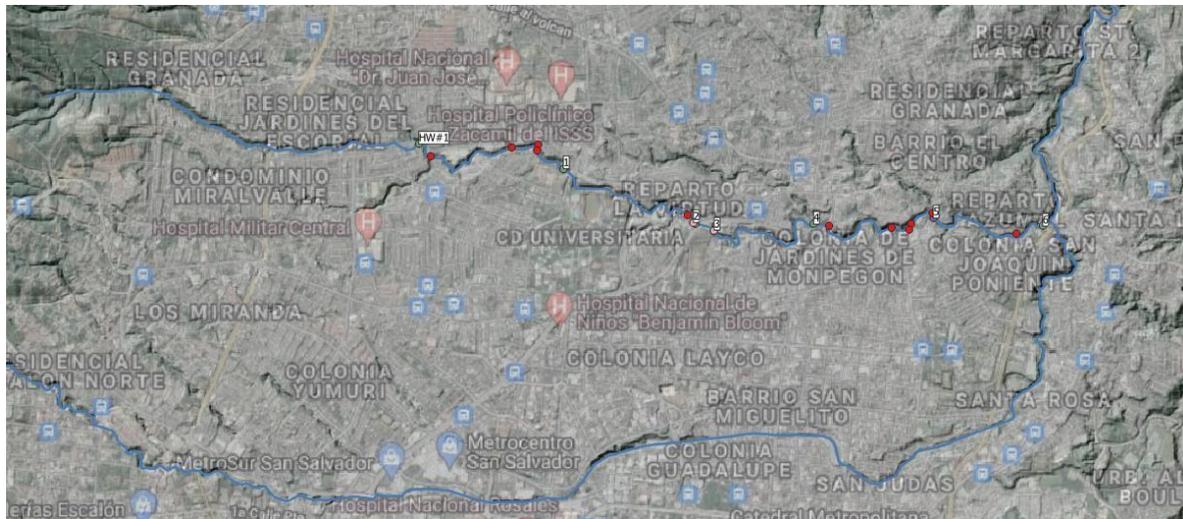


Figura 10. Segmentación del modelo San Antonio

El tramo inicia en la cota 702.19 m y finaliza en la cota 575.20 m, correspondiéndose con una pendiente media de 0.023 m/m.

El cauce principal no recibe de otros ríos o quebradas.

Los parámetros de entrada al modelo se presentan en la siguiente tabla:

Element for river plot	Downstream Reach	Downstream Number	Headwater Reach	Reach length (km)	Downstream Latitude (km)	Downstream Longitude (km)	Location Upstream (km)	Location Downstream (km)	Element Number	Elevation Upstream (m)	Elevation Downstream (m)	Downstream				Rating Curves					
												Degree	Minutes	Seconds	Degree	Minutes	Seconds	Coefficient	Exponent	Location	Exponent
Case#	1	1	Yes	1.24	13.72	89.20	4.351	4.351	0	702.190	668.010	13.00	43	0	89.00	12	0.23	0.3295	0.430	0.8557	0.450
HWF#1	2	2		1.15	13.72	89.20	4.351	3.284	0	668.010	643.040	13.00	43	0	89.00	11	0.743	0.6348	0.430	0.1780	0.450
	3	3		0.15	13.72	89.19	3.208	3.050	0	643.040	641.210	13.00	43	0	89.00	11	0.668	1.2942	0.430	0.2101	0.450
	4	4		1.06	13.72	89.19	3.050	1.990	0	641.210	623.560	13.00	43	0	89.00	11	0.296	0.0909	0.430	0.7396	0.450
	5	5		1.07	13.72	89.18	1.990	0.920	0	623.560	596.930	13.00	43	0	89.00	10	0.802	1.1722	0.430	0.1691	0.450
	6	6		0.92	13.72	89.17	0.920	0.000	0	596.930	575.200	13.00	43	0	89.00	10	0.445	0.2974	0.430	0.7744	0.450

Tabla 9. Topología y curvas de gasto del modelo QUAL2K del río San Antonio

Al mismo tiempo, el modelo ha considerado los siguientes aportes de contaminación puntual a través de los vertidos muestreados y los cauces vertientes.

Name	Tributary No.	Headwater Label	Location km	Point		Temperature mean °C	Specific Conductance mean umhos	Inorganic Suspended Solids mean mg/L	Dissolved Oxygen mean mg/L	Fast CBOD mean mgO ₂ /L	pH mean s.u.
				Abstraction m ³ /s	Inflow m ³ /s						
RT_A_019_SA	0	San Antonio	5.46	0.0000	0.0150	26.50	1204.00	568.00	4.00	261.70	7.50
RT_A_006_SA	0	San Antonio	4.77	0.0000	0.0300	26.70	1123.00	148.00	7.10	177.00	7.50
RT_A_002_SA	0	San Antonio	4.61	0.0000	0.0100	25.90	809.00	204.00	7.80	196.00	7.60
RT_b_001_SA	0	San Antonio	4.59	0.0000	0.0100	25.90	1199.00	192.00	8.00	202.00	7.40
RT_A_011_SA	0	San Antonio	3.28	0.0000	0.0003	26.50	1121.00	84.00	5.10	193.50	7.80
RT_A_048_SA	0	San Antonio	1.89	0.0000	0.0008	29.40	978.00	144.00	4.10	438.70	6.20
RT_b_035_SA	0	San Antonio	1.29	0.0000	0.0025	25.00	1986.00	144.00	0.60	147.00	7.30
RT_A_050_SA	0	San Antonio	1.18	0.0000	0.0001	26.80		484.00		1608.30	6.00
RT_A_049_SA	0	San Antonio	1.12	0.0000	0.0001	26.80		1600.00		2683.30	5.00
RT_b_020_RT	0	San Antonio	0.95	0.0000	0.0015	25.80		60.00		103.70	7.70
RT_b_034_SA	0	San Antonio	0.23	0.0000	0.0047	27.20		44.00		121.00	7.70

Tabla 10. Aportes de fuentes puntuales de contaminación al río San Antonio

Se ha empleado la misma distribución temporal de variables climáticas e idénticos parámetros a los del modelo del río Arenal Monserrat.

3.3.2.5. MARIONA

El río Mariona ha sido modelado desde la Alcaldía Municipal de Cuscatancingo hasta su confluencia con el río Tomayate, en las inmediaciones del Reparto Santa Marta de Apopa. El modelo cuenta con una longitud de 3.212 km.

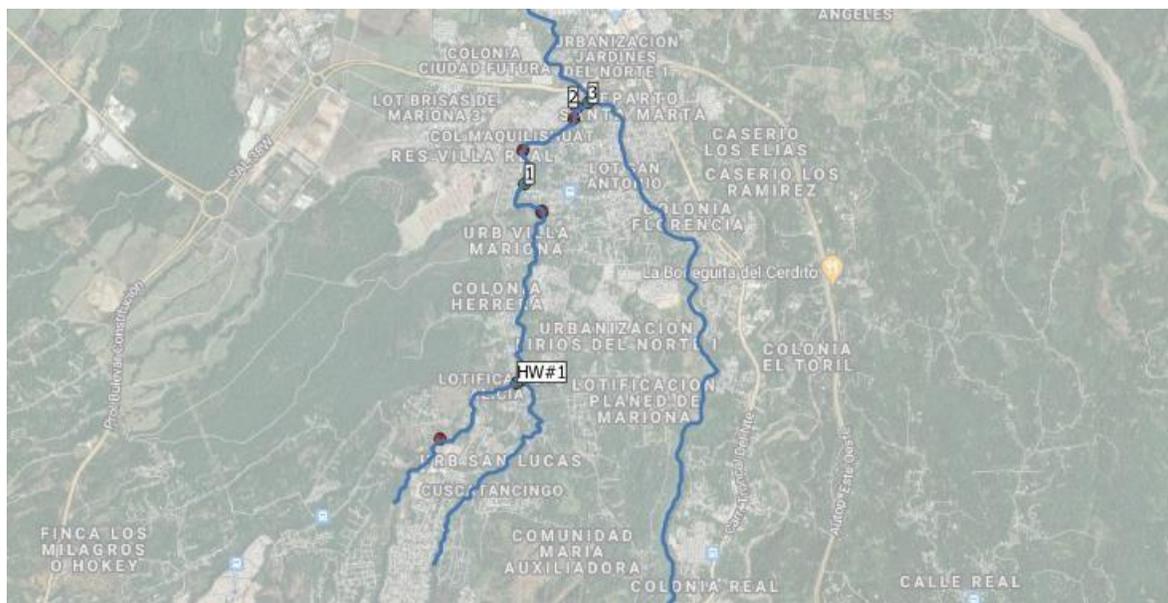


Figura 11. Segmentación del modelo Mariona

El tramo inicia en la cota 477.59 m y finaliza en la cota 427.58 m, correspondiéndose con una pendiente media de 0.016 m/m.

El cauce principal recibe los aportes del río Paleca en el tramo inicial del modelo.

Los parámetros de entrada al modelo se presentan en la siguiente tabla:



Element for the plot	Reach	Headwater	Reach	Downstream	Location	Element	Elevation	Downstream				Rating Curves							
Reach	Downstream	Number	Reach	Length	Upstream	Downstream	Number	Upstream	Downstream	Latitude	Longitude	Velocity	Depth						
Label	Start of reach label	Yes	Reach	Length (km)	Latitude	Longitude	Start	End	End	Degree	Minutes	Seconds	Degree	Minutes	Seconds	Coefficient	Exponent	Coefficient	Exponent
HW#1	1.000	1	Yes	2.12	15.77	89.17	423.94	377.590	443.360	13.00	49	0	89.00	10	0.940	0.2442	0.430	0.5246	0.450
	2.000	2		0.91	15.78	89.17	1.081	0.112	0	13.00	49	0	89.00	10	0.714	0.7405	0.430	0.2242	0.450
	3.000	3		0.11	15.78	89.17	0.112	0.060	0	13.00	49	0	89.00	10	0.663	0.5852	0.430	0.2210	0.450

Tabla 11. Topología y curvas de gasto del modelo QUAL2K del río Mariona

Al mismo tiempo, el modelo ha considerado los siguientes aportes de contaminación puntual a través de los vertidos muestreados y los cauces vertientes.

Name	Tributary No.	Headwater Label	Location km	Point		Temperature	Specific Conductance	Inorganic	Suspended Solids	Dissolved Oxygen	Fast CBOD	pH
				Abstraction m3/s	Inflow m3/s	mean °C	mean umhos	mean mg/L	mean mg/L	mean mgO2/L	mean s.u.	
Paleca	0	Mariona	3.14	0.0000	0.0250	28.00			900.00		30.70	7.55
RT_A_008_RM	0	Mariona	1.54	0.0000	0.0030	28.20			116.00		224.70	7.60
RT_A_013_RM	0	Mariona	1.53	0.0000	0.0005	26.60	974.00		216.00	2.40	238.30	7.30
RT-b-001-RM	0	Mariona	0.78	0.0000	0.0020	27.60	710.00		960.00	2.50	221.00	7.50
RT_b_008_RM	0	Mariona	0.20	0.0000	0.0003	27.40	911.00		500.00	0.90	291.70	7.40

Tabla 12. Aportes de fuentes puntuales de contaminación al río Mariona

Se ha empleado la misma distribución temporal de variables climáticas e idénticos parámetros a los del modelo del río Arenal Monserrat.

3.3.2.6. EL ÁNGEL

El río El Ángel ha sido modelado desde aguas arriba del Ingenio azucarero El Ángel hasta la confluencia con el río Tomayate, aguas arriba del puente vehicular de la Carretera a Nejapa. El modelo cuenta con una longitud de 2.165 km.



Figura 12. Segmentación del modelo El Ángel

El tramo inicia en la cota 423.94 m y finaliza en la cota 396.97 m, correspondiéndose con una pendiente media de 0.012 m/m.

El cauce principal no recibe de otros ríos o quebradas.

Los parámetros de entrada al modelo se presentan en la siguiente tabla:

Element for del plot	Reach		Reach		Downstream		Location		Element		Elevation		Downstream				Rating Curves			
	Downstream	Number	Reach	Length	Latitude	Longitude	Upstream	Downstream	Number	Upstream	Downstream	Latitude	Longitude	Velocity	Depth	Exposure	Exposure			
Reach	Number of reach label	Yes	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km	m/s	m	m	m			
RWA1	1	0	0.74	13.74	89.11	2.105	1.420	4	423.340	417.970	13.00	-41	0	89.000	11	0.385	0.8851	0.430	0.2209	0.450
	2	0	1.30	13.80	89.10	1.429	0.120	0	417.970	399.380	13.00	-40	0	89.000	11	0.413	0.7740	0.430	0.2355	0.450
	3	0	0.13	13.80	89.10	0.125	0.000	2	399.380	396.970	13.00	-40	0	89.000	11	0.358	0.7823	0.430	0.2239	0.450

Tabla 13. Topología y curvas de gasto del modelo QUAL2K del río El Ángel

Al mismo tiempo, el modelo ha considerado los siguientes aportes de contaminación puntual a través de los vertidos muestreados y los cauces vertientes.

Name	Tributary No.	Headwater Label	Location km	Point		Temperature	Specific Conductance	Inorganic Suspended Solids	Dissolved Oxygen	Fast CBOD	pH
				Abstraction m ³ /s	Inflow m ³ /s	mean °C	mean umhos	mean mg/L	mean mg/L	mean mgO ₂ /L	mean s.u.
RT_B_003_EA	0	El Ángel	1.86	0.0000	0.0000	24.60	375.00	84.00		375.00	9.00
RT_B_004_EA	0	El Ángel	1.77	0.0000	0.0000	27.10	2103.00	44.00		19.70	6.90
RT_A_006_EA	0	El Ángel	1.63	0.0000	0.0001	26.20	1089.00	20.00	3.20	16.30	8.10
RT_B_006_EA	0	El Ángel	1.54	0.0000	0.0001	32.00	575.00	396.00	3.80	8.80	7.90
RT_A_004_EA	0	El Ángel	1.36	0.0000	0.0000	27.60	1234.00	36.00	3.20	188.30	5.80
RT_B_008_EA	0	El Ángel	1.32	0.0000	0.0001	25.40	795.00	8.00	7.30	19.70	7.70
RT_B_014_EA	0	El Ángel	1.10	0.0000	0.0001	26.00	1755.00	40.00	0.90	10.70	7.90

Tabla 14. Aportes de fuentes puntuales de contaminación al río El Ángel

Se ha empleado la misma distribución temporal de variables climáticas e idénticos parámetros a los del modelo del río Arenal Monserrat.

3.4. RESULTADOS OBTENIDOS

3.4.1. RESULTADOS DEL MODELO QUAL2K

Una vez completados los modelos de cada uno de los cauces con la información presentada en el apartado 3.3.1 – y cuyos datos de entrada han sido completados conforme a lo expuesto en los subapartados de 3.3.2 –, se ejecuta el programa (Run Fortran) y se obtienen los resultados del modelo.

En los modelos desarrollados en la presente consultoría se ha fijado una duración de 2 días con un paso de cálculo de 3 min – establecido así por la necesidad de convergencia de las ecuaciones del modelo. Y al finalizar la corrida se presenta una pantalla como la siguiente:



Figura 13. Ejecución del modelo QUAL2K

Una vez ejecutado el modelo, el programa nos lleva a los resultados gráficos (pestañas de color rosado) que inician en la pestaña *Travel Time* (Tiempo de recorrido); y nos pide que seleccionemos el cauce en el que deseamos realizar la representación – en nuestro caso, como todos los modelos son de cauce único, tan sólo debemos seleccionar el *Mainstem* correspondiente.

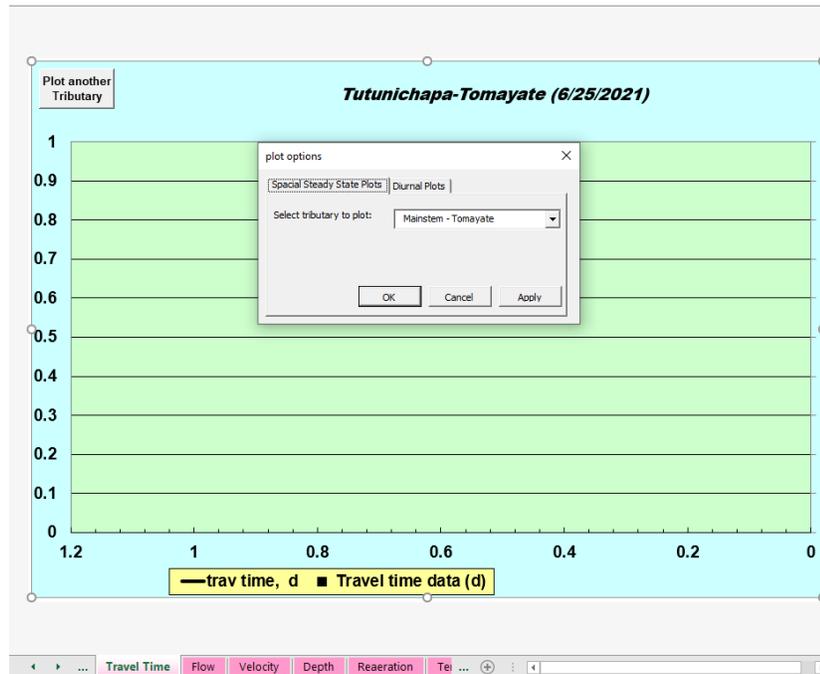


Figura 14. Selección de cauce sobre el que representar los resultados gráficos en QUAL2K

Una vez seleccionado el cauce, el sistema actualiza los gráficos – adaptando la variable del eje de abscisas (bien sea tiempo en días, para el caso del tiempo de recorrido; o distancia desde la sección de aguas arriba en el caso del resto de variables) y la del eje de ordenadas en donde se representa la variable seleccionada – y con ellos finaliza la representación del modelo.

Las variables con representación gráfica en el modelo QUAL2K son:

- Tiempo de recorrido (día).
- Caudal (m^3/s).
- Velocidad (m/s).
- Tirante hidráulico (m).
- Reaireación.
- Temperatura ($^{\circ}C$).
- Conductividad ($\mu mhos$).
- Sólidos suspendidos inorgánicos (mg/l).
- Oxígeno disuelto (mgO_2/l).
- Detritos (mg/l).

- DBO₅ (mgO₂/l).
- Ciclo del Nitrógeno (Orgánico, Amonio, Nitratos, Amoniaco, NKT, Total), en el agua y en los sedimentos.
- Ciclo del Fósforo (Orgánico, Inorgánico, Total), en el agua y en los sedimentos.
- Fitoplancton.
- Algas.
- Metales.
- Otros constituyentes definidos por el usuario.
- pH.
- Patógenos.
- Sólidos suspendidos totales.

3.4.2. RESULTADOS EN CADA UNO DE LOS MEDIOS RECEPTORES

En base a los datos introducidos en los modelos de calidad de aguas – i.e. los resaltados en azul en la Figura 1. Modelo constitutivo y variables de estado de QUAL2K –, seguidamente se presenta para cada uno de ellos los resultados a lo largo del cauce correspondientes a las siguientes variables:

- Variables topológicas:
 - Tiempo de recorrido (día).
 - Caudal (m³/s).
 - Velocidad (m/s).
 - Tirante hidráulico (m).
- Variables de calidad de aguas:
 - Temperatura (°C).
 - Conductividad (μmhos).
 - Oxígeno disuelto (mgO₂/l).
 - DBO₅ (mgO₂/l).
 - pH.
 - SST (mg/l).

Adicionalmente, en la versión digital de la entrega se presentan los modelos completos, incluyendo datos de entrada y sus resultados.

A continuación se presentan y analizan los resultados más importantes obtenidos en los modelos correspondientes a cada uno de los cauces del ámbito de estudio.

3.4.2.1. EL PIRO - ARENAL MONSERRAT

3.4.2.1.1. TOPOLOGÍA

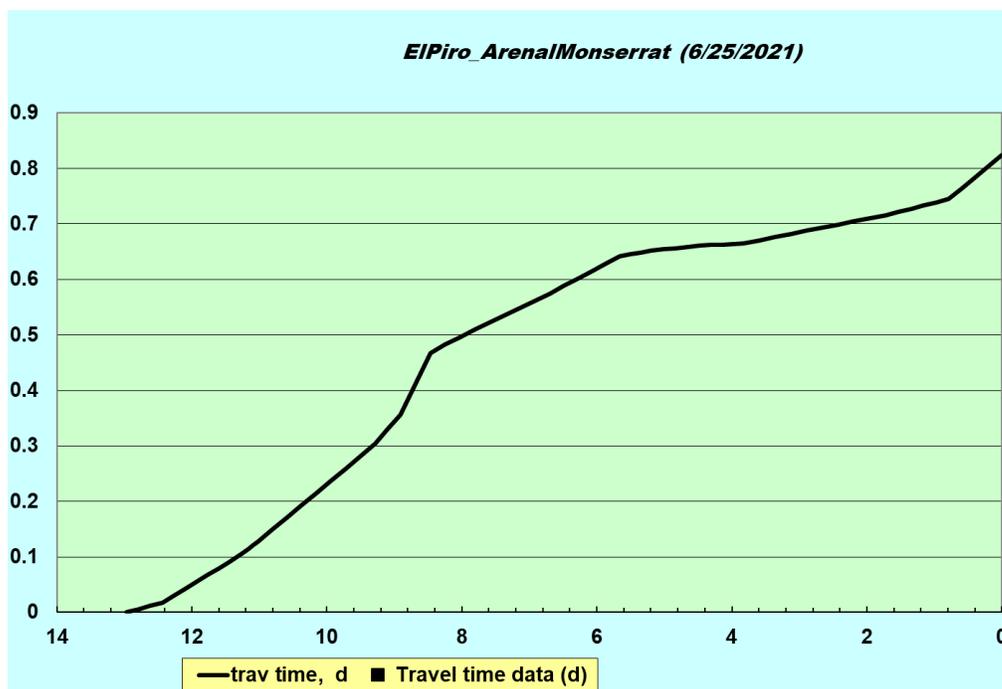


Figura 15. Tiempo de recorrido en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat

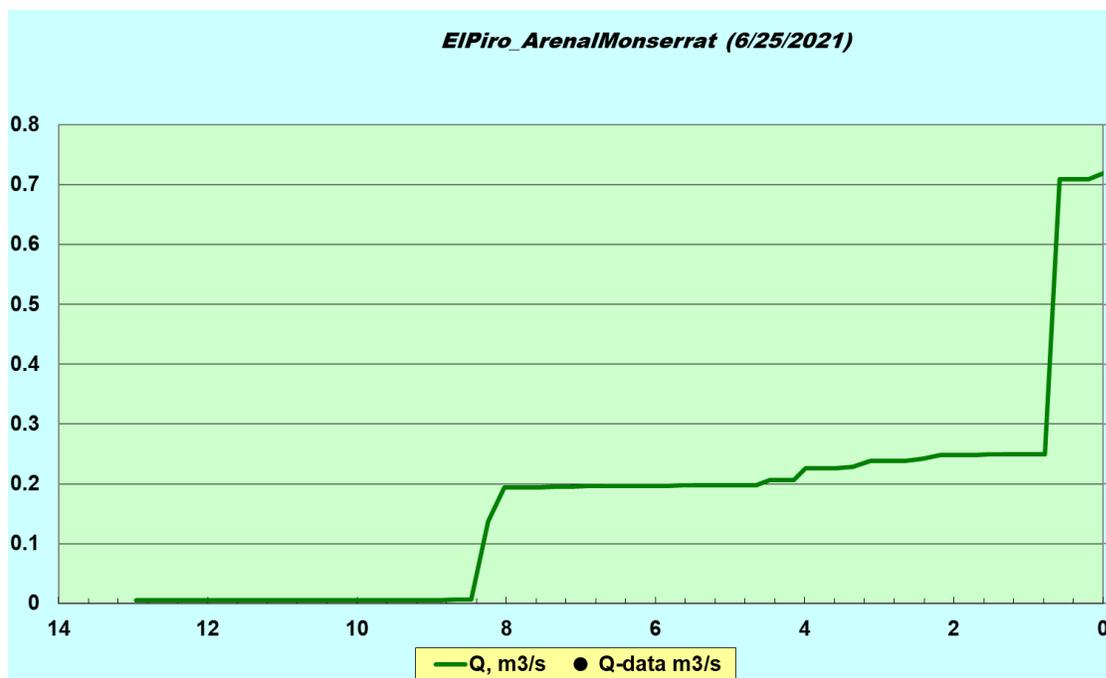


Figura 16. Caudal en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat

El flujo es casi inexistente en el cauce principal hasta la zona donde se ubican las comunidades de La Cuchilla y El Tanque, en donde se producen los aportes de las quebradas Merliot y Buenos Aires, en torno al Km 8.

Posteriormente se aprecia un importante cambio de flujo en el Km 0.75, en el que se incorporan los caudales de la quebrada La Mascota.

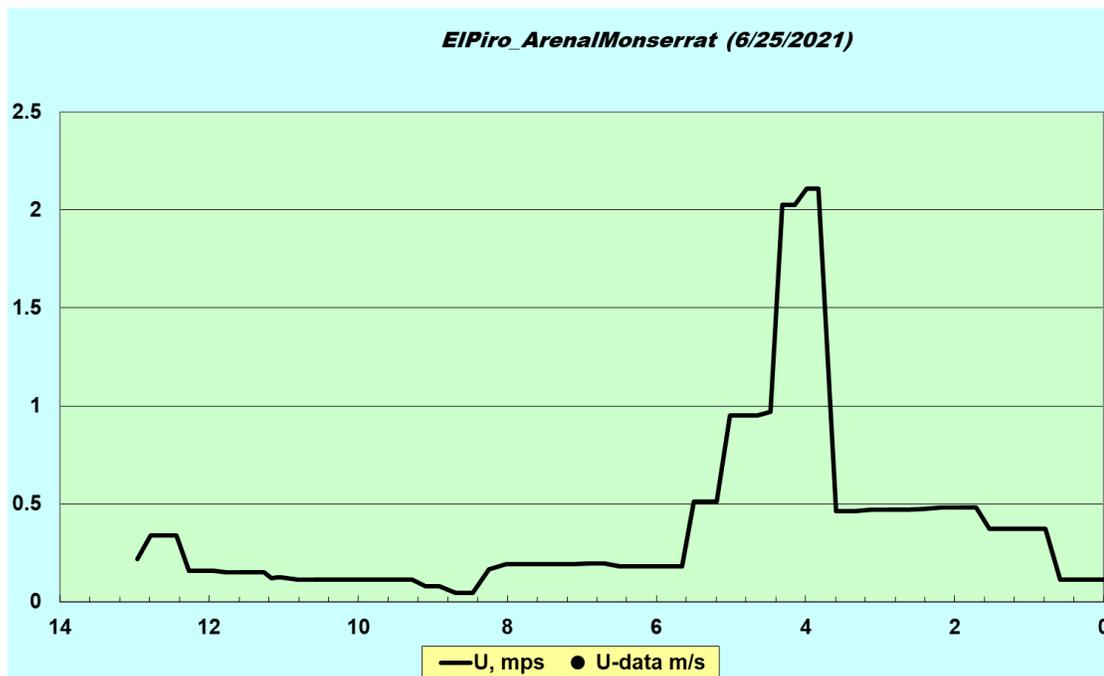


Figura 17. Velocidad en el modelo EI Piro-ArenalMonserrat

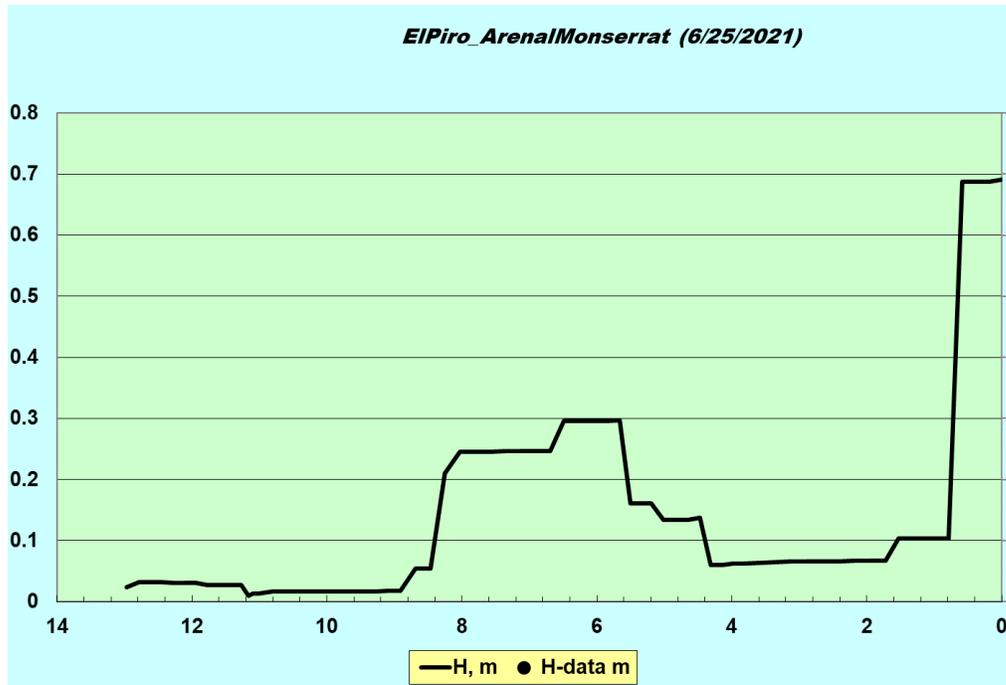


Figura 18. Tirante hidráulico en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat

3.4.2.1.2. CALIDAD DE AGUAS

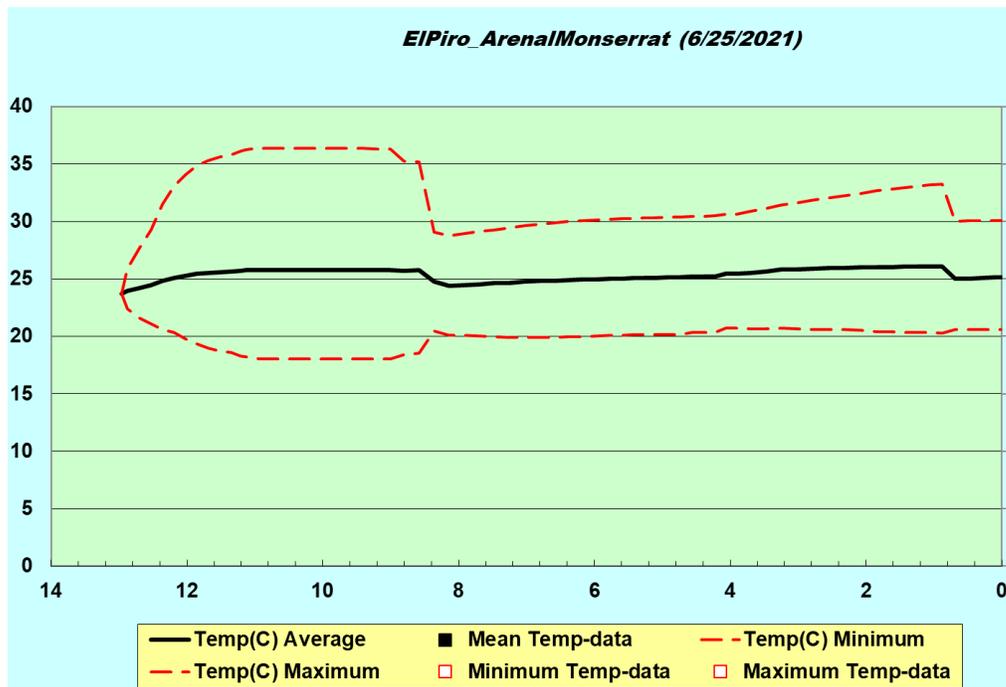


Figura 19. Temperatura en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat

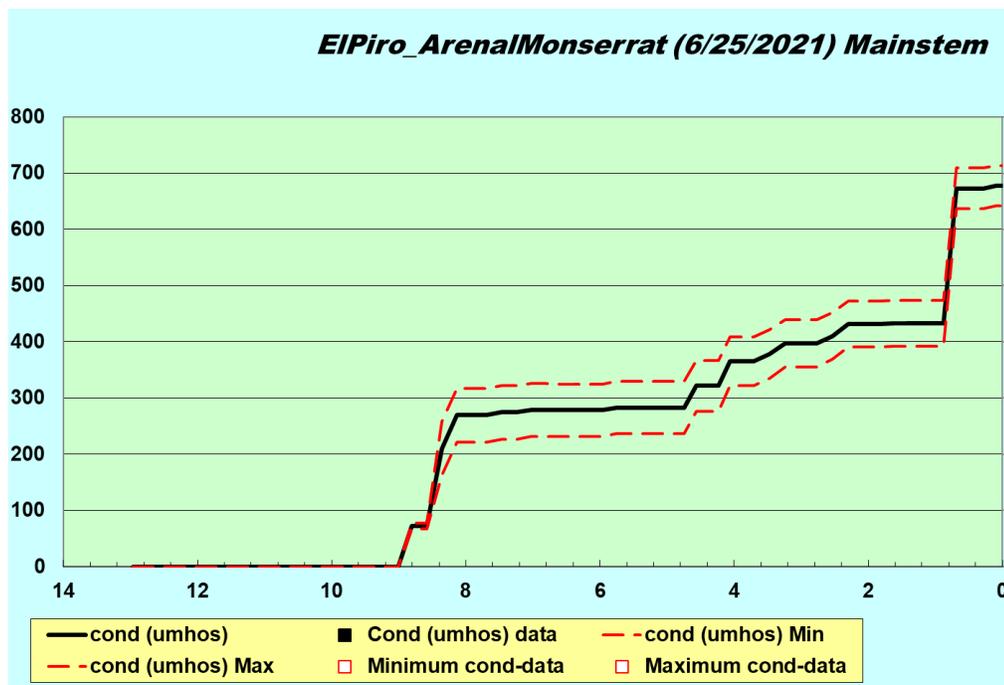


Figura 20. Conductividad en el modelo EI Piro-ArenalMonserrat

Entre los 8.3 y 8.1 Km se producen los aportes de las quebradas Merliot y Buenos Aires, pudiendo observar un primer escalón de aumento de la conductividad, hasta situarla próxima a los 280 μmhos .

Los vertidos modelados, con valores que superan los 800 μmhos , contribuyen al aumento paulatino de la conductividad del cauce principal hasta los 430 μmhos aguas arriba de la confluencia con la quebrada La Mascota. Todo ello gracias a que sus aportes de caudal (55 l/s) son sensiblemente inferiores al caudal circulante por el río (260 l/s).

Sin embargo, la confluencia de la quebrada La Mascota, con un caudal superior al del cauce principal (460 l/s vs. 260 l/s) y una conductividad elevada hace que el sistema aumente considerablemente su conductividad hasta casi los 700 μmhos .

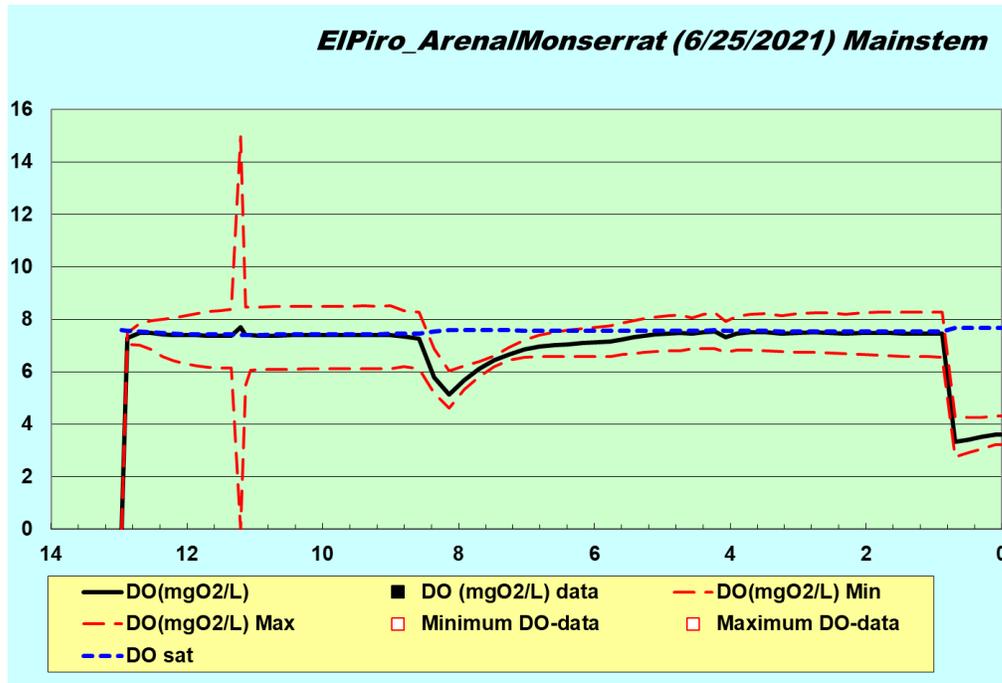


Figura 21. Oxígeno disuelto en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat

Tomando como referencia el valor de saturación de oxígeno, se aprecia como la confluencia de las quebradas Merliot y Buenos Aires ponen en compromiso la calidad del agua en el cauce principal, pero que el sistema es capaz de recuperarse tras aproximadamente 3 Km – alcanzando de nuevo valores próximos al de saturación – y que tras la confluencia de la quebrada La Mascota el problema se agudiza de manera más acusada – en primera instancia el valor mínimo de OD del modelo está entorno a 5.5 mgO₂/l, mientras que en el segundo caso se alcanzan valores próximos a 3.5 mgO₂/l.

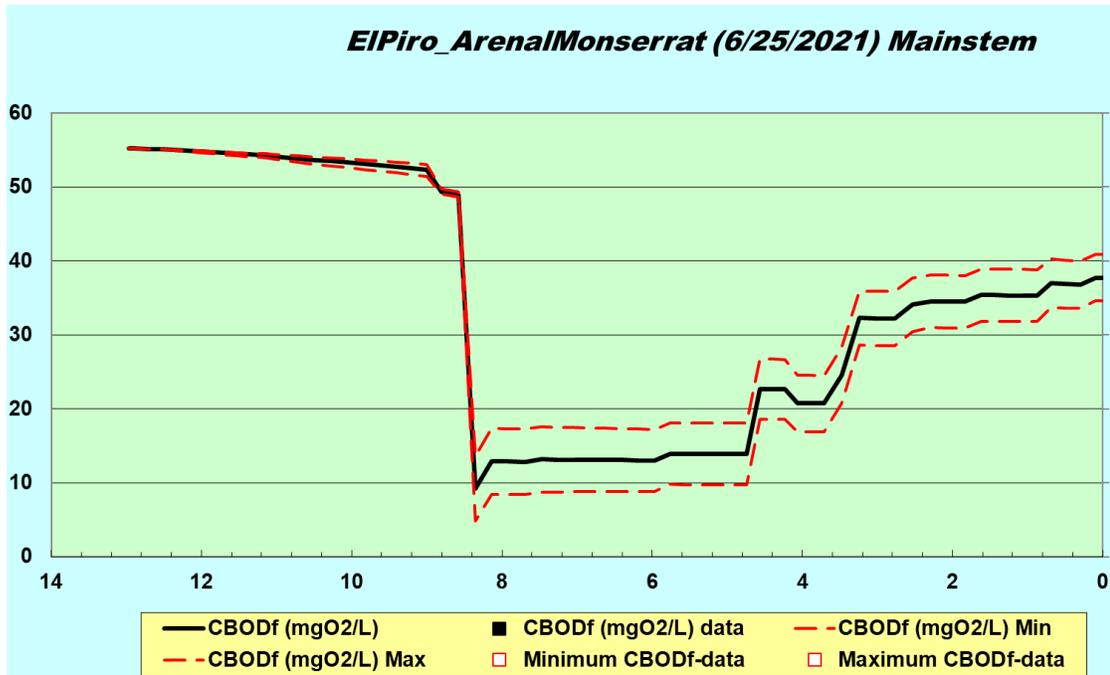


Figura 22. Demanda biológica de oxígeno en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat

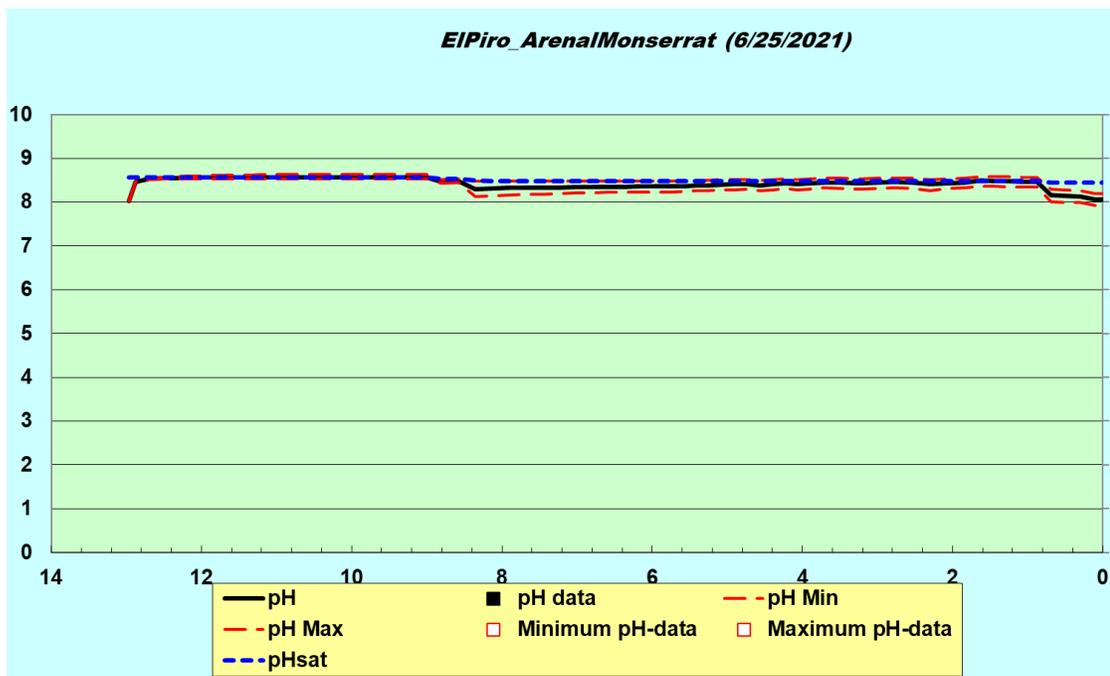


Figura 23. pH en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat

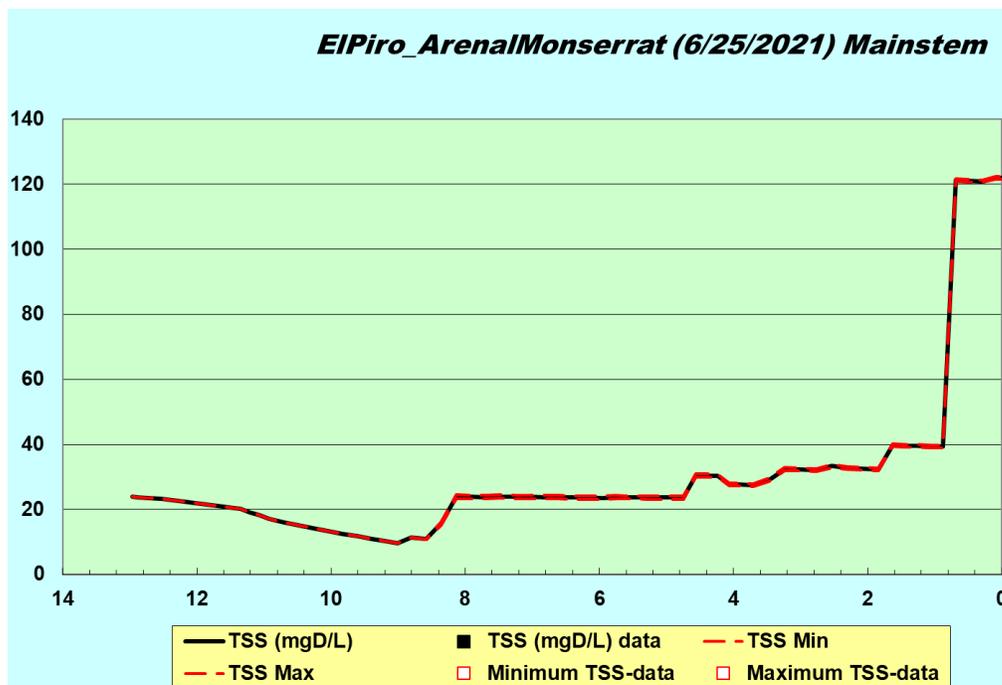


Figura 24. Sólidos Suspending Totales en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat

Sin ser valores muy elevados, se aprecia como los aportes de la quebrada La Mascota aumentan de manera sustancial el contenido de SST en el cauce principal del río Arenal Monserrat.

3.4.2.2. LA MASCOTA

3.4.2.2.1. TOPOLOGÍA

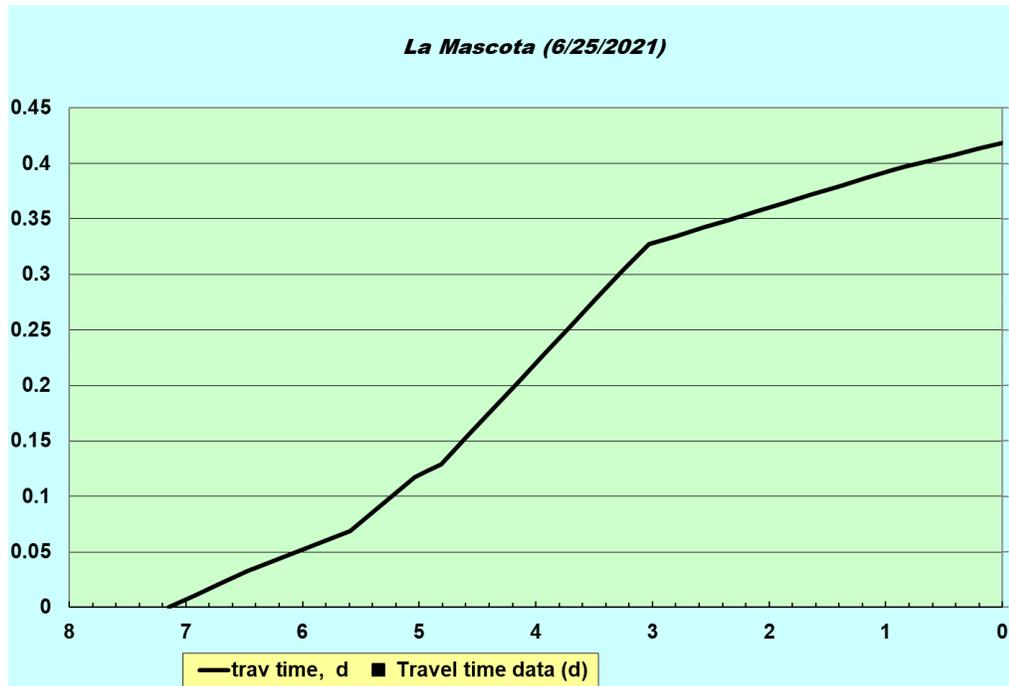


Figura 25. Tiempo de recorrido en el modelo La Mascota

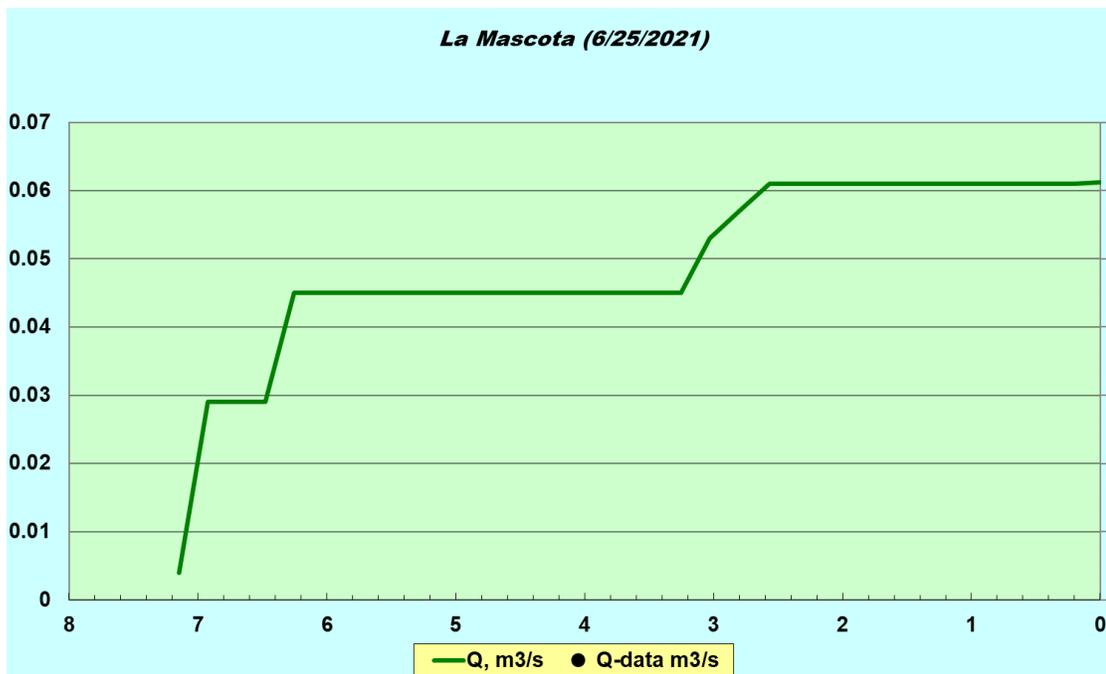


Figura 26. Caudal en el modelo La Mascota

Los caudales circulantes en la cabecera del modelo son muy bajos – i.e. 4 l/s en la quebrada La Mascota y 25 l/s en la quebrada El Carmen – por lo que los aportes de contaminación de los vertidos cobran especial relevancia en el estado de las aguas.

La figura muestra un primer aporte, en torno al Km 7, en la confluencia de las quebradas Las Mascota y El Carmen, con un segundo aporte a los 6.3 Km de 16 l/s, que proviene del vertido AM_A_008_LM.

Posteriormente, en un tramo de 500 m se ubican los vertidos AM_B_019_LM, Am-b-019-lm y AM_B_016_LM, entre los 3.2 y 2.7 Km, que completan los aportes de caudal a la quebrada La Mascota.

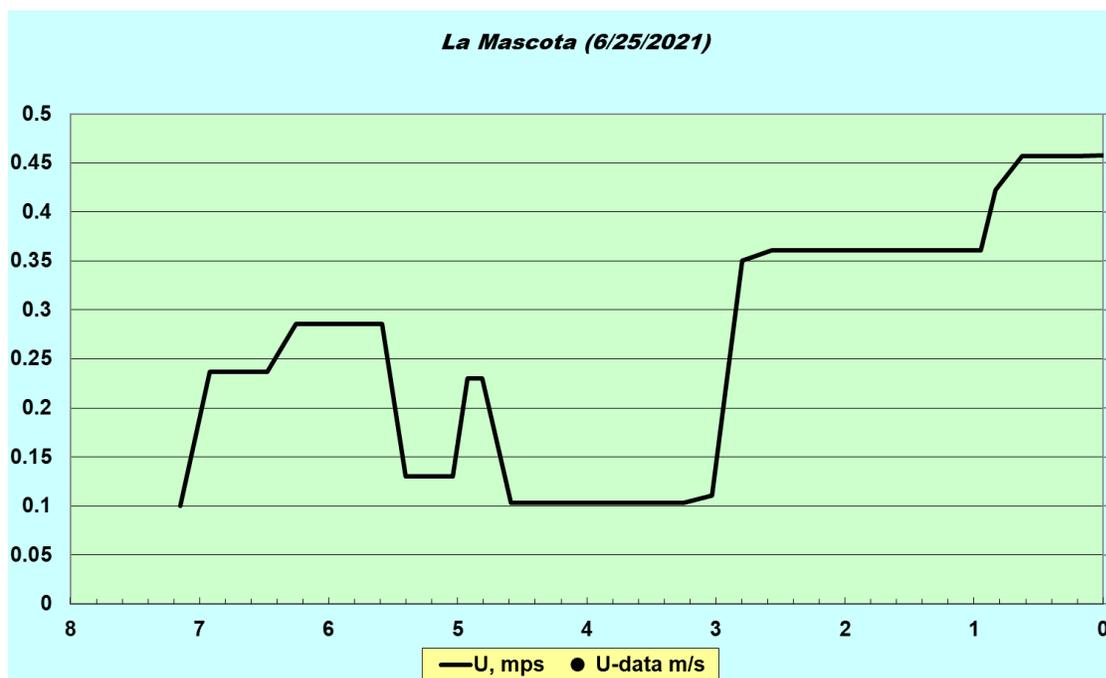


Figura 27. Velocidad en el modelo La Mascota

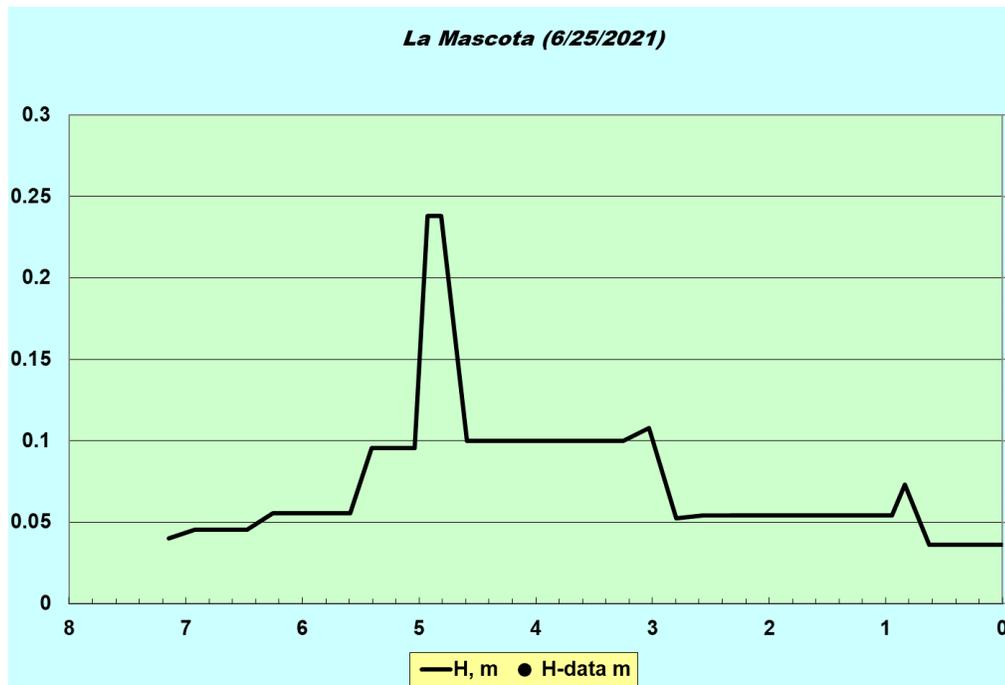


Figura 28. Tirante hidráulico en el modelo La Mascota

3.4.2.2.2. CALIDAD DE AGUAS

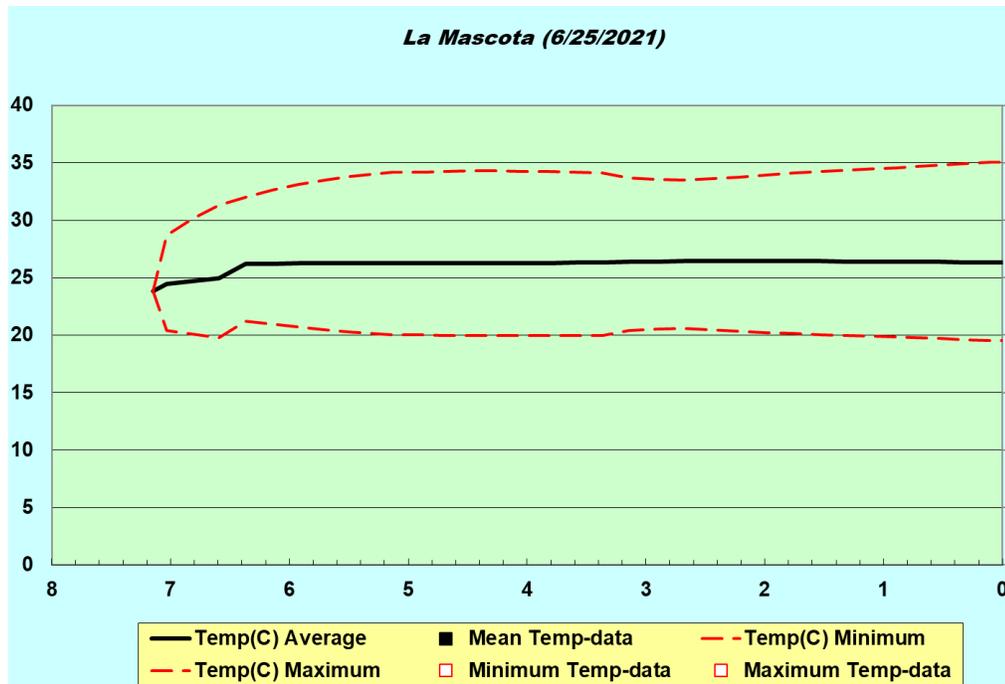


Figura 29. Temperatura en el modelo La Mascota



La temperatura del cauce natural está en torno a los 24 °C, mientras que los vertidos superan los 26.5 °C, lo que hace que a partir del primero de ellos, y dado que los aportes de caudal provenientes de los vertidos son importantes, la temperatura media del cauce aumente.

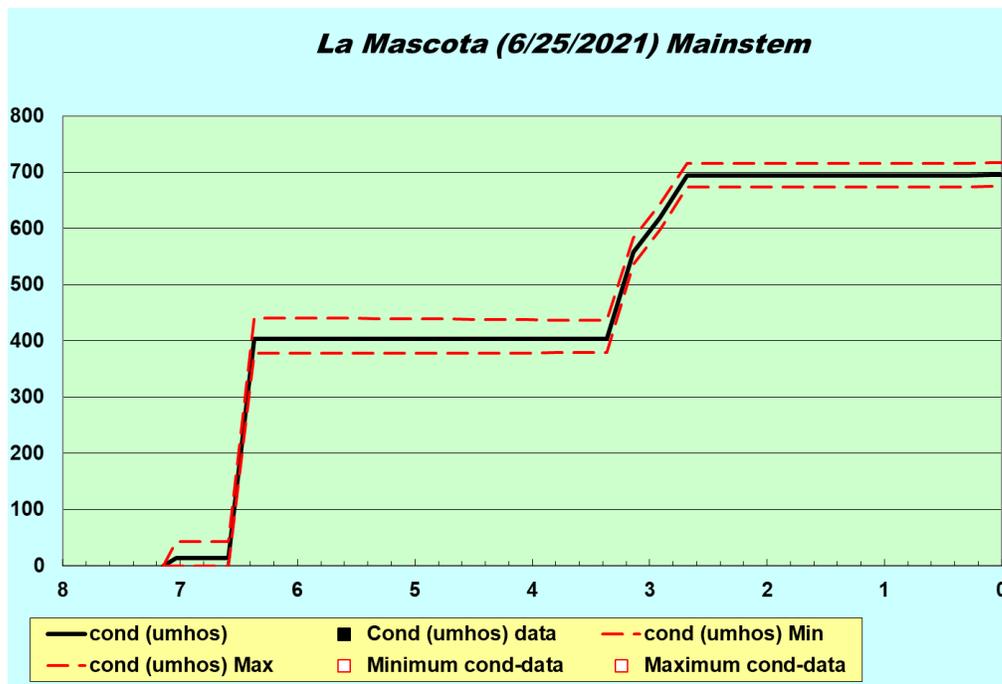


Figura 30. Conductividad en el modelo La Mascota

La conductividad de los vertidos es elevada (supera los 1,000 μmhos), por lo que conforme van realizándose aportes de agua al sistema, la conductividad de sus aguas va aumentando hasta alcanzar los 700 μmhos en el punto de vertido al río Arenal de Monserrat.

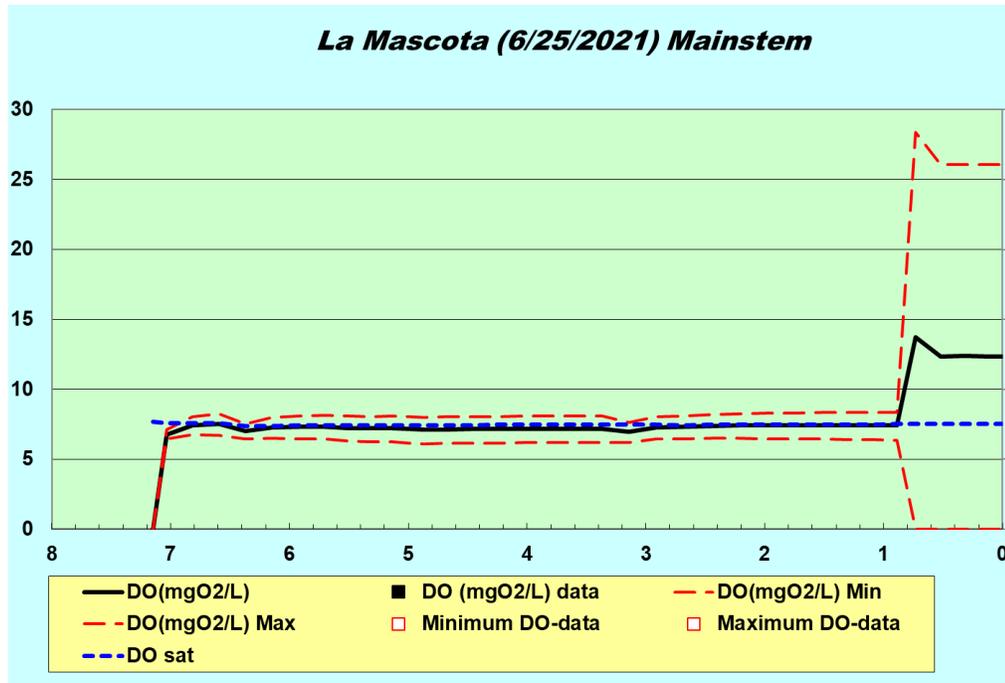


Figura 31. Oxígeno disuelto en el modelo La Mascota

A pesar de que los vertidos presentan contenidos bajos (menores a 4 mgO₂/l) de oxígeno disuelto, el modelo nos muestra como el sistema es capaz de sobreponerse a ello y presenta valores próximos a la saturación de oxígeno, superándola de manera holgada en el tramo final (último Km) del recorrido.

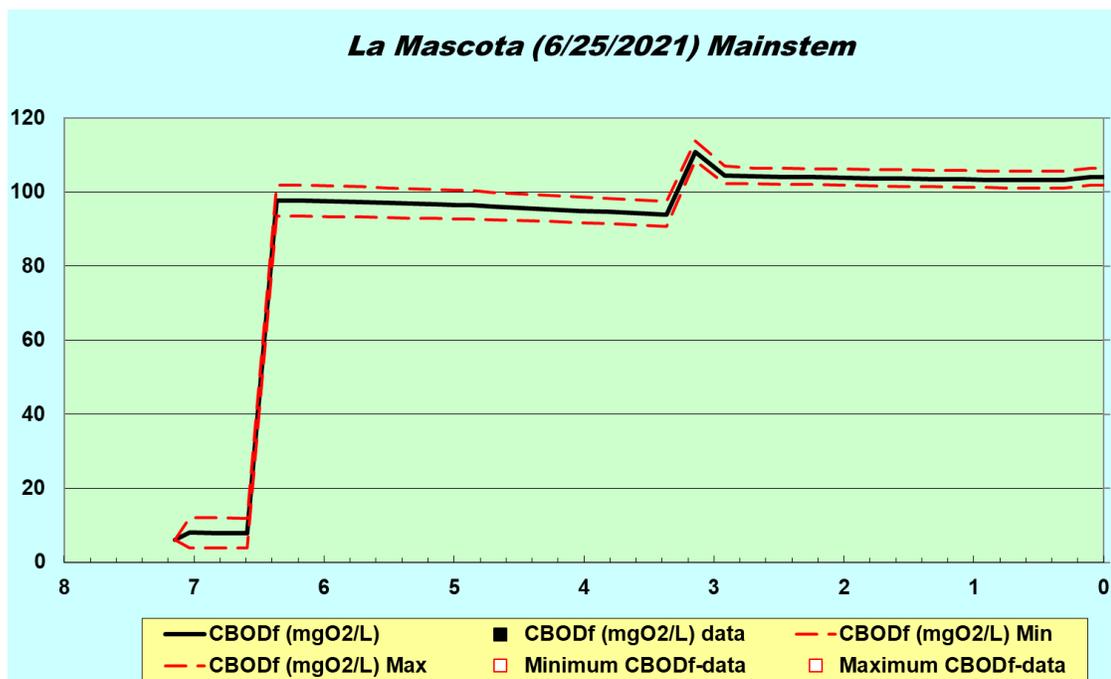


Figura 32. Demanda biológica de oxígeno en el modelo La Mascota

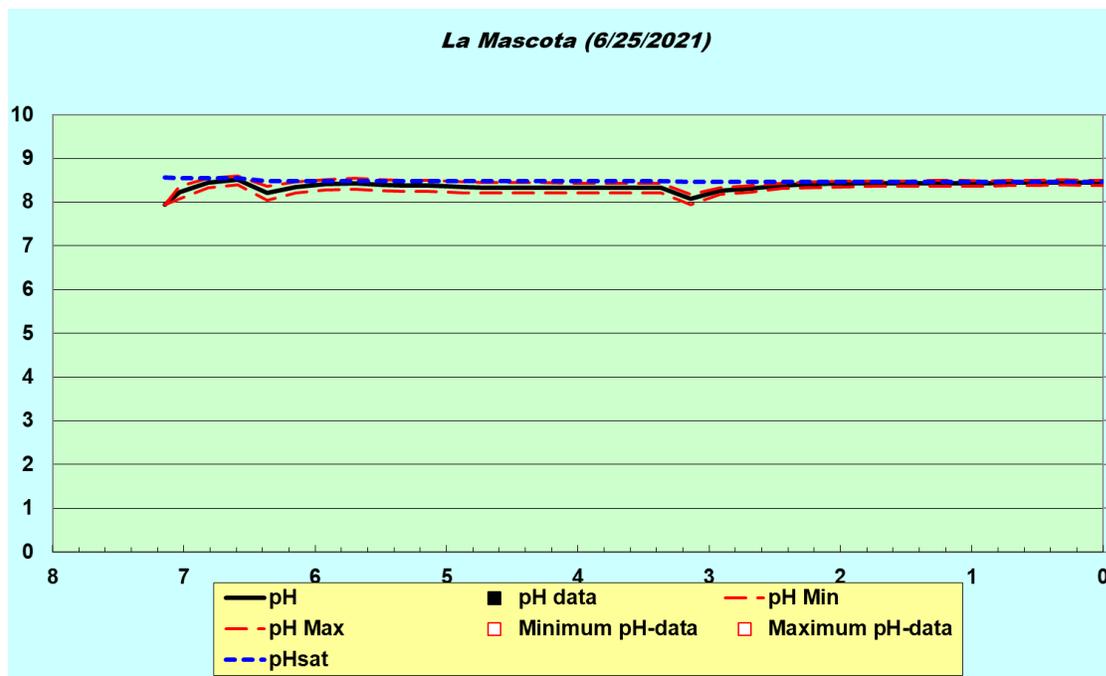


Figura 33. pH en el modelo La Mascota

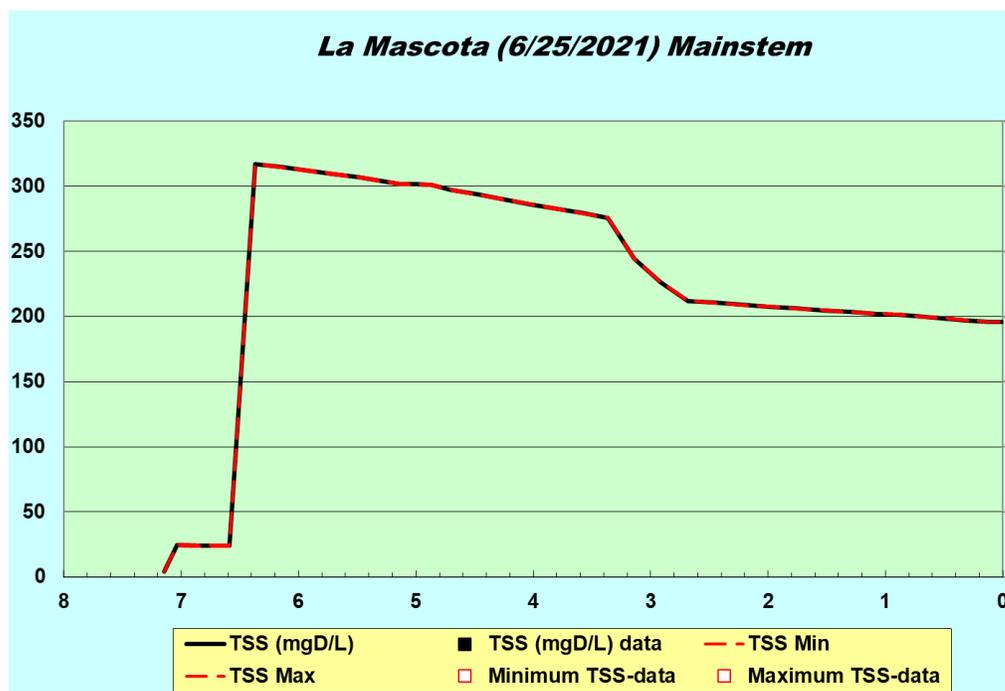


Figura 34. Sólidos Suspending Totales en el modelo La Mascota

Destaca el aporte de sólidos suspendidos totales que realiza al sistema el vertido AM_A_008_LM a los 6.3 Km, elevando su contenido por encima de los 300 mg/l.

El sistema es capaz de reducir ese aporte hasta los 200 mg/l en su desembocadura al río Arenal de Monserrat.

3.4.2.3. TUTUNICHAPA - TOMAYATE

3.4.2.3.1. TOPOLOGÍA

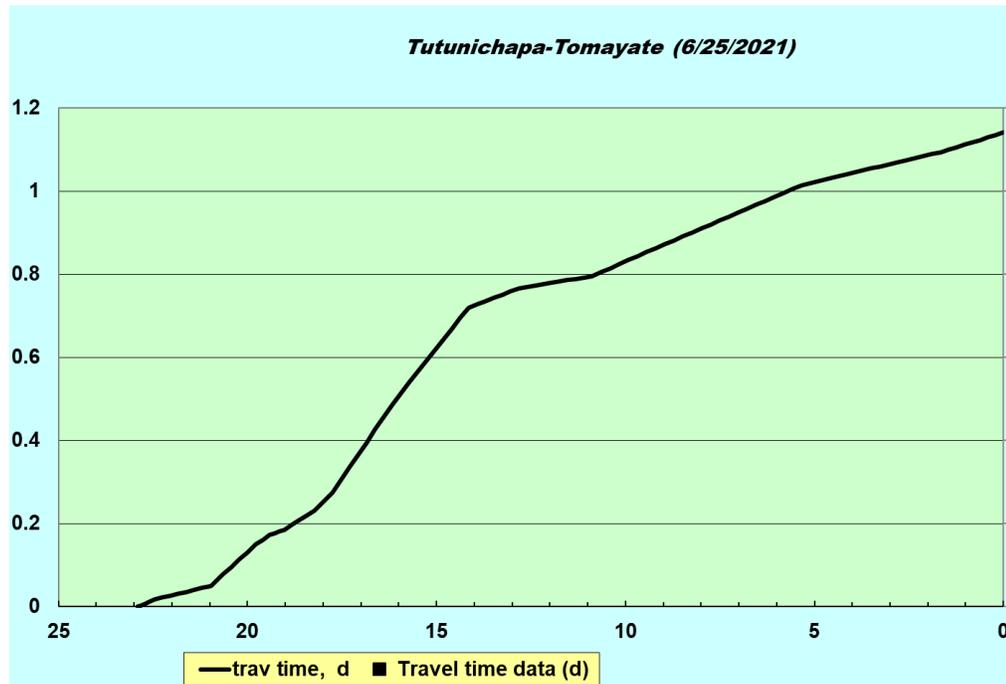


Figura 35. Tiempo de recorrido en el modelo Tutunichapa-Tomayate

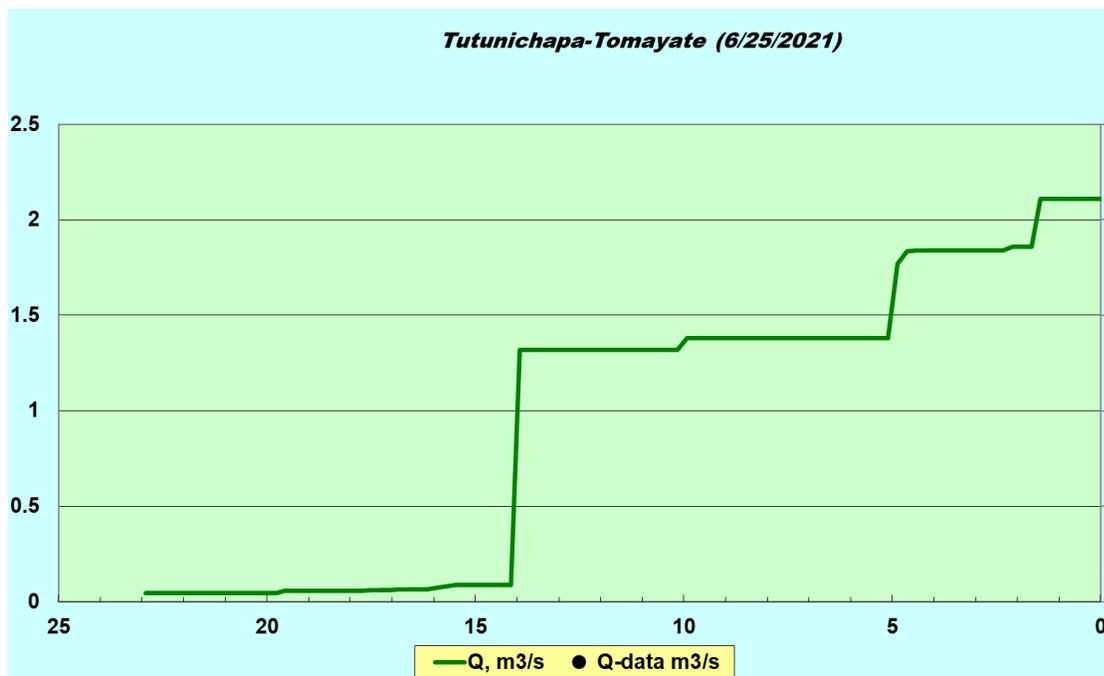


Figura 36. Caudal en el modelo Tutunichapa-Tomayate

El flujo del sistema viene dominado por los aportes principales de los ríos San Antonio (1.230 m³/s en torno al Km 14), Mariona (0.390 m³/s en torno al Km 5) y El Ángel (0.250 m³/s en el Km 1.6).

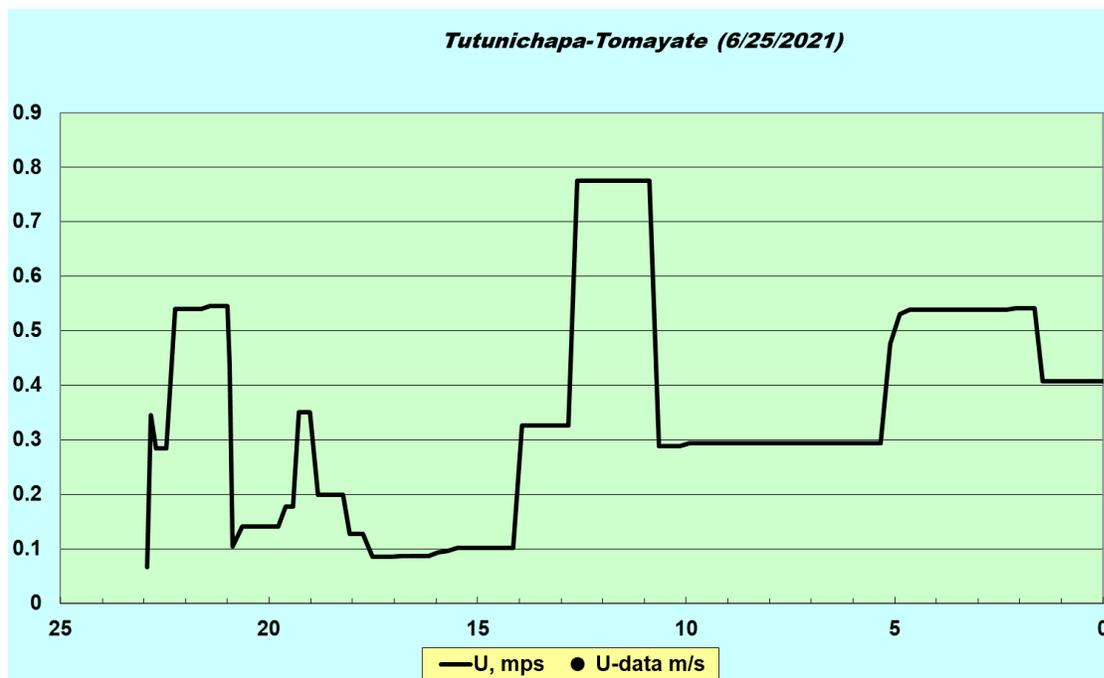


Figura 37. Velocidad en el modelo Tutunichapa-Tomayate

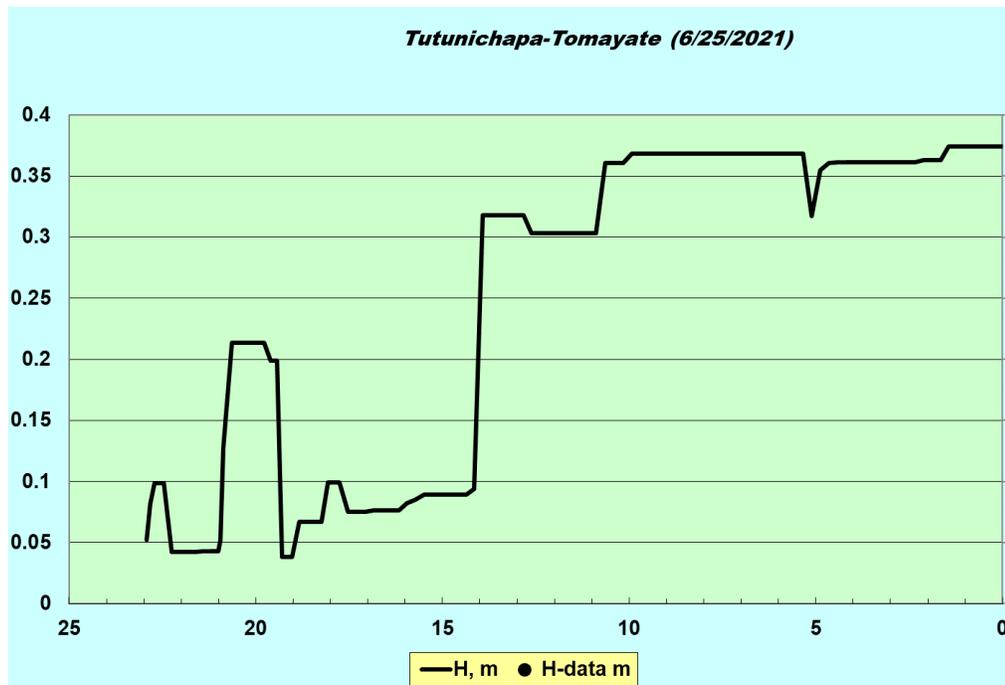


Figura 38. Tirante hidráulico en el modelo Tutunichapa-Tomayate

3.4.2.3.2. CALIDAD DE AGUAS

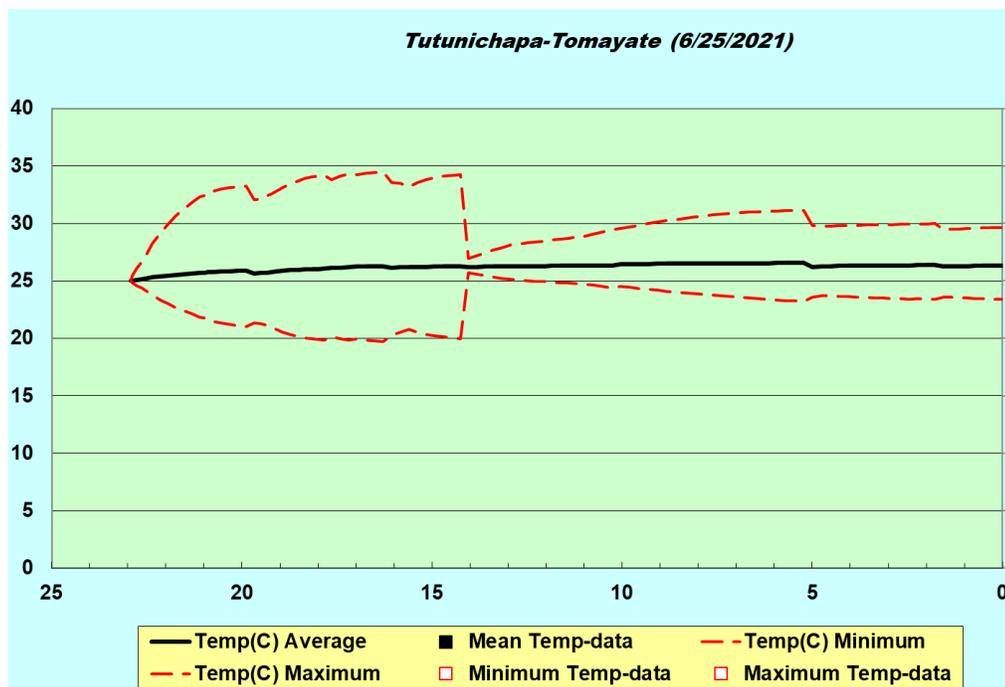


Figura 39. Temperatura en el modelo Tutunichapa-Tomayate

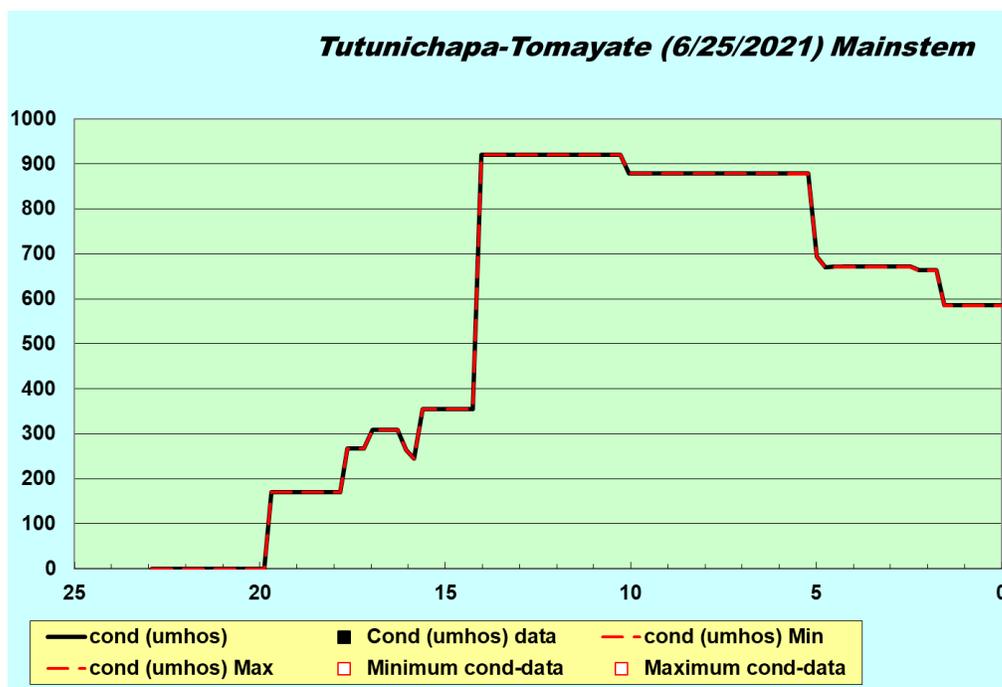


Figura 40. Conductividad en el modelo Tutunichapa-Tomayate

La cabecera del río Tutunichapa presenta un caudal de 46 l/s, por lo que los vertidos puntuales que se producen en el modelo aguas arriba de la confluencia del río San Antonio (Km 14.11), con conductividades por encima de 1,000 μmhos y que en total constituyen más de 40 l/s, hacen que la conductividad del cauce se eleve hasta los 350 μmhos .

Del mismo modo, con el aporte de 1,230 l/s por parte del río San Antonio y su elevada conductividad de 961.72 μmhos , aumenta la misma hasta valores superiores a los 900 μmhos , que van disminuyendo conforme se producen los aportes del resto de cauces que presentan menores conductividades. Aún así, el valor de conductividad alcanzado al final del modelo está en el entorno de 600 μmhos .

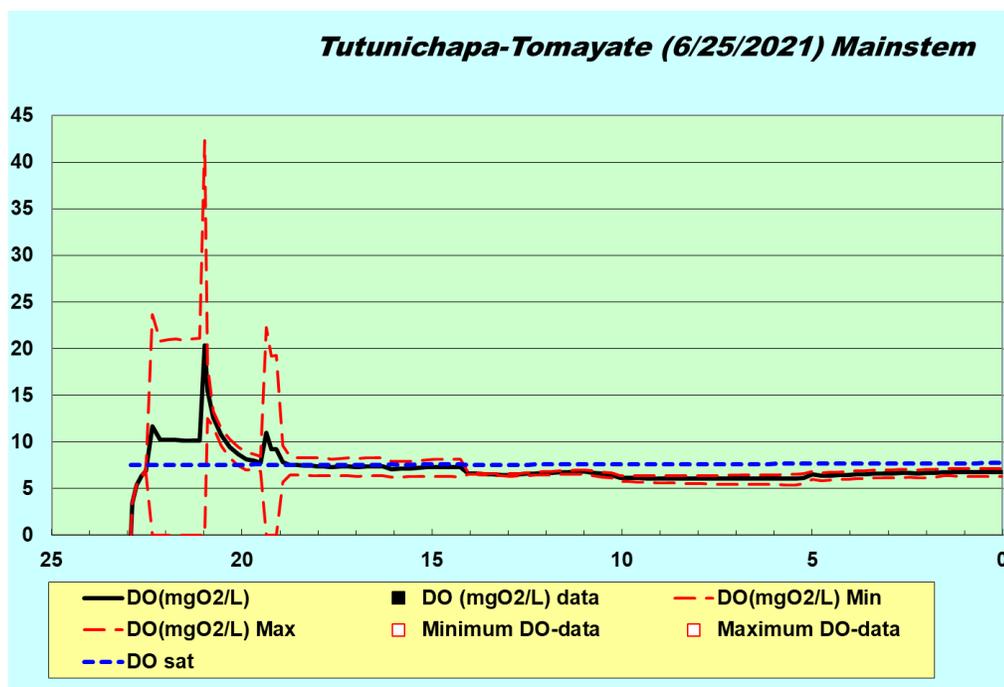


Figura 41. Oxígeno disuelto en el modelo Tutunichapa-Tomayate

La cabecera del río Tutunichapa presenta valores por encima del valor de saturación de oxígeno en el agua hasta la aparición de los primeros vertidos en los que se aproxima a dicho valor, quedando en torno a 7.5 mgO₂/l.

Sin embargo, los aportes del río San Antonio (decaendo por debajo de 7 mgO₂/l) y el resto de vertidos que se producen aguas abajo del modelo, mantienen los valores por debajo del valor de saturación de oxígeno, lo que pone en compromiso la proliferación de vida acuática.

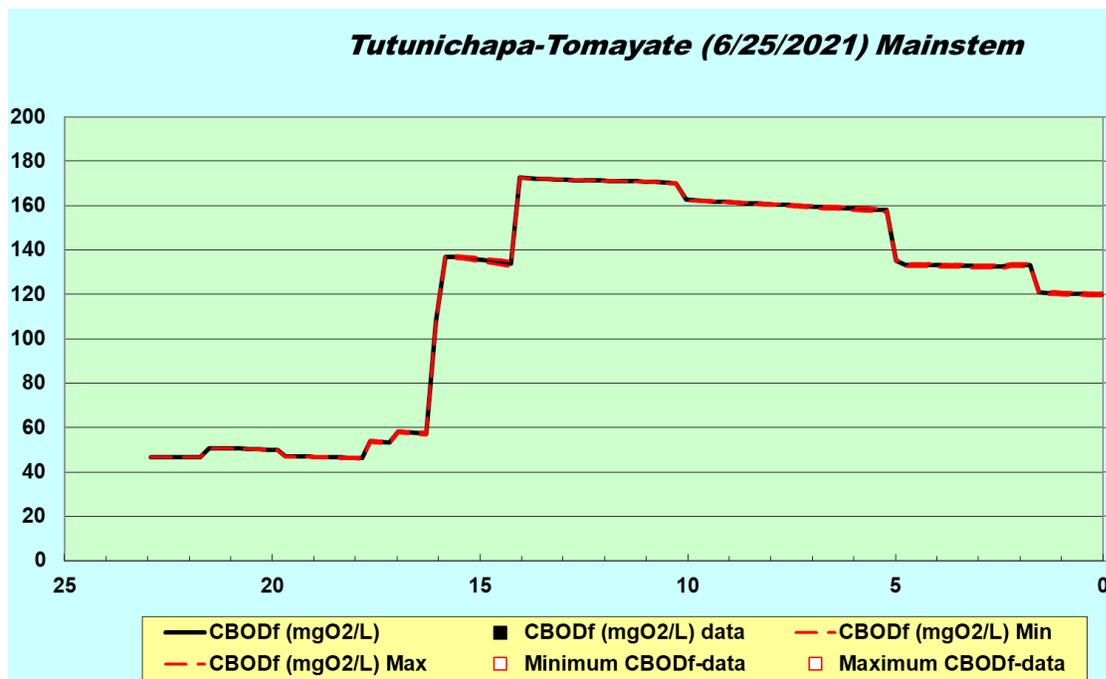


Figura 42. Demanda biológica de oxígeno en el modelo Tutunichapa-Tomayate

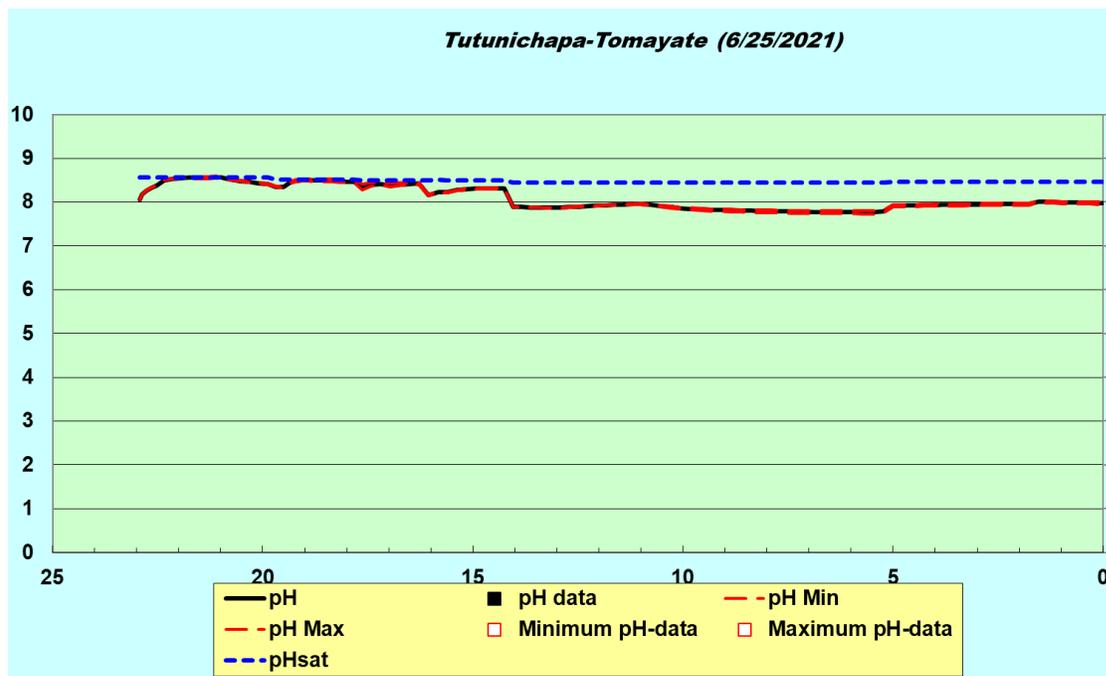


Figura 43. pH en el modelo Tutunichapa-Tomayate

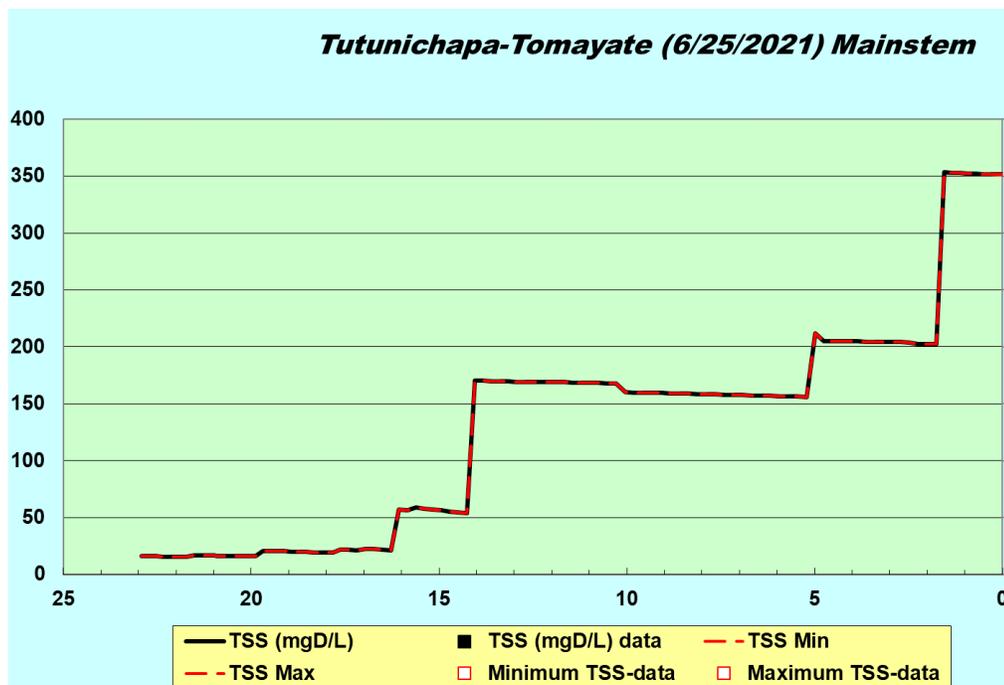


Figura 44. Sólidos Suspendidos Totales en el modelo Tutunichapa-Tomayate

Los vertidos producidos aguas arriba de la confluencia con el río San Antonio resultan significativos en el aumento de los SST por la falta de caudal del cauce principal.

Sin embargo, a partir de la confluencia de los distintos cauces principales: San Antonio (178.94 mg/l en el Km 14.11), Mariona (410.22 mg/l en el Km 5) y El Ángel (1478.50 mg/l en el Km 1.6) son los que hacen que el aporte de SST al final del modelo sea tan importante.

3.4.2.4. SAN ANTONIO

3.4.2.4.1. TOPOLOGÍA

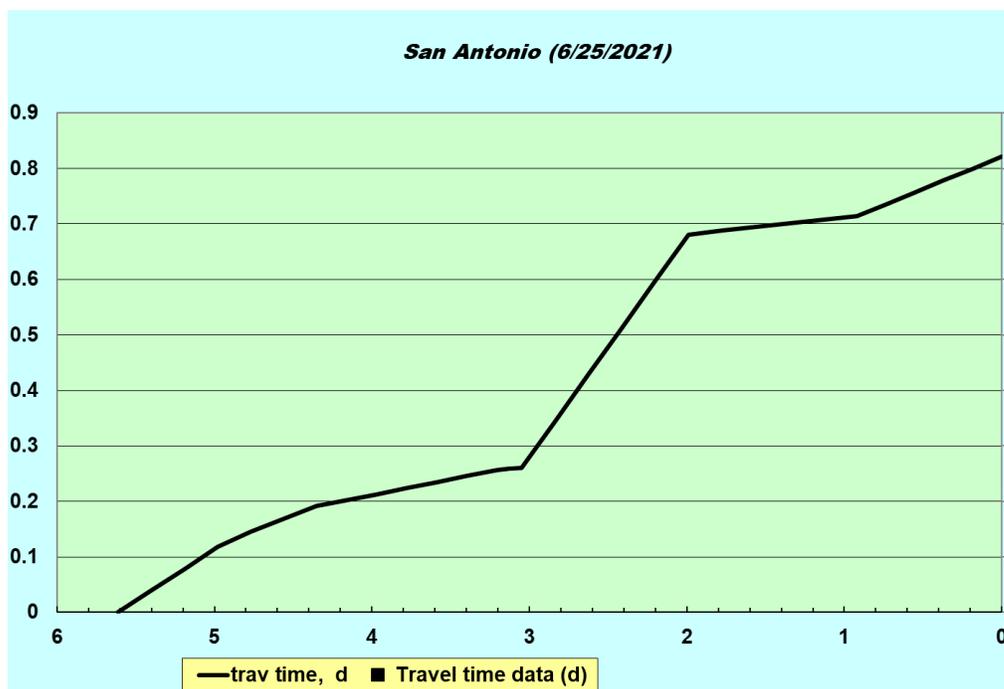


Figura 45. Tiempo de recorrido en el modelo San Antonio

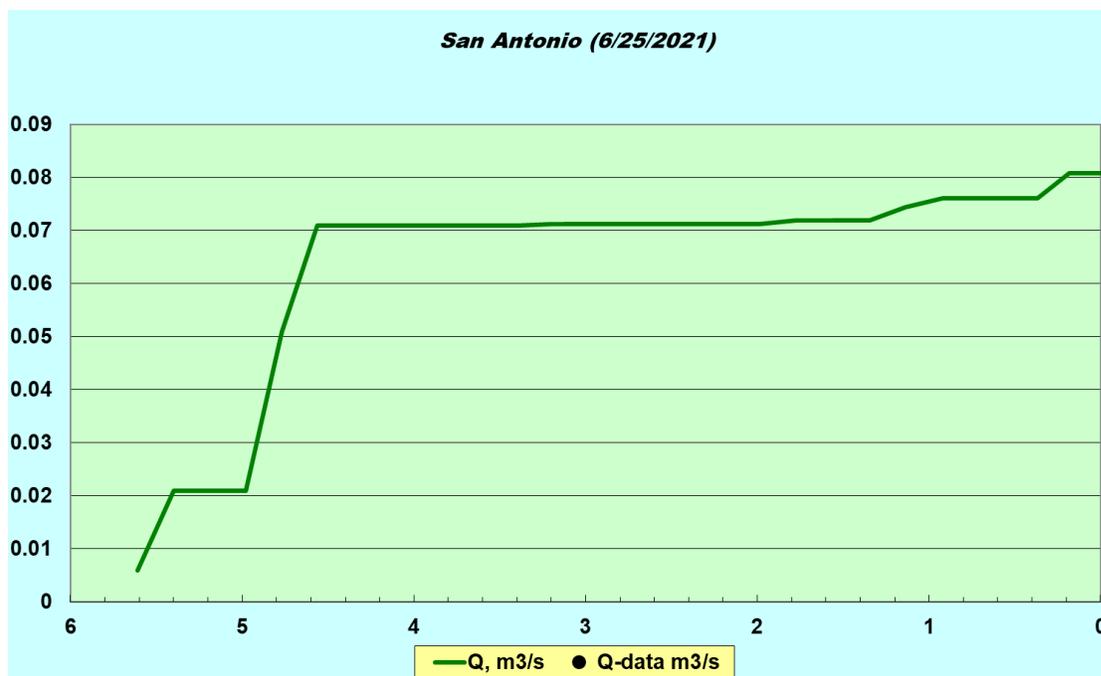


Figura 46. Caudal en el modelo San Antonio

Los caudales circulantes en la cabecera del modelo son muy bajos y el modelo, con un trazado plenamente urbano, no presenta la incorporación de otros cauces que ayuden a diluir los vertidos ocasionados.

En primera instancia se produce un vertido Km. 5.46 con valores elevados de conductividad, SST, DBO₅ y caudal, así como baja concentración de oxígeno disuelto – i.e. RT_A_019_SA.

Posteriormente, entre los Km. 4.59 y 4.77 se producen los vertidos RT_A_006_SA, RT_A_002_SA y RT_b_001_SA, que acaparan la mayor parte del caudal aportado al modelo, aunque sus parámetros de calidad de agua – a excepción de la conductividad por encima de 800 µmhos – no son muy desfavorables.

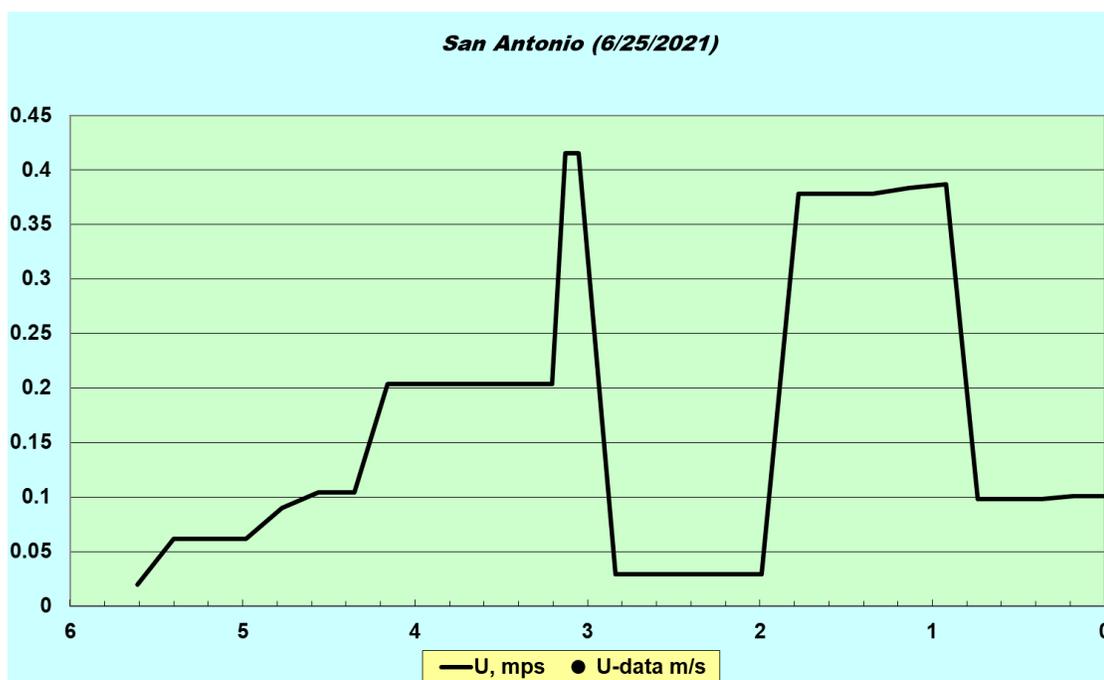


Figura 47. Velocidad en el modelo San Antonio

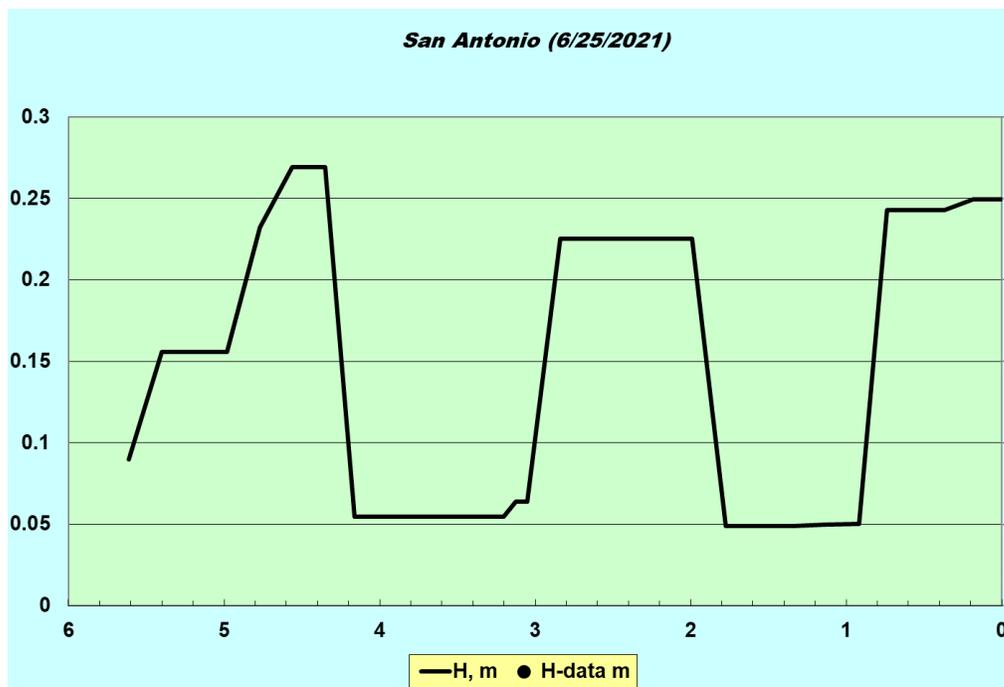


Figura 48. Tirante hidráulico en el modelo San Antonio

3.4.2.4.2. CALIDAD DE AGUAS

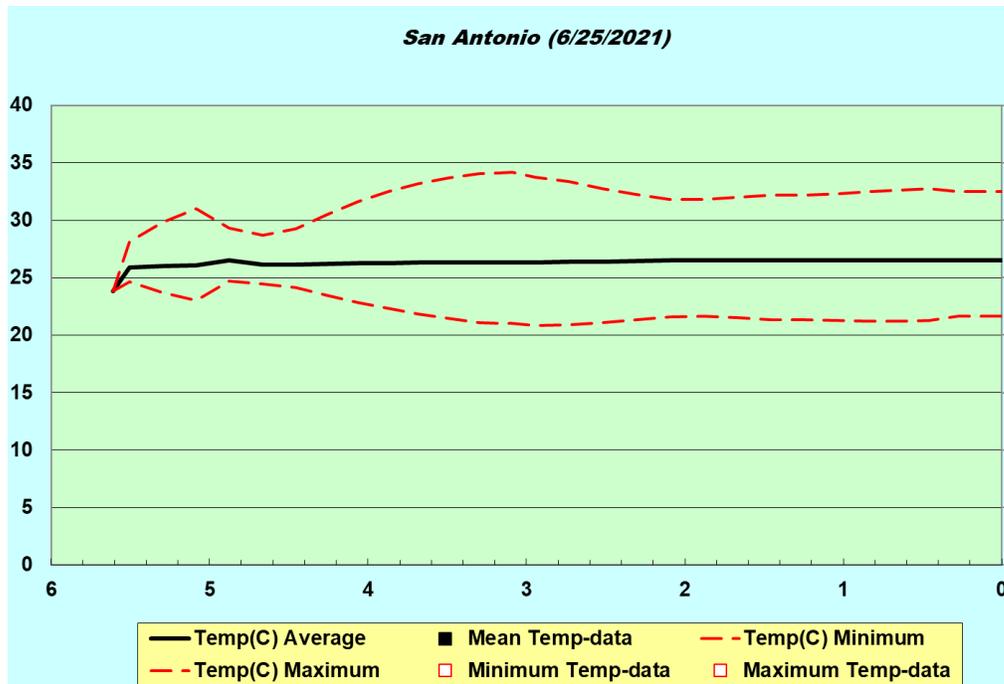


Figura 49. Temperatura en el modelo San Antonio

La temperatura del cauce natural está en torno a los 24 °C, mientras que los vertidos superan los 26.5 °C, lo que hace que a partir del primero de ellos, y dado que los aportes de caudal provenientes de los vertidos son importantes, la temperatura media del cauce aumente.

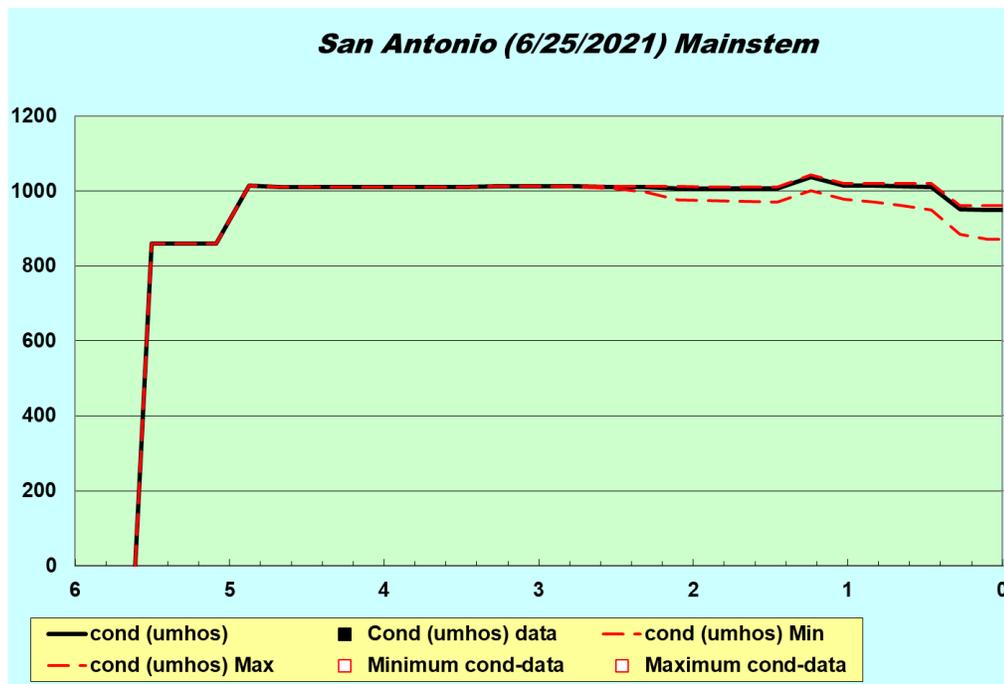


Figura 50. Conductividad en el modelo San Antonio

La conductividad de los vertidos es elevada (supera los 800 μmhos), por lo que conforme van realizándose aportes de agua al sistema, la conductividad de sus aguas va aumentando hasta alcanzar los 961.72 μmhos en el punto de vertido al río Arenal de Monserrat.

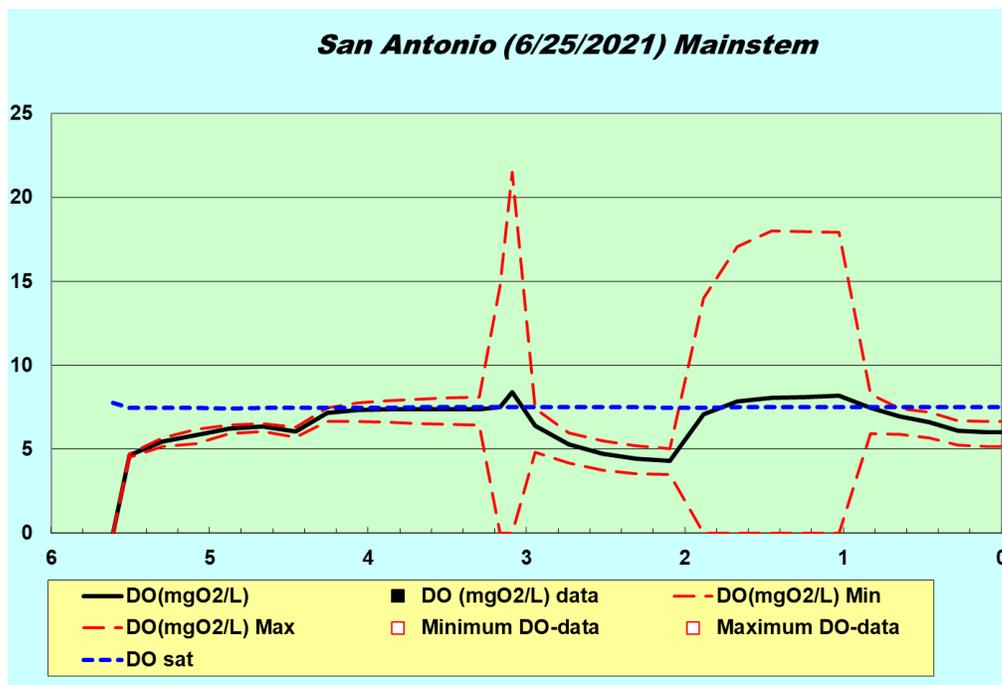


Figura 51. Oxígeno disuelto en el modelo San Antonio

Existen vertidos con concentraciones de oxígeno disuelto inferiores al valor de saturación – i.e. Km. 5.46, 3.28, 1.89 y 1.29 –, que condicionan el comportamiento del cauce, por depender su caudal en gran medida de las descargas urbanas, y dificultan la proliferación de vida acuática.

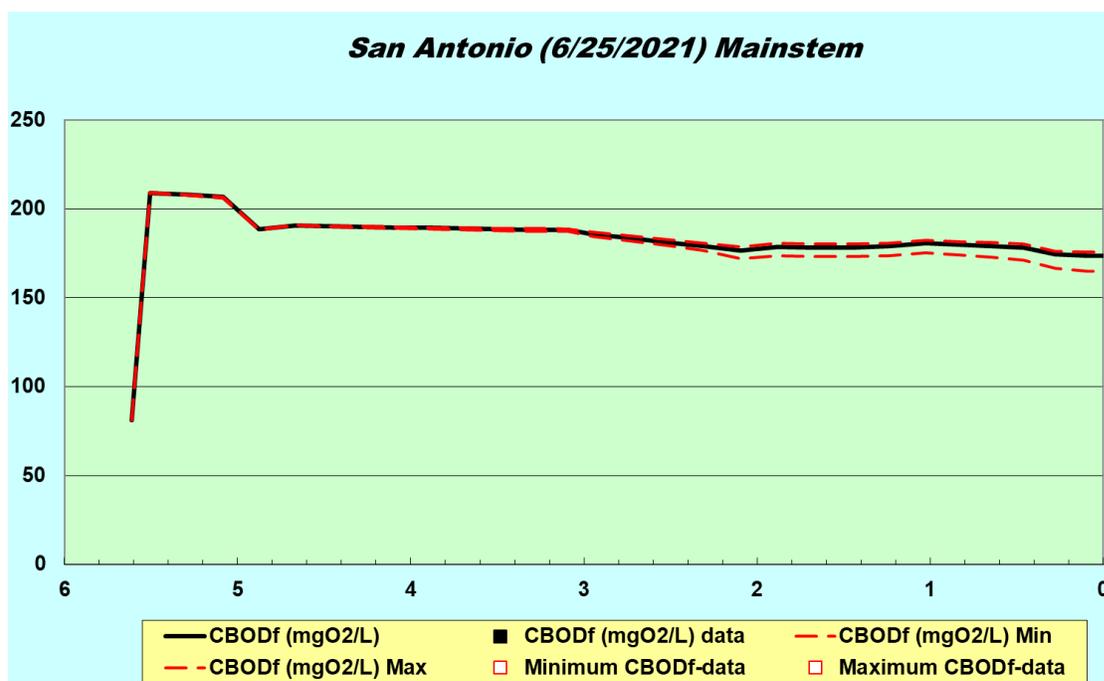


Figura 52. Demanda biológica de oxígeno en el modelo San Antonio

El sistema inicia con valores elevados de DBO₅ debido al vertido RT_A_019_SA. Posteriormente va disminuyendo porque la agrupación de vertidos que presenta mayor caudal tiene una concentración media por debajo de 200 mg/l.

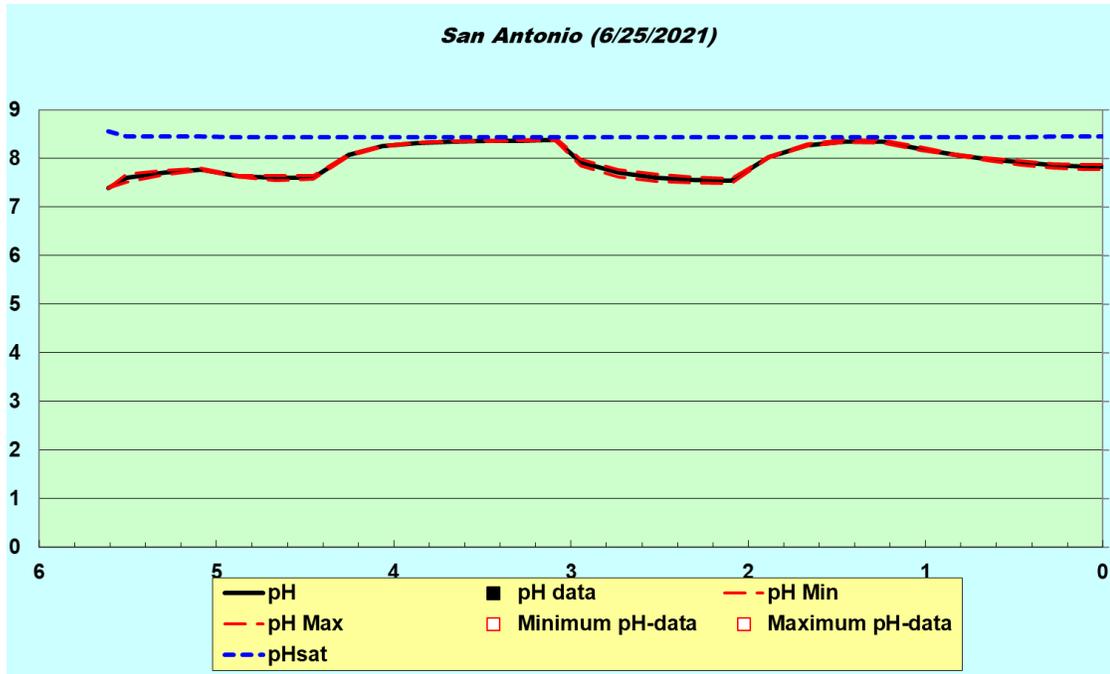


Figura 53. pH en el modelo San Antonio

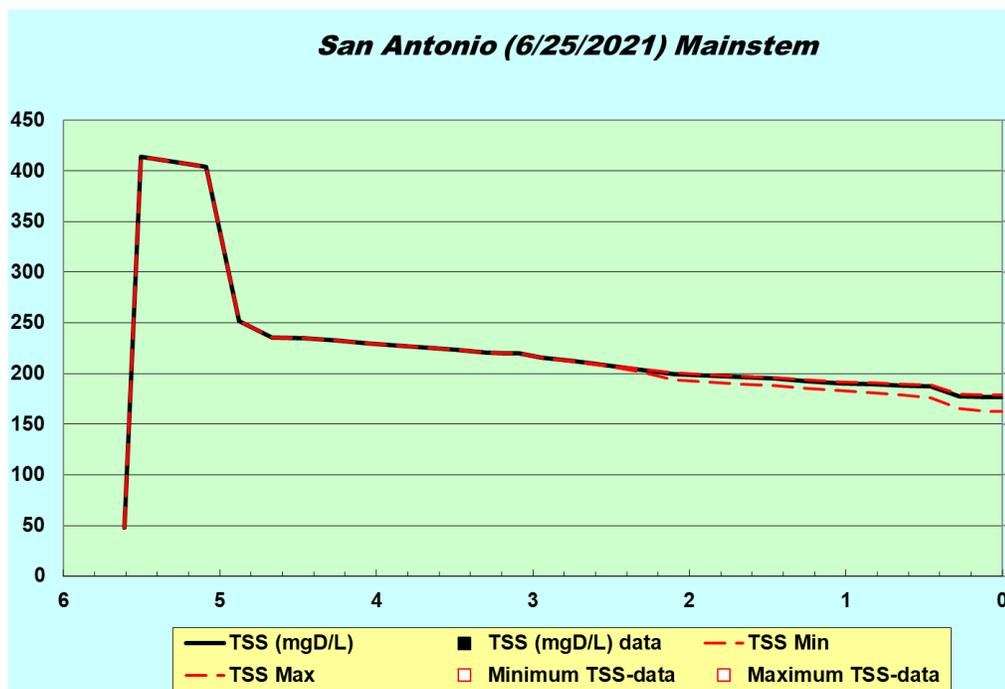


Figura 54. Sólidos Suspendidos Totales en el modelo San Antonio

Al igual que en el caso de la DBO_5 , destaca el aporte de sólidos suspendidos totales que realiza al sistema el vertido RT_A_019_SA, elevando su contenido por encima de los 400 mg/l.

El sistema es capaz de reducir ese aporte por debajo de los 200 mg/l en su desembocadura al río Tomayate.

3.4.2.5. MARIONA

3.4.2.5.1. TOPOLOGÍA



Figura 55. Tiempo de recorrido en el modelo Mariona



Figura 56. Caudal en el modelo Mariona

Aproximadamente la mitad del caudal aportado al río Mariona en el modelo proviene del río Paleca, con lo que la calidad de agua del mismo, en donde destaca un alto contenido en SST resulta determinante en el río Mariona.

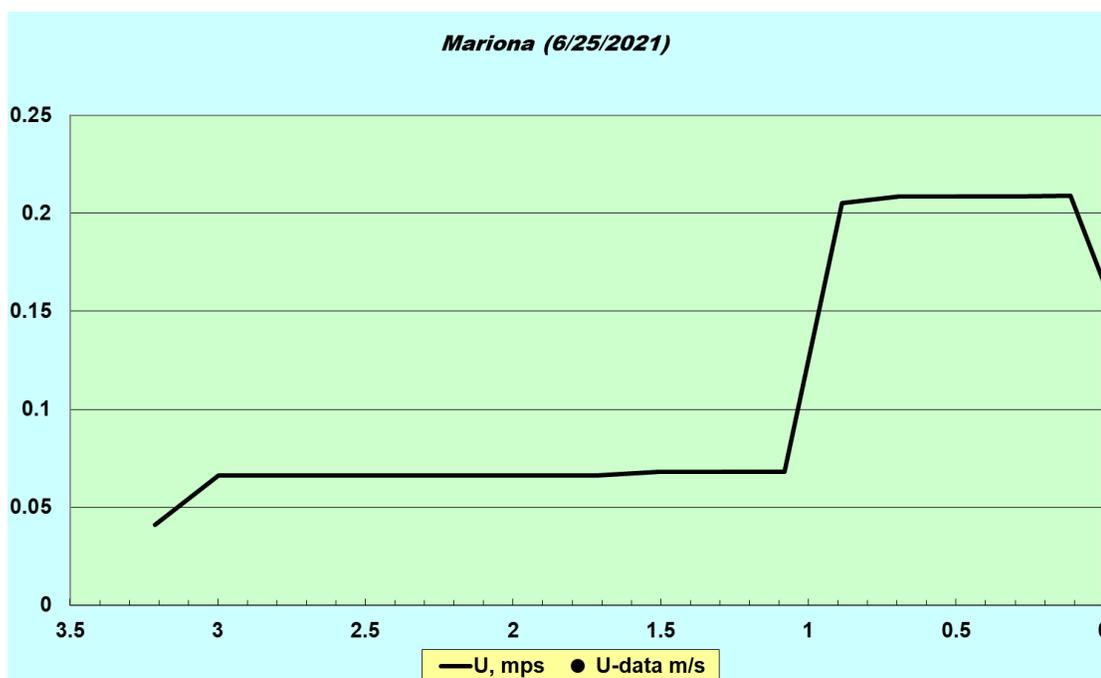


Figura 57. Velocidad en el modelo Mariona

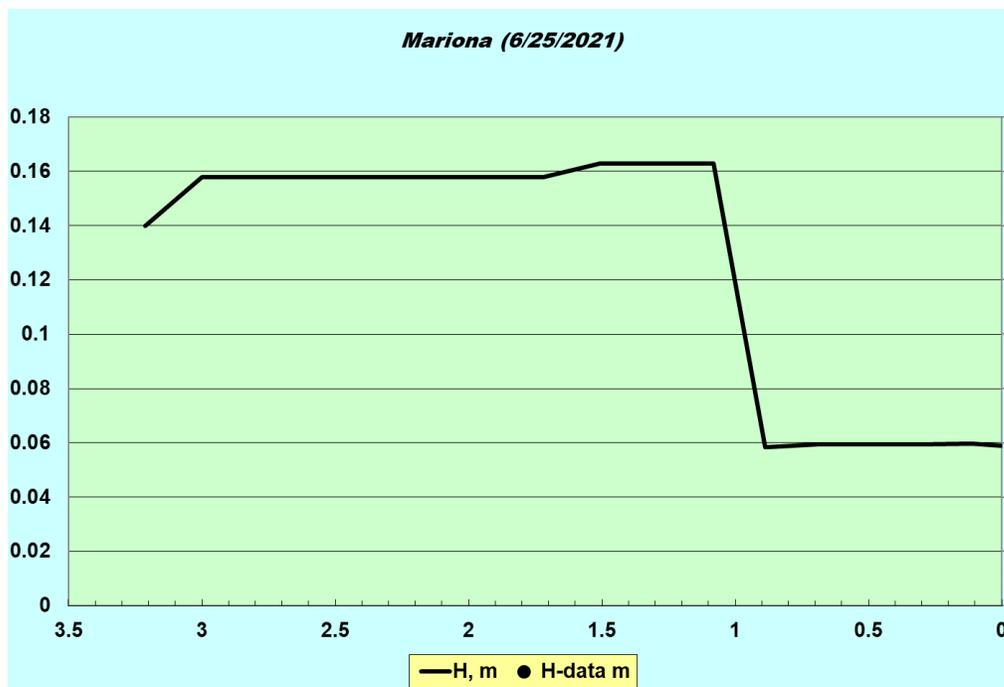


Figura 58. Tirante hidráulico en el modelo Mariona

3.4.2.5.2. CALIDAD DE AGUAS

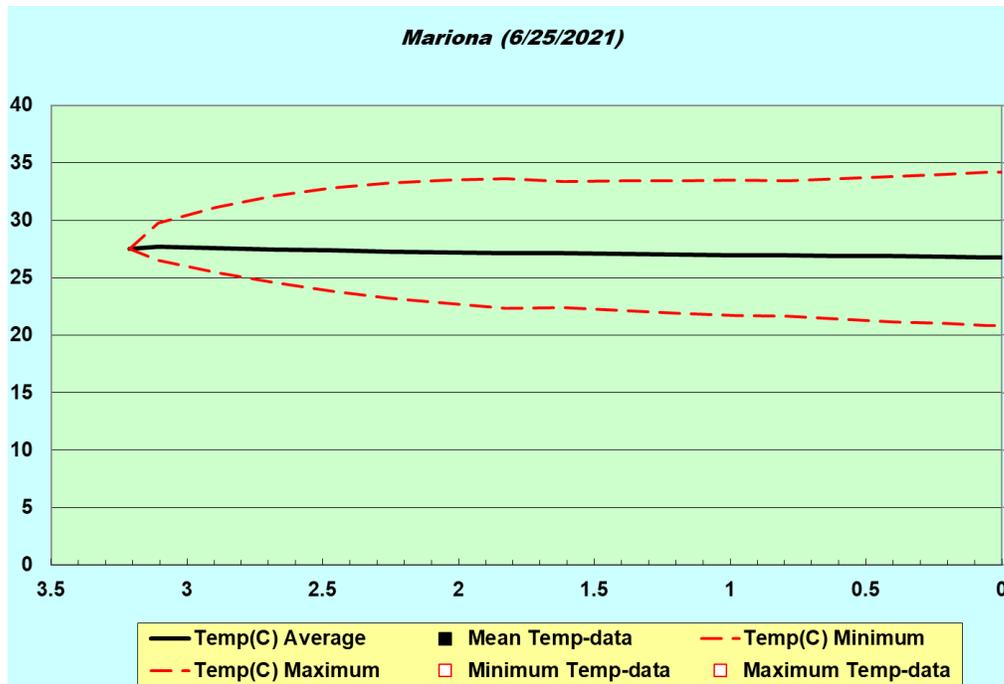


Figura 59. Temperatura en el modelo Mariona

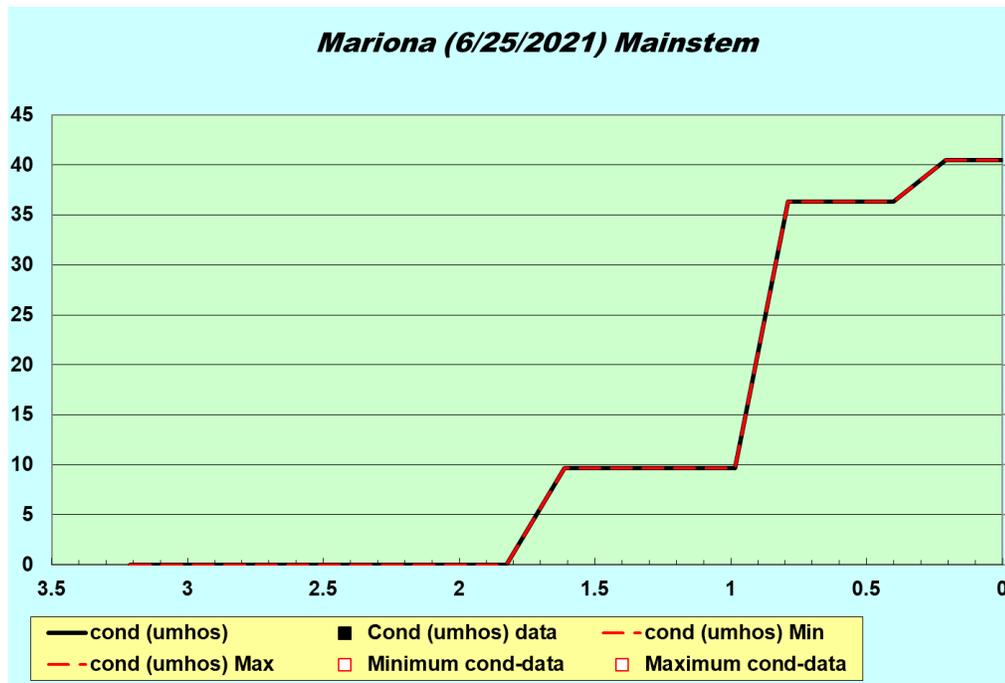


Figura 60. Conductividad en el modelo Mariona

A partir de los resultados del modelo, no existen problemas de conductividad.

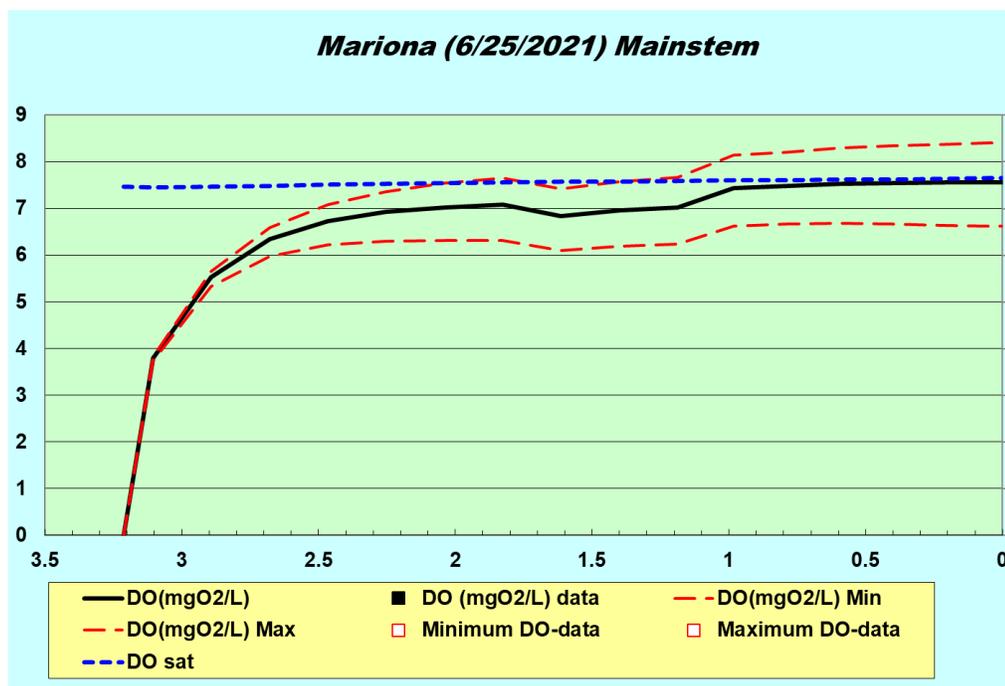


Figura 61. Oxígeno disuelto en el modelo Mariona



El contenido en oxígeno disuelto es muy bajo en todos los vertidos, lo que hace que el intercambio entre la superficie de la lámina de agua y el aire requiera de 2 Km para alcanzar la concentración de saturación de oxígeno al final del tramo de estudio.

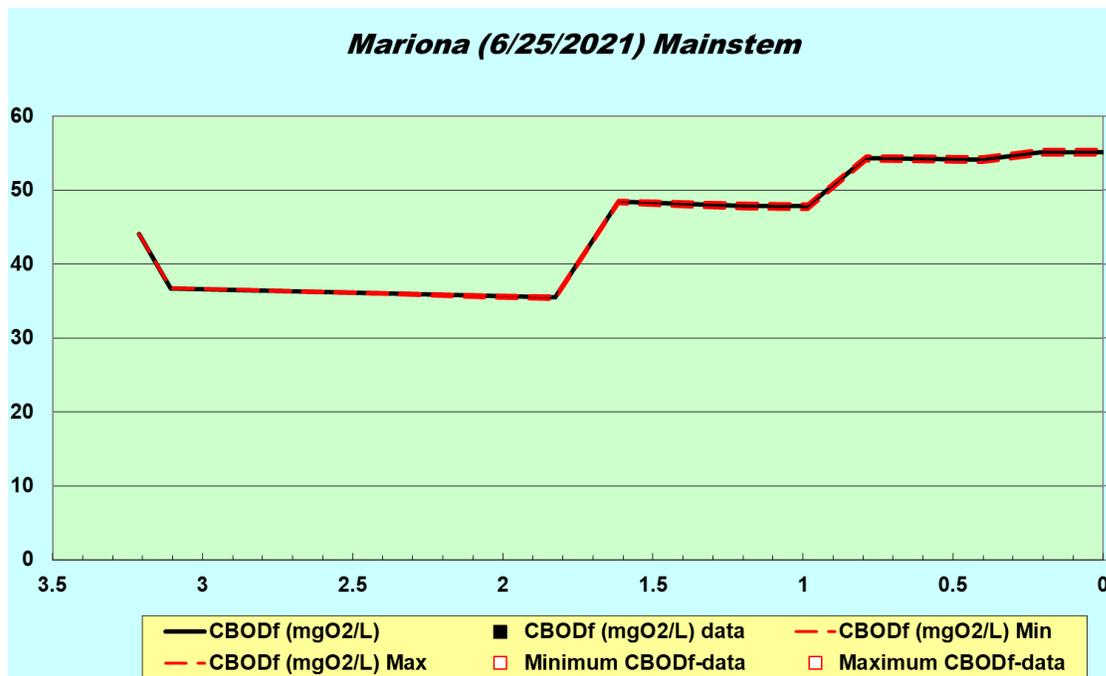


Figura 62. Demanda biológica de oxígeno en el modelo Mariona

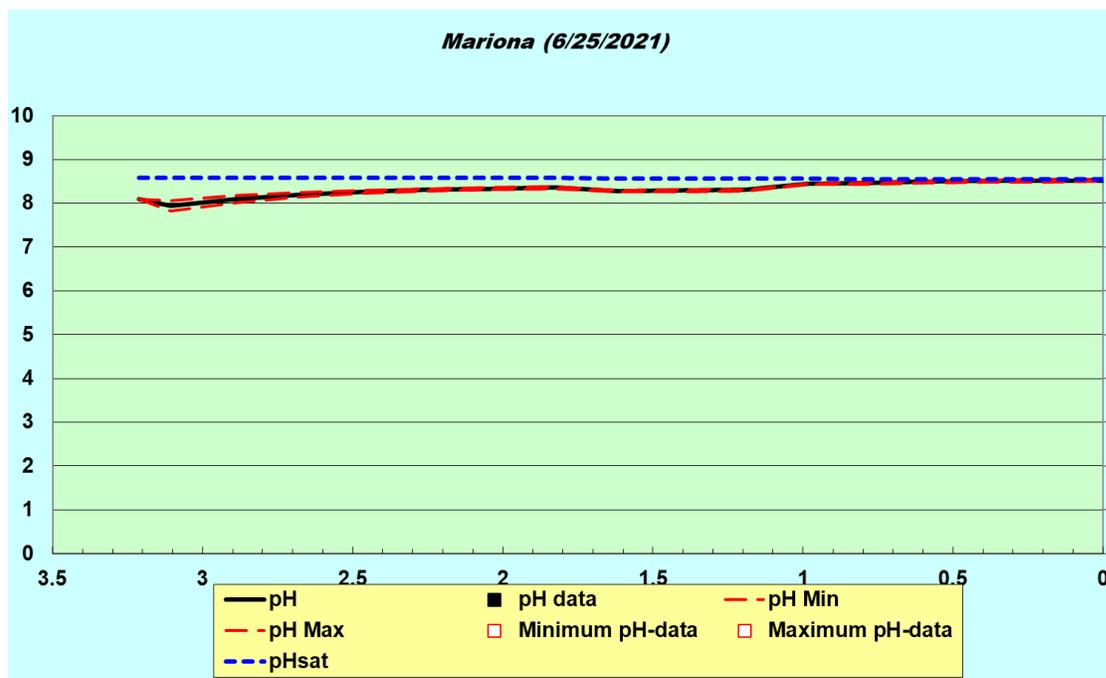


Figura 63. pH en el modelo Mariona

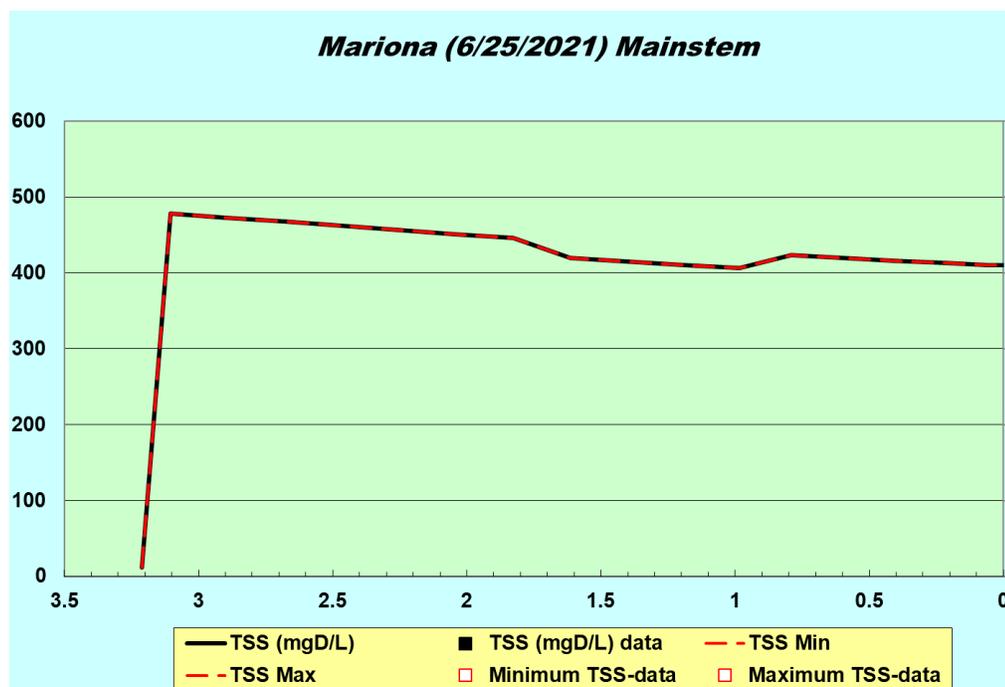


Figura 64. Sólidos Suspendedos Totales en el modelo Mariona

Como se ha referido anteriormente, la alta concentración de SST en el río Paleca condiciona el contenido del río Mariona.

3.4.2.6. EL ÁNGEL

El modelo del río El Ángel está condicionado por la actividad del Ingenio Azucarero homónimo.

Se trata de una actividad temporal que requiere del procesado de la caña de azúcar y que produce, en las diferentes instalaciones – asociadas a los distintos vertidos detectados – el proceso completo de transformación de la materia prima en azúcar.

Lamentablemente, durante la campaña de toma de muestras de la presente consultoría no se pudo tomar muestras de la actividad por realizarse en el inicio de la época lluviosa, donde únicamente se realizan tareas de mantenimiento, por lo que los resultados del presente modelo no reflejan la gravedad que representa la actividad sobre el estado de conservación de las masas de agua.

3.4.2.6.1. TOPOLOGÍA

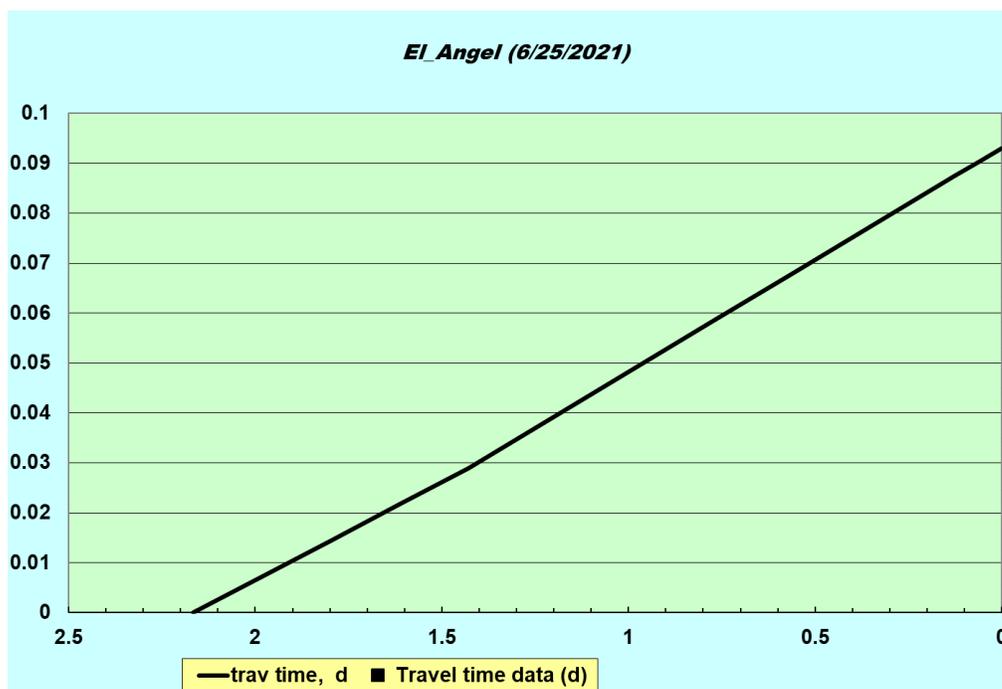


Figura 65. Tiempo de recorrido en el modelo El Ángel

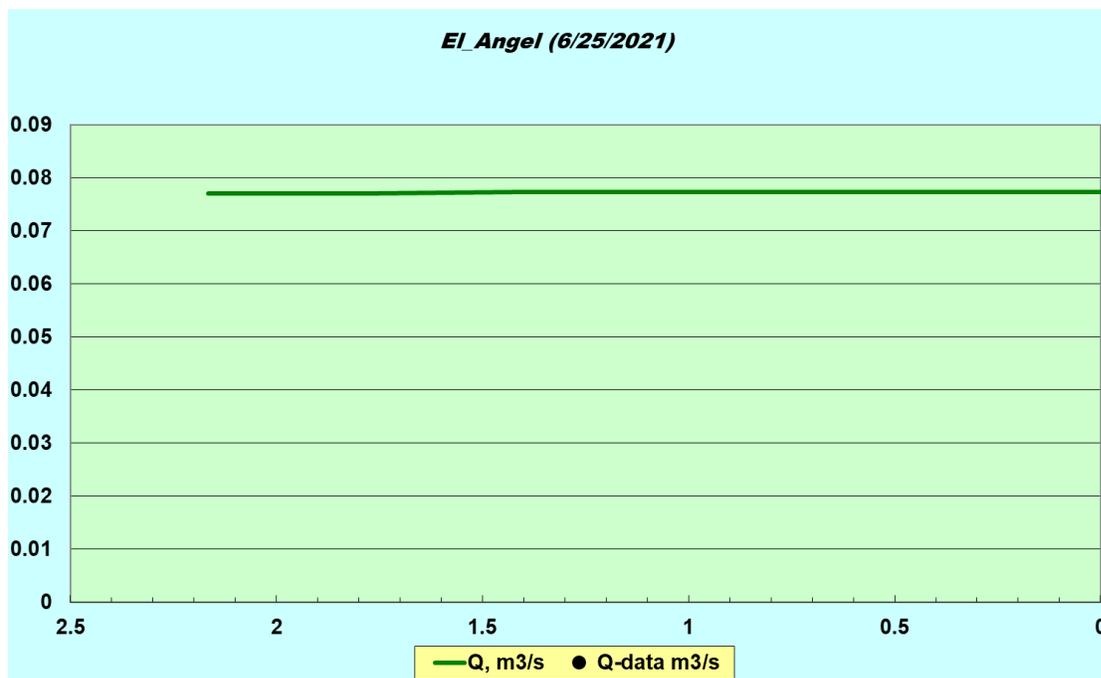


Figura 66. Caudal en el modelo El Ángel

Los aportes detectados en los vertidos – casi todos ellos de carácter especial – muestreados son casi inexistentes por encontrarse el ingenio azucarero fuera de actividad.

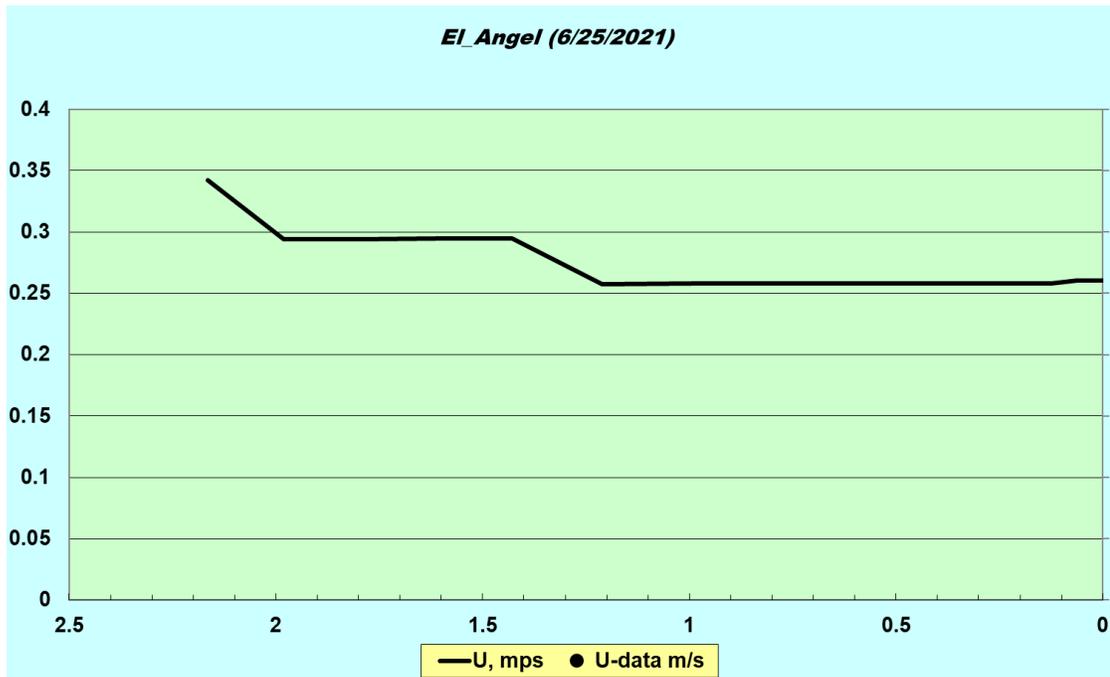


Figura 67. Velocidad en el modelo El Ángel

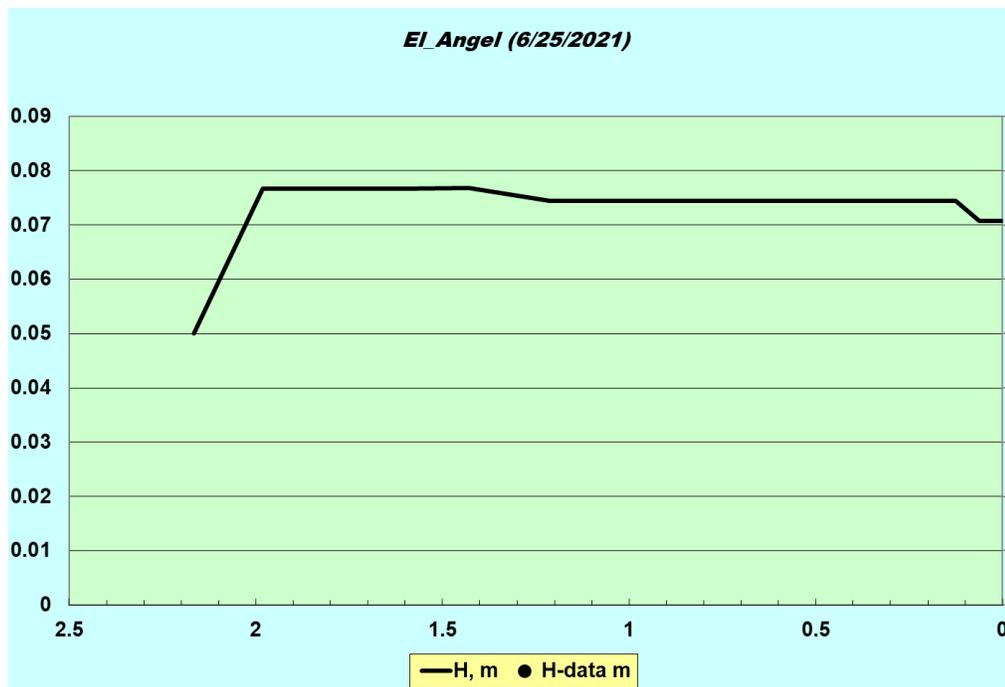


Figura 68. Tirante hidráulico en el modelo El Ángel

3.4.2.6.2. CALIDAD DE AGUAS

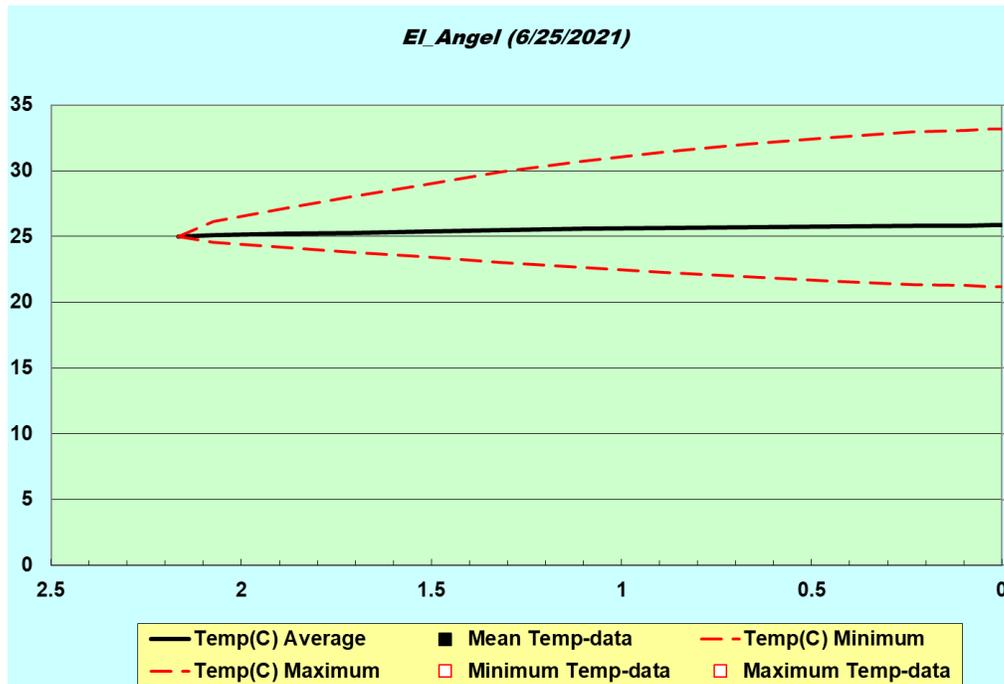


Figura 69. Temperatura en el modelo El Ángel

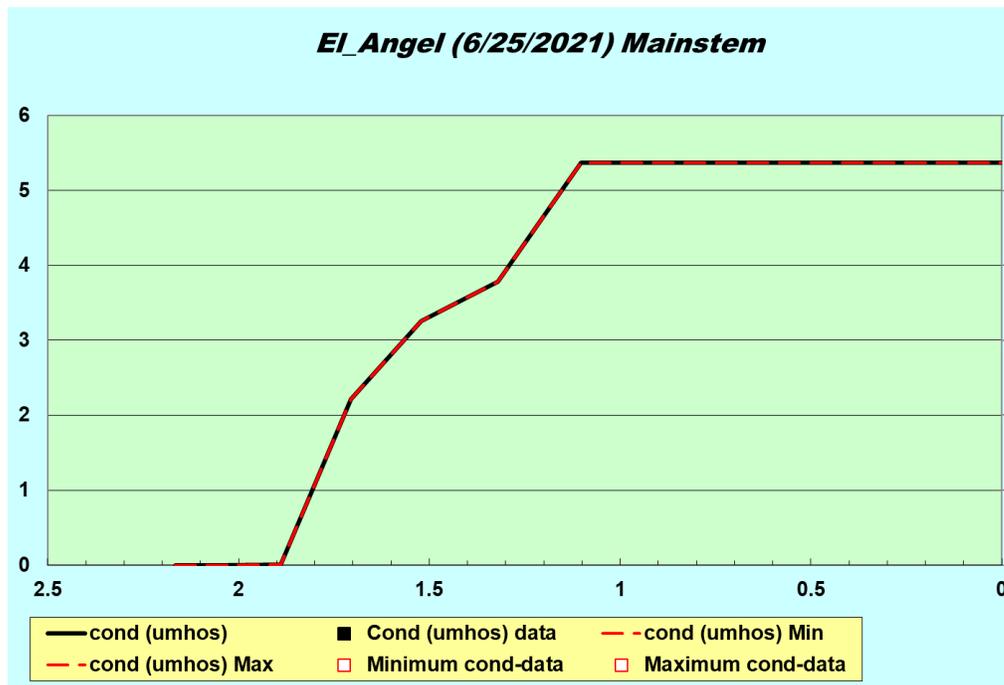


Figura 70. Conductividad en el modelo El Ángel

El caudal aportado por los vertidos es tan bajo que los elevados valores de conductividad en algunos de los vertidos no tienen reflejo sobre el cauce principal.

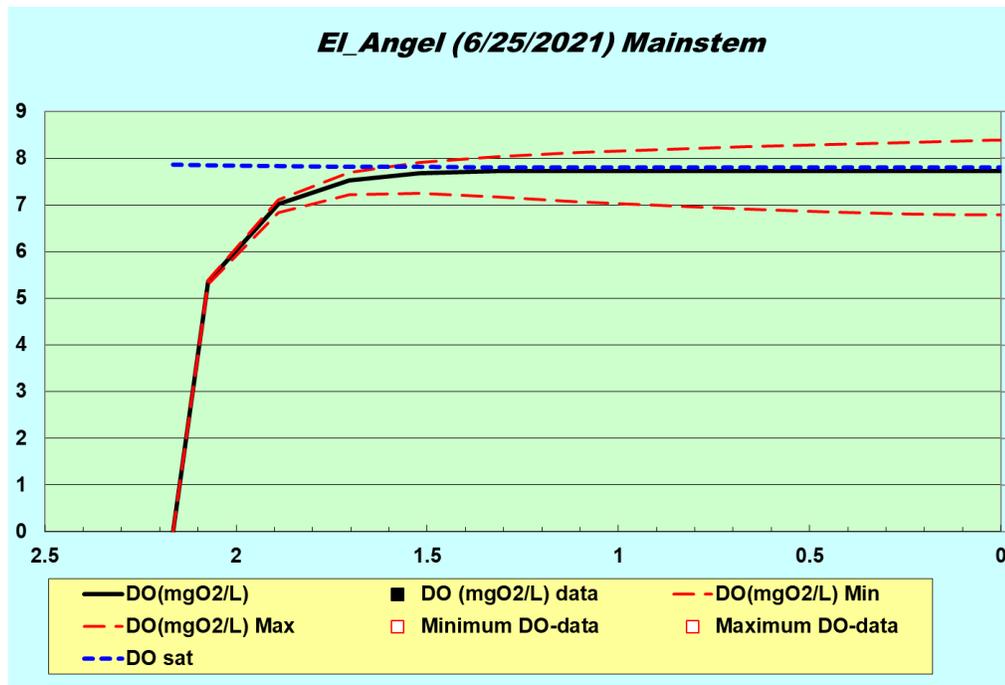


Figura 71. Oxígeno disuelto en el modelo El Ángel

De igual modo, el contenido de oxígeno disuelto, con más de 2 Km de longitud y con caudales circulantes (incluyendo los aportes de los vertidos) tan bajos, alcanza el valor de saturación dentro del tramo de estudio.

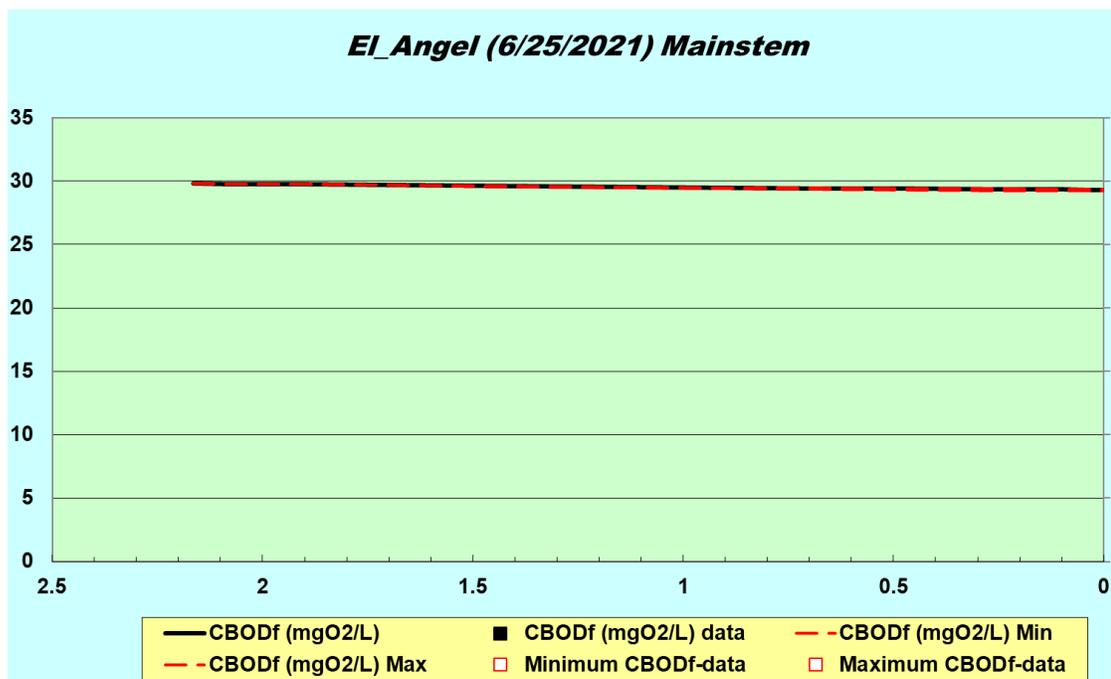


Figura 72. Demanda biológica de oxígeno en el modelo El Ángel

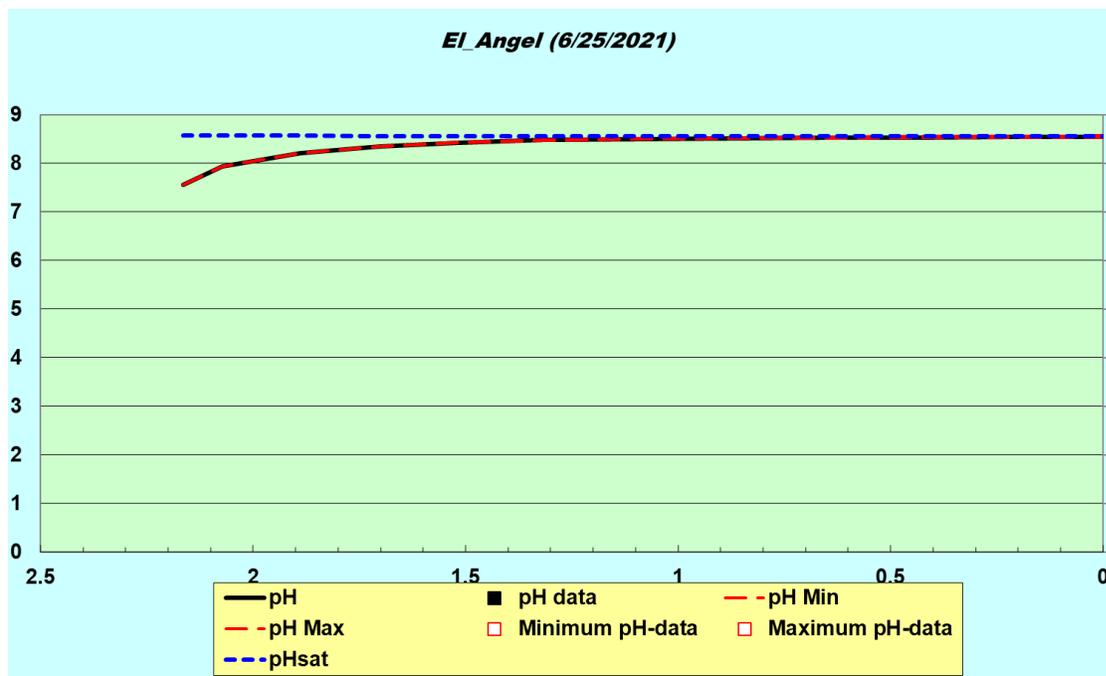


Figura 73. pH en el modelo El Ángel

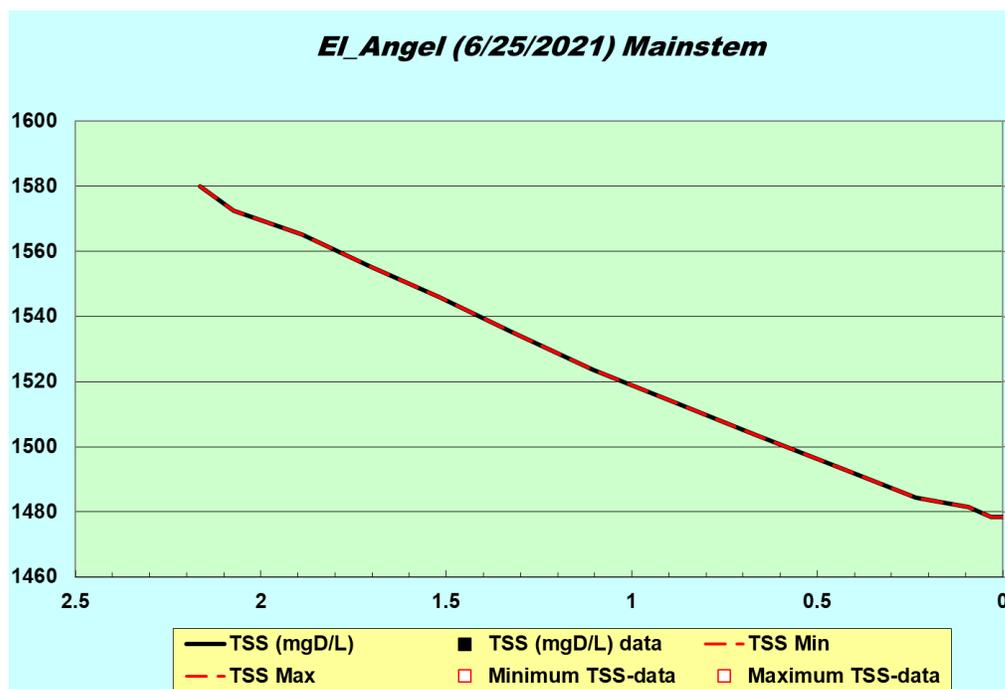


Figura 74. Sólidos Suspending Totales en el modelo El Ángel

El modelo parte de un valor muy elevado de SST en cabecera que no se corresponde con los vertidos aportados en la época de muestreo. Este hecho se debe a la existencia de grandes cargas de sedimento, con importante carga orgánica – que puede ser resuspendida en la columna de agua.

3.5. PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS

3.5.1. EVALUACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA OBSERVADA POR MICROCUENCAS

Teniendo en cuenta los resultados de la capacidad de carga contaminante de los ríos y quebradas del ámbito de estudio (ver apartados 2.4, 2.5 y 2.6 del *Informe de capacidad de cargas contaminantes*), en los que se observa como la práctica totalidad de los cauces – a excepción de la quebrada Merliot en su tramo de cabecera y de la cabecera de la quebrada La Mascota considerando un ensayo de 200 m en lugar de los 100 m de la prueba general – no tienen capacidad de absorber la carga contaminante que por ellas circula.

La siguiente tabla refleja los resultados de los ensayos de dispersión del trazador llevados a cabo, estableciendo el rango de variabilidad de la dispersión – i.e. Rango Fisher (m^2/s) – y determinando el índice de dispersión por el método de Folger.

Si el valor del índice supera al valor mínimo del Rango de Fisher, la dispersión que se produce en el tramo de cauce es adecuada. En caso contrario, si las condiciones del cauce lo permiten, se repite el ensayo tomando como referencia un punto a 150-200 m del punto emisor, volviendo a evaluar el nuevo índice obtenido respecto al Rango de Fisher.

CÓDIGO	RÍO	Rango Fisher (m^2/s)	Mét. Folger (m^2/s)	¿Dispersión Adecuada?
NAME 1	Merliot	[0.1416;0.4248]	0.4	Sí
NAME 2	Buenos Aires	[0.2679;0.8038]	0.06875	No
NAME 3	La Mascota	[1.7605;5.2815]	0.1249/0.1249	No/No
NAME 4	La Mascota	[0.4081;1.2244]	0.05/12.1951	No/Sí
NAME 5	Arenal Monserrat	[0.7196;2.1589]	0.2562	No
NAME 6	San Felipe	[0.4143;1.2429]	0.05/0.05	No
NAME 7	Arenal Monserrat	[10.654;31.9621]	0.8499/0.8499	No/No
NAME 8	La Mascota	[15.4537;46.361]	2.16	No
NAME 9	La Mascota	[1.1377;3.4132]	0.2373	No
NAME 10	Acelhuate	[4.3553;13.066]	0.975/0.975	No/No
NAME 11	El Carmen	Sin caudal	Sin caudal	Sin caudal
NAME 12	El Carmen	[0.2071;0.6214]	0.025	No
NAME 13	La Mascota	[2.4981;7.4945]	0.3906/0.3906	No/No
NAME 14	La Mascota	[1.3455;4.0367]	0.2	No
NAME 15	Las Lajas	[0.4202;1.2606]	0.075	No
NAME 16	Las Lajas	[0.6962;2.0886]	0.05	No
NAME 17	Tutunichapa	[1.9951;5.9853]	0.2374	No



CÓDIGO	RÍO	Rango Fisher (m ² /s)	Mét. Folger (m ² /s)	¿Dispersión Adecuada?
NAME 18	Tutunichapa	[5.3560;16.0681]	0.3874	No
NAME 19	San Antonio	[7.2011;21.6035]	0.3498/0.3498	No/No
NAME 20	San Antonio	[0.2192;0.6578]	0.1312	No
NAME 21	San Antonio	[1.3192;3.9578]	0.1875/0.1875	No/No
NAME 22	San Antonio	[0.5655;1.6966]	Sin datos	Sin datos
NAME 23	El Ángel	[8.5431;25.6294]	1.9125/1.9125	No/No
NAME 24	Chaguite	[3.6740;11.0220]	0.2666	No
NAME 25	Mariona	[1.5507;4.6522]	0.075	No
NAME 26	El Ángel	[10.7479;32.2439]	1.1664	No
NAME 27	El Ángel	[3.9889;11.9669]	0.2999	No
NAME 28	El Ángel	[4.6162;13.8487]	0.4312/0.4312	No/No
NAME 29	Tomayate	[19.2726;57.8179]	1.8277/1.8277	No/No
NAME 30	Acelhuate	Sin datos	Sin datos	Sin datos
NAME 31	Acelhuate	[10.9962;32.9886]	1.2075/1.2075	No/No
NAME 32	Tomayate	[10.5016;31.5050]	1.1166/1.1166	No/No
NAME 33	Mariona	[9.8383;29.5149]	0.6267/0.6267	No/No
NAME 34	Mariona	[0.1502;0.4507]	0.02562	No
NAME 35	Tomayate	[10.0427;30.1281]	1.3999	No
NAME 36	Tomayate	[0.6648;1.9946]	0.0612/0.0612	No/No
NAME 37	Tomayate	[13.6728;41.0185]	1.2	No
NAME 38	La Lechuza	[0.7838;2.3515]	0.075	No
NAME 39	Tutunichapa	[0.1464;0.4394]	0.0124	No
NAME 40	Rastro de Apopa	[0.5520;1.6562]	0.0625/0.0625	No/No
NAME 41	Mariona	[0.5689;1.7068]	0.075	No
NAME 42	San Antonio	[0.8188;2.4565]	0.12	No

Tabla 15. Capacidad de carga de los ríos y quebradas del ámbito de estudio

En base a los resultados obtenidos en la capacidad de carga de los cauces, no es posible contar con los medios receptores para absorber aporte alguno de carga contaminante – de manera general, el caudal y la velocidad son muy bajos y prácticamente responden al escurrimiento de los vertidos originados en el ámbito urbano, con lo que la contaminación de base ya es elevada.

En este contexto, las medidas a establecer deben centrarse en los resultados de la modelación de calidad de aguas realizada con el software QUAL2K, donde los resultados obtenidos en los cauces principales se exponen a continuación:

3.5.1.1. RÍO ARENAL DE MONSERRAT

En el caso del río Arenal de Monserrat se aprecia como la calidad de aguas de la quebrada La Mascota compromete la del cauce principal, elevando de manera sustancial su conductividad (con valores próximos a los 700 μmhos), consumiendo el oxígeno disuelto (hasta valores de 3.5 mgO_2/l) y alcanzando valores de 120 mg/l de sólidos suspendidos totales. El aporte de carga contaminante de la Quebrada La Mascota al Río Arenal Monserrat es de 5,766.85 Kg/día de DQO.

Los aportes de las quebradas Merliot y Buenos Aires empeoran la calidad del agua, teniendo aportes de cargas contaminantes expresada como DQO, de 361.1174 Kg/día y 400.878 Kg/día , respectivamente, pero el sistema es capaz de recuperarse posteriormente, sin haber alcanzado valores críticos.

Por su parte, la quebrada La Mascota, con una carga contaminante expresada como DQO de 5,766.8544 kg/día , y el aporte de la quebrada El Carmen, expresada como DQO de 6.80832 kg/día , al inicio del modelo, presenta un flujo mínimo en cabecera que se ve incrementado de manera sustancial por el vertido AM_A_008_LM en torno a los 6.3 Km .

Este vertido hace que la quebrada La Mascota presente valores de conductividad de 400 μmhos y cerca de 320 mg/l de SST y una carga contaminante expresada como SST de 635.904 Kg/día . Posteriormente, en un tramo de unos 500 m, se agrupan diversos vertidos que hacen que la conductividad de la quebrada aumente hasta los 700 μmhos en su confluencia con el río Arenal de Monserrat.

3.5.1.2. RÍO TOMAYATE

El río Tomayate recibe las aguas de 4 cauces principales – i.e. Arenal de Tutunichapa (incluido en la cabecera del modelo principal, hasta el Km . 15.5 aproximadamente), río San Antonio, río Mariona y río El Ángel – con distinta problemática asociada.

El Arenal de Tutunichapa y el río San Antonio presentan una problemática similar, con vertidos con conductividades elevadas (mayores de 800 μmhos en casi todos los casos y mucho más acusado en el río San Antonio) y que aportan una carga contaminante expresada como SST, de 3,864.8448 kg/día y 248.8320 kg/día , respectivamente; el río Mariona tiene una cabecera con menor presión antrópica pero presenta un elevado contenido en SST (mayor de 400 mg/l), aportando una carga expresada como SST de 404.3520 kg/día , que podría solventarse mediante correcciones hidrológico-forestales; finalmente, el río El Ángel está condicionado por la actividad³ del ingenio azucarero, que ha generado la acumulación

³ Cabe destacar que durante la realización de la toma de muestras en los vertidos del río El Ángel no había actividad agroindustrial en el ingenio, por lo que los vertidos tenían un caudal casi despreciable.



de sedimentos en el lecho del río que quedan suspendidos en el agua produciendo valores superiores a 1,400 mg/l en el punto de confluencia con el río Tomayate (más de 1 Km aguas debajo de la ubicación de la actividad), aportando una carga contaminante expresada como SST, de 9,158.4000 kg/día.

3.5.2. BASES DE ACCIÓN Y LÍNEAS ESTRATÉGICAS A DESARROLLAR

Las medidas a desarrollar pueden clasificarse en dos tipologías diferenciadas en función de su carácter preventivo o correctivo – medidas no estructurales o estructurales, respectivamente – y su manera de abordar la problemática, bien sea actuando de manera holística en todo el ámbito de estudio o bien de manera puntual resolviendo un problema concreto.

Las **medidas no estructurales** son de carácter preventivo y presuponen una convivencia razonable de la población con los problemas asociados a la calidad de las aguas. En términos generales persiguen mejorar la calidad de los sistemas a través de la educación ambiental, atacando a la causa de los problemas por la mejora paulatina en la concienciación social y la no aceptación de la impunidad del contaminador.

Dentro de esta categoría se identifican las siguientes medidas particulares:

- Educación y concienciación social. Transmitiendo a la población en general, y de manera particular a la población infantil y juvenil desde los centros de educación, la conciencia medioambiental y la importancia del principio de “quien contamina paga”. La intención es disminuir la tolerancia poblacional al vertido de aguas contaminadas a cauce, así como el botado de desechos sólidos a las zonas ribereñas.
- Aspectos legales y de regulación normativa. El Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), es el ente regulador normativo en materia de aguas residuales, sin embargo, debe reforzarse la disponibilidad del recurso humano calificado para realizar las inspecciones con la frecuencia necesaria en el escenario actual de contaminación, de tal manera que la institución cuente con un mayor número de inspectores que puedan controlar de la manera más diligente posible el buen funcionamiento de las actividades generadoras de contaminación puntual en los ríos urbanos del AMSS.
- Sistemas de Alerta Temprana y control automático de la contaminación. La implantación de sistemas de monitoreo continuo de la calidad de las aguas, con medición de indicadores clave, tales como: temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, SST y pH; puede suponer una medida de activación de los sistemas de inspección y mejorar así la efectividad en la detección de infracciones – y por tanto en la mejora de la calidad de los sistemas fluviales – por parte de los funcionarios del MARN. Este tipo de sistemas requiere de la generación de un servicio específico de observatorio ambiental para el monitoreo de calidad del agua, de manera semejante al monitoreo hidrológico o sísmico existente.

- Campañas de limpieza activa de los cauces urbanos. La contaminación difusa por la acumulación de desechos sólidos y ripio es variable a lo largo del cauce y afecta a la capacidad de drenaje de aguas lluvias en la época invernal.

Al tratarse de un objetivo interinstitucional – al menos están involucradas las distintas alcaldías del AMSS, el MOP, ANDA y la Dirección General de Protección Civil – se debería plantear la consecución periódica de dichas campañas para añadir al objetivo de la lucha contra las inundaciones (que se concentra en la época invernal), el de mejora de la calidad de las aguas superficiales (que afecta durante todo el año).

A la hora de evaluar las mejoras que supone el establecimiento de las distintas medidas planteadas en la calidad de las aguas de los ríos urbanos del AMSS, se establece que las **medidas no estructurales** suponen una reducción de un 25% de los parámetros de vertido originales.

Por su parte, las **medidas estructurales** son de carácter correctivo y persiguen la solución inmediata de un problema existente.

Dentro de esta categoría se identifican las siguientes medidas particulares:

- Intercepción de vertidos y conexión con redes de colectores existentes de ANDA. En el caso de que existan vertidos de carácter ordinario próximos a colectores de ANDA, se debe evaluar la infraestructura y capacidad de dichos colectores, para determinar la viabilidad de recolección de aguas residuales y conexión con los mismos, bien sea de manera directa por gravedad, o mediante la instalación de estaciones de bombeo de agua residual, si son necesarias; tal como lo establece el Art. 70 del Código de Salud de El Salvador, que estipula: *“Es obligación de todo propietario o poseedor de inmueble, ubicado en el radio urbano con redes públicas de agua potable y cloacas, instalar los correspondientes servicios conectados a esas redes siempre que estas quedaren a una distancia de 100 metros con facilidades de conexión. En caso contrario, deberá disponerse por algún sistema autorizado por el Ministerio, que garantice la salud de los moradores”*. Por tanto ANDA será la institución responsable, de realizar los Estudios Técnicos, para determinar la viabilidad de conexión y su implementación.
- Construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. En cumplimiento a lo establecido, en el Art. 86, literal J, de la Ley de Medio Ambiente; el cual estipula, como infracción ambiental “emitir contaminantes que violen los niveles permisibles, establecidos reglamentariamente” y los Reglamentos : Reglamento Especial de Aguas Residuales y Manejo de Lodos Residuales, y el Reglamento Técnico RTS 13.05.01:18, todo generador de vertidos de aguas residuales, ya sea ordinarias, especiales o mixtas, es responsable de implementar las medidas para el tratamiento de dichos vertidos, previo a su descarga a medios receptores, cumpliendo los límites permisibles en la normativa en materia de aguas residuales vigente.

En atención a ello, respecto al Sistema de Alcantarillado público (ANDA) y privado, es responsabilidad del administrador del alcantarillado, implementar construcción de sistemas de tratamiento de agua residual en el punto de descarga de los colectores, de su red de alcantarillado.



- **Proyectos de restauración fluvial.** En áreas muy afectadas por la contaminación de las aguas superficiales o fuerte presión antrópica mediante la presencia de asentamiento urbanos precarios (AUP), actividades industriales o zonas de cabecera con importante arrastre de sedimentos, se plantean acciones de mejora ambiental en los cauces que incluyan, entre otras, la mejora geomorfológica del lecho, la construcción de obras de retención de sedimentos, la plantación de vegetación de ribera, la retirada y descontaminación de lodos y otras acciones de renaturalización del cauce.

En el caso específico de los AUP, al problema de contaminación ambiental asociado al vertido de aguas residuales y desechos sólidos, se suma la vulnerabilidad de la población frente al riesgo de inundaciones, que en la actualidad está siendo abordado de manera conjunta por el MOP y el Ministerio de Vivienda. De modo que las acciones de reasentamiento que se puedan emprender deberían de realizarse de manera coordinada con el resto de las instituciones.

Su evaluación se realiza a partir de la modelación de los distintos cauces con el *software* QUAL2K, mediante la corrección de los parámetros de entrada en función de las mejoras puntuales alcanzadas en cada una de las actuaciones.

A partir de las medidas anteriormente descritas – tanto estructurales como no estructurales – se plantean tres horizontes de actuación para: corto (3 años), mediano (5 años) y largo plazo (10 años) para el control de la contaminación de las microcuencas objeto del presente estudio – i.e. Arenal de Monserrat y Tomayate.

3.5.2.1. RÍO ARENAL DE MONSERRAT

Los mayores problemas del río Arenal de Monserrat provienen de su confluencia con la quebrada La Mascota, con lo que en primera instancia se van a evaluar las mejoras necesarias en ésta para posteriormente proponer las mejoras complementarias en el resto del cauce.

3.5.2.1.1. QUEBRADA LA MASCOTA

En el caso la quebrada La Mascota las medidas de corto plazo pasan por conseguir que el vertido AM_A_008_LM cumpla con los parámetros de vertido exigibles a su tipo de actividad – i.e. aguas negras.

Para ello será necesario que la actividad involucrada – i.e. club de natación – lleve a cabo las medidas de tratamiento de agua residual de manera previa a su vertido al medio receptor.

Estas medidas afectan a los siguientes parámetros del modelo en AM_A_008_LM:

- SST, disminución desde los 856 mg/l a los 60 mg/l que marca la especificación.
- DBO₅, de los 260.8 mg/l a los 60 mg/l que marca la especificación.
- Tras el tratamiento, se conseguirá además que el oxígeno disuelto se aproxime al valor de saturación, con lo que se establece un valor de 9 mgO₂/l en el punto de vertido una vez tratado.

- Por otro lado, se recomienda a mediano plazo, realizar la evaluación de infraestructura y capacidad de los colectores de ANDA, para determinar su viabilidad de conexión, en atención a ello, se podrían interceptar los vertidos, de carácter ordinario, AM_B_019_LM, Am-b-019-lm y AM_B_016_LM y conducir sus aportes a los colectores primarios de ANDA – en este caso, el primer vertido se podría conducir al colector CP3 BIS por encontrarse en la margen derecha de la quebrada y los dos siguientes al colector CP2 BIS por hallarse en la margen izquierda de la misma.



Figura 75. Situación de los vertidos AM_B_019_LM, Am-b-019-lm y AM_B_016_LM respecto de los colectores principales de ANDA. Con esta medida de medio plazo se conseguirá que estos aportes puntuales desaparezcan del modelo.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, el modelo LaMascota_conmedidas presenta los siguientes resultados:

Al reducir la conductividad un 25% en los vertidos y eliminar parte de ellos en las medidas previstas a medio plazo para la conexión de los mismos a los colectores generales de ANDA, se consigue reducir la conductividad hasta los 307 μmhos en el punto de vertido al río Arenal de Monserrat.

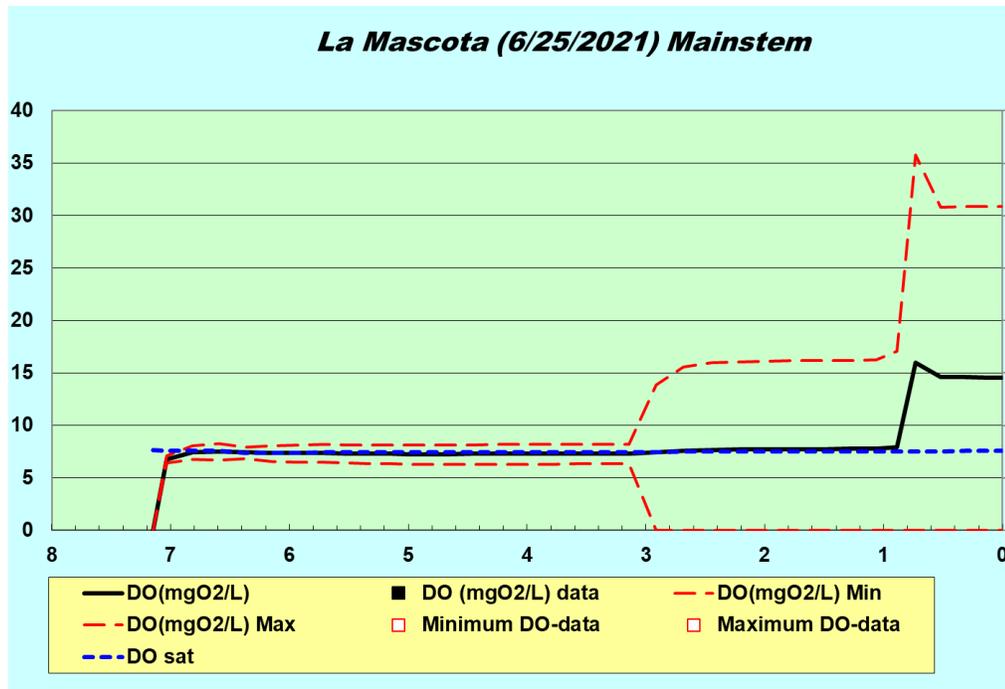


Figura 78. Oxígeno disuelto en el modelo LaMascota_conmedidas

Aumentan un poco los valores de oxígeno disuelto, que no presentaban problemas aparentes en el modelo original.

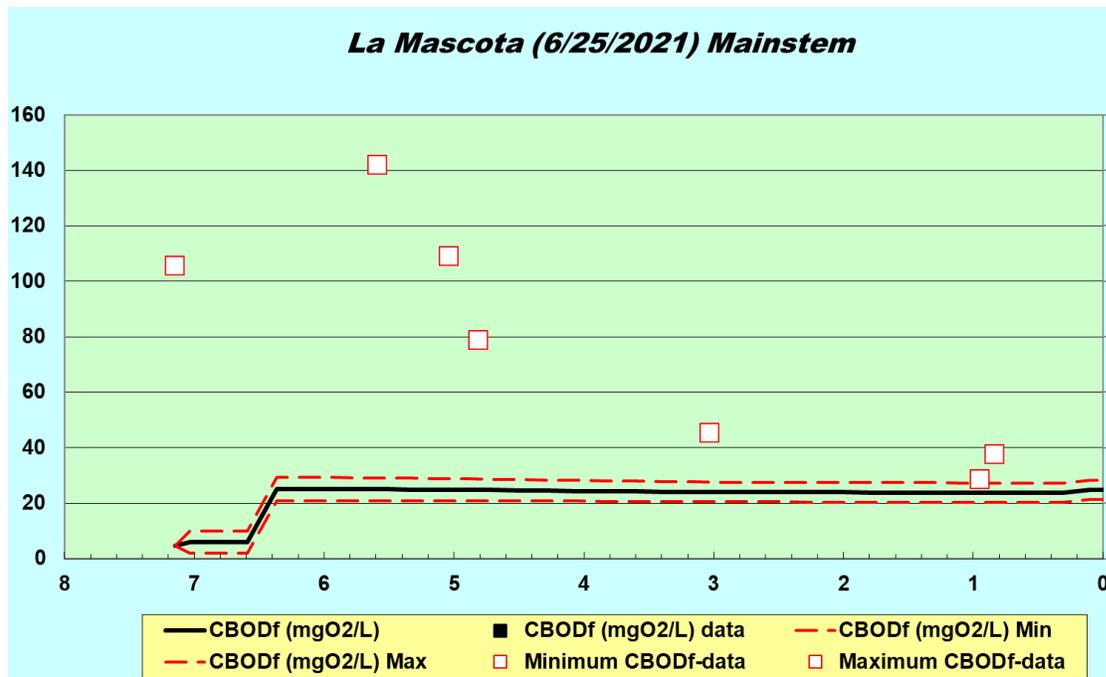


Figura 79. Demanda biológica de oxígeno en el modelo LaMascota_conmedidas

La DBO5 presenta una fuerte reducción con las medidas adoptadas (especialmente la prevista para el corto plazo), consiguiendo valores inferiores a los 25 mg/l en el punto de confluencia con el río Arenal de Monserrat.

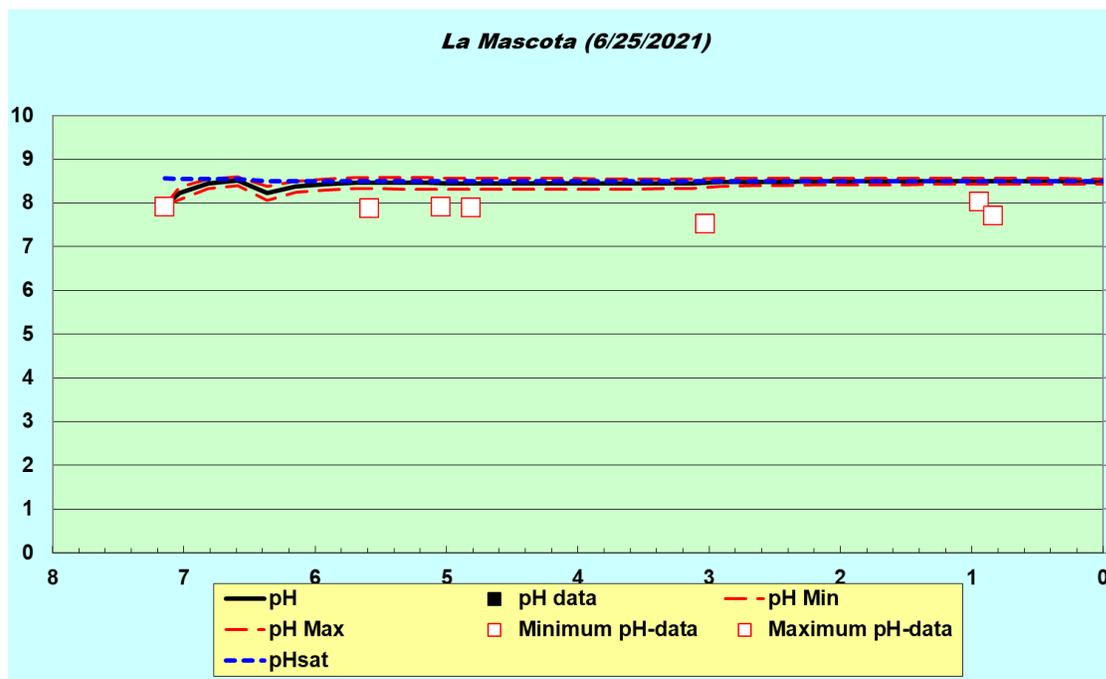


Figura 80. pH en el modelo LaMascota_conmedidas

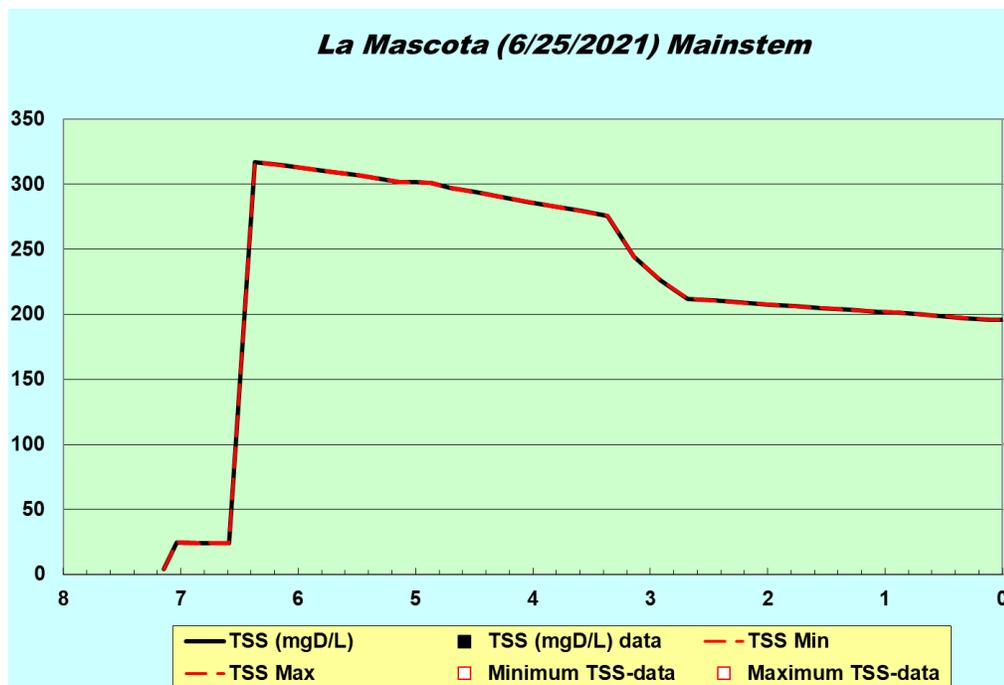


Figura 81. Sólidos Suspendidos Totales en el modelo LaMascota_conmedidas

Destaca el aporte de sólidos suspendidos totales que realiza al sistema el vertido AM_A_008_LM a los 6.3 Km, elevando su contenido por encima de los 300 mg/l.

El sistema es capaz de reducir ese aporte hasta los 200 mg/l en su desembocadura al río Arenal de Monserrat.

La quebrada La Mascota, en su confluencia con el río Arenal de Monserrat conseguirá los siguientes valores:

- Conductividad: 307 mg/l.
- SST: 25.8 mg/l.
- Oxígeno disuelto: 14.6 mgO₂/l.
- DBO₅: 24.9 mg/l.
- pH: 8.49.

3.5.2.1.2. RÍO ARENAL DE MONSERRAT

Con la propuesta de medidas no estructurales planteadas y las mejoras previstas en la confluencia con la quebrada La Mascota, se consiguen los siguientes valores de calidad de aguas:

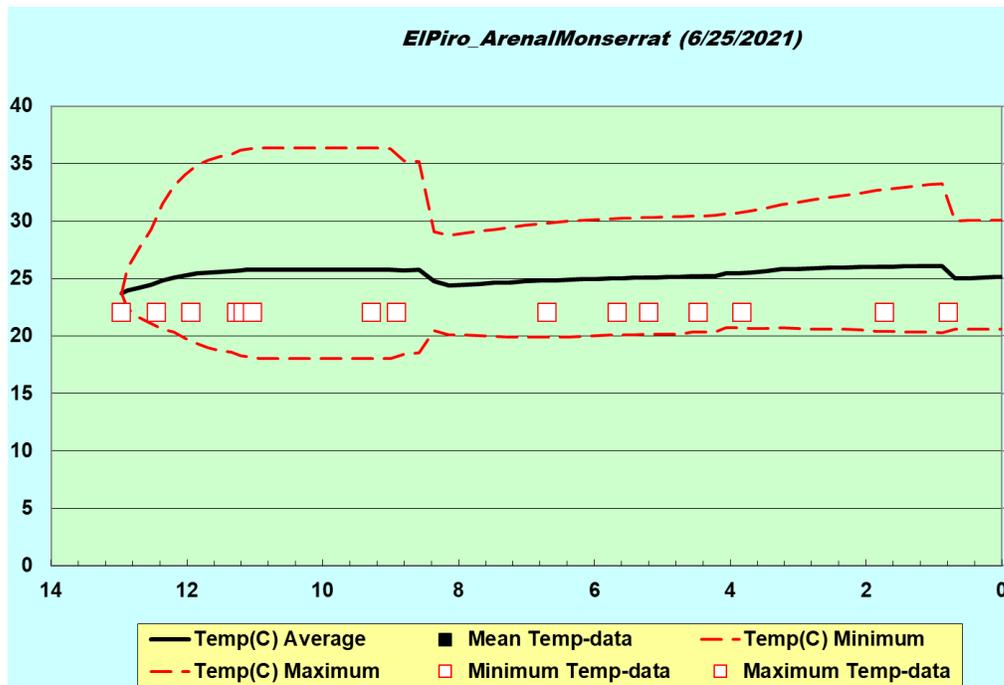


Figura 82. Temperatura en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas

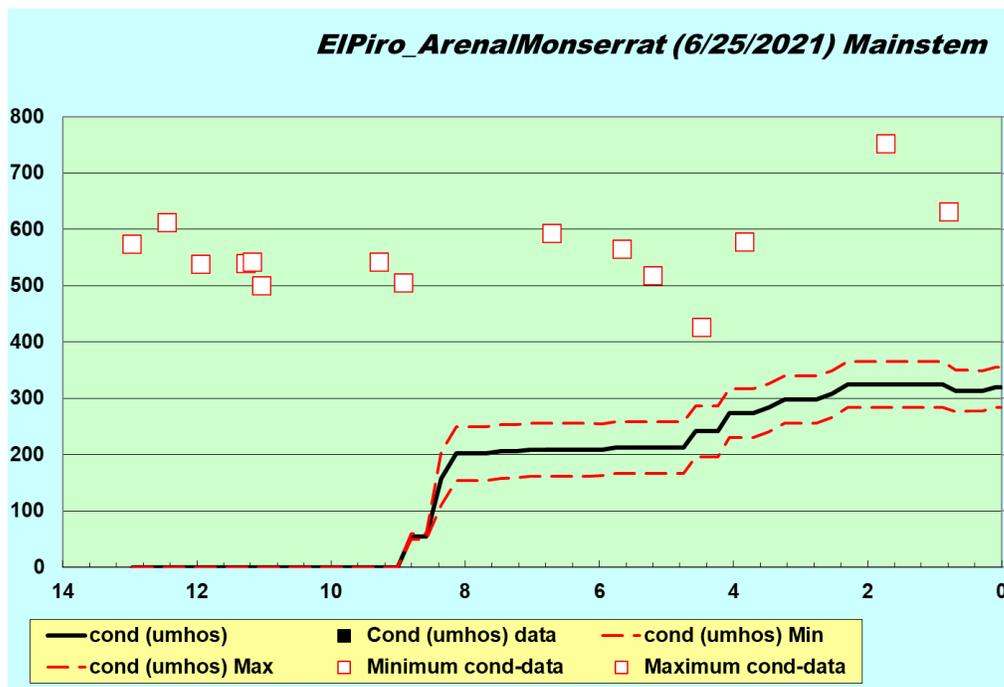


Figura 83. Conductividad en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas

Los aportes de las quebradas Merliot y Buenos Aires sitúan la conductividad en valores próximos a los 200 μmhos (frente a los 280 μmhos del modelo de la situación actual), elevando el resto de vertidos el valor de la conductividad hasta los 320 μmhos al final del modelo.

Con las medidas adoptadas en la quebrada La Mascota se consigue reducir, a menos de la mitad (de 700 μmhos a 320 μmhos), el valor de conductividad al final del modelo.

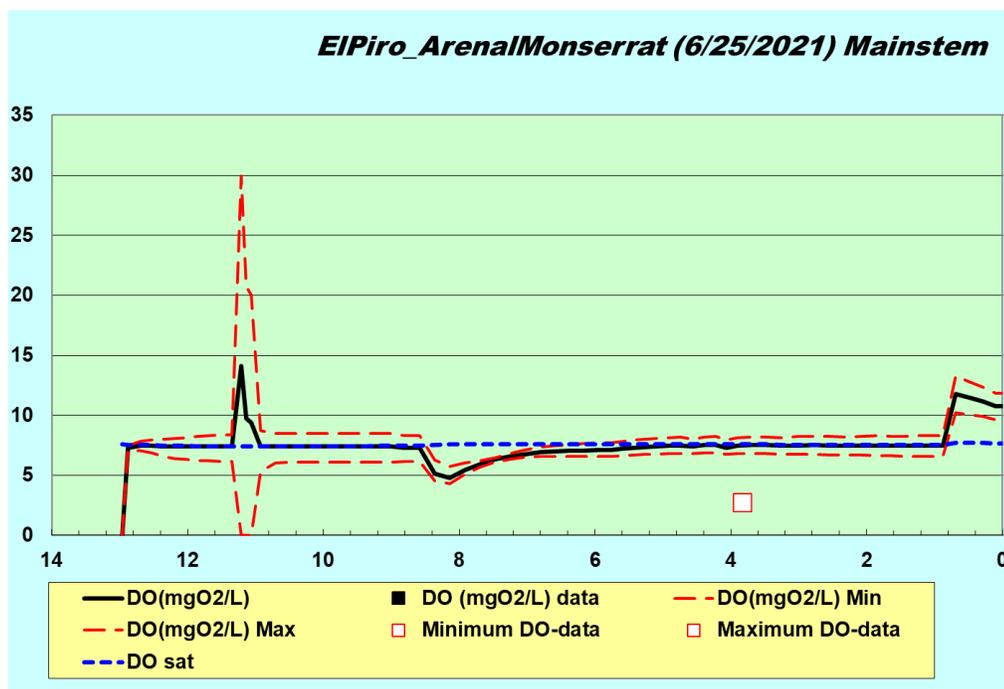


Figura 84. Oxígeno disuelto en el modelo EIPiro-ArenalMonserrat_conmedidas

Las medidas no estructurales propuestas no consiguen erradicar el problema del contenido de oxígeno disuelto provocado en la confluencia de las quebradas Merliot y Buenos Aires. Sin embargo, las medidas previstas en la quebrada La Mascota hace que el contenido en oxígeno disuelto al final del modelo quede por encima de los 10 mgO_2/l al inicio del río Acelhuate.

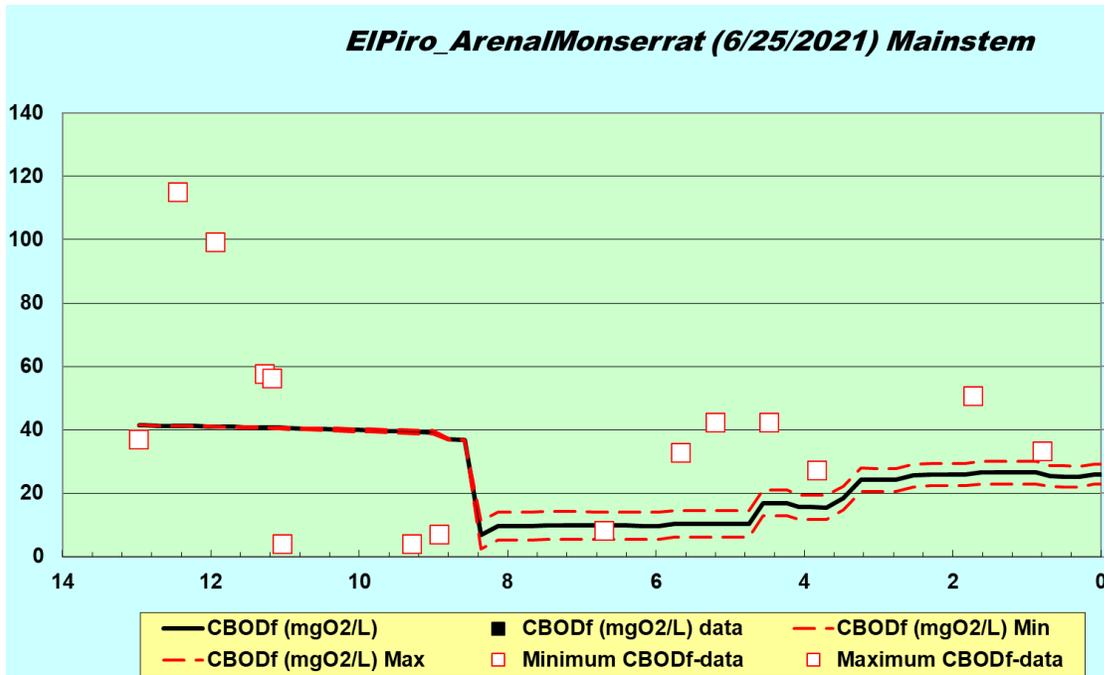


Figura 85. Demanda biológica de oxígeno en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas

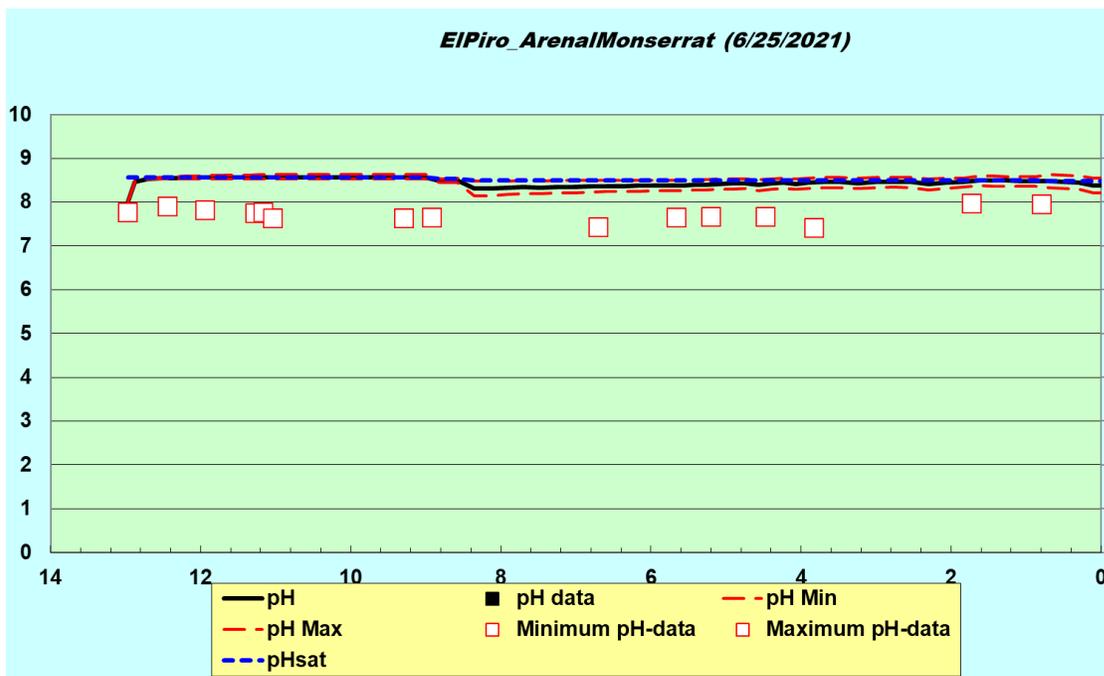


Figura 86. pH en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas

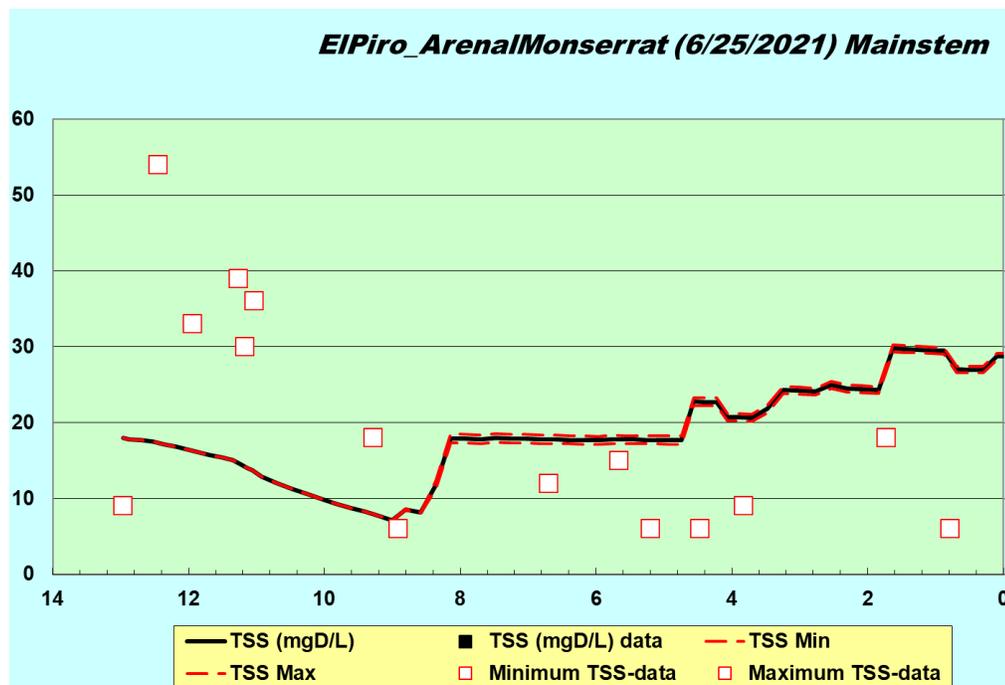


Figura 87. Sólidos Suspendedos Totales en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas

Con las medidas adoptadas se consigue disminuir los valores de SST al final del modelo desde 120 mg/l a menos de 30 mg/l.

De manera adicional a la solución planteada, como medida propuesta para largo plazo, se podrían llevar a cabo acciones de reasentamiento en el entorno de la confluencia de las quebradas Merliot y Buenos Aires, generando un proyecto de restauración fluvial que pudiera ser compatibles con otras estrategias de control de inundaciones previstas en la zona.

En este contexto, se podría pensar que los parámetros de vertido en ambas quebradas alcanzarían los siguientes valores:

- SST, 5 mg/l.
- DBO₅, 5 mg/l.
- Conductividad, 50 μ mhos.
- Oxígeno disuelto, 9 mgO₂/l.

Del planteamiento de dichas medidas se obtienen los siguientes resultados del modelo de calidad de aguas:

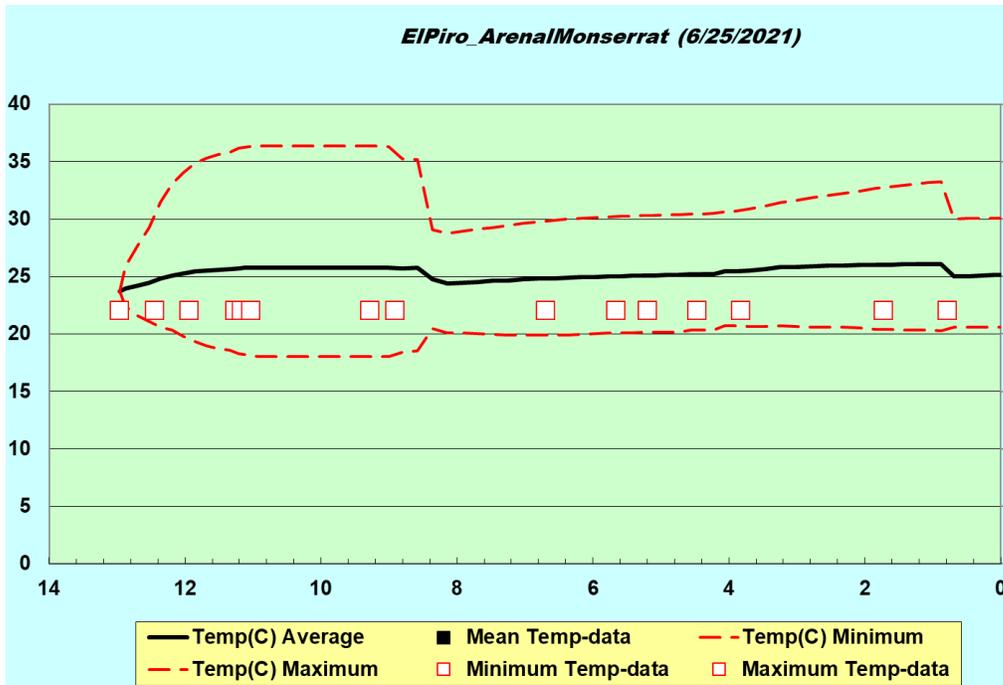


Figura 88. Temperatura en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas

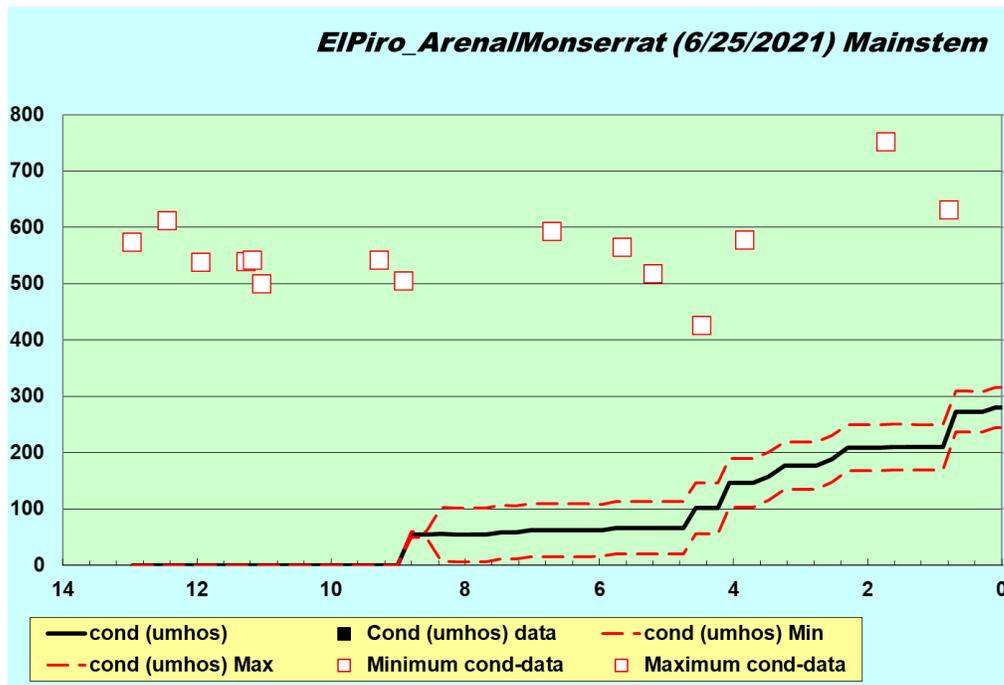


Figura 89. Conductividad en el modelo ElPiro-ArenalMonserrat_conmedidas

La mejora en la conductividad es evidente en gran parte del cauce, aunque tras la confluencia de la quebrada La Mascota el valor alcanzado es de 280 μ mhos (frente a los 320 μ mhos del modelo con las medidas propuestas para corto y medio plazo).

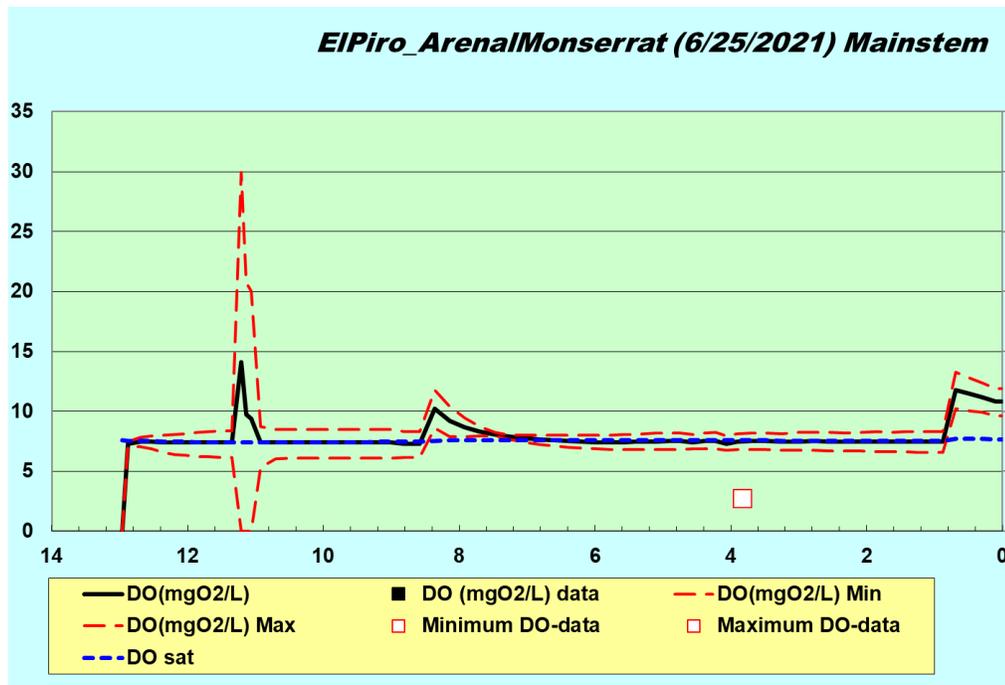


Figura 90. Oxígeno disuelto en el modelo EI Piro-ArenalMonserrat_conmedidas

Con el proyecto de restauración fluvial en la zona de la confluencia de las quebradas Merliot y Buenos Aires con la quebrada La Lechuza (Arenal de Monserrat), se resuelve el problema de escasez de oxígeno disuelto, facilitando así la presencia de vida acuática en toda la microcuenca del río Arenal de Monserrat.

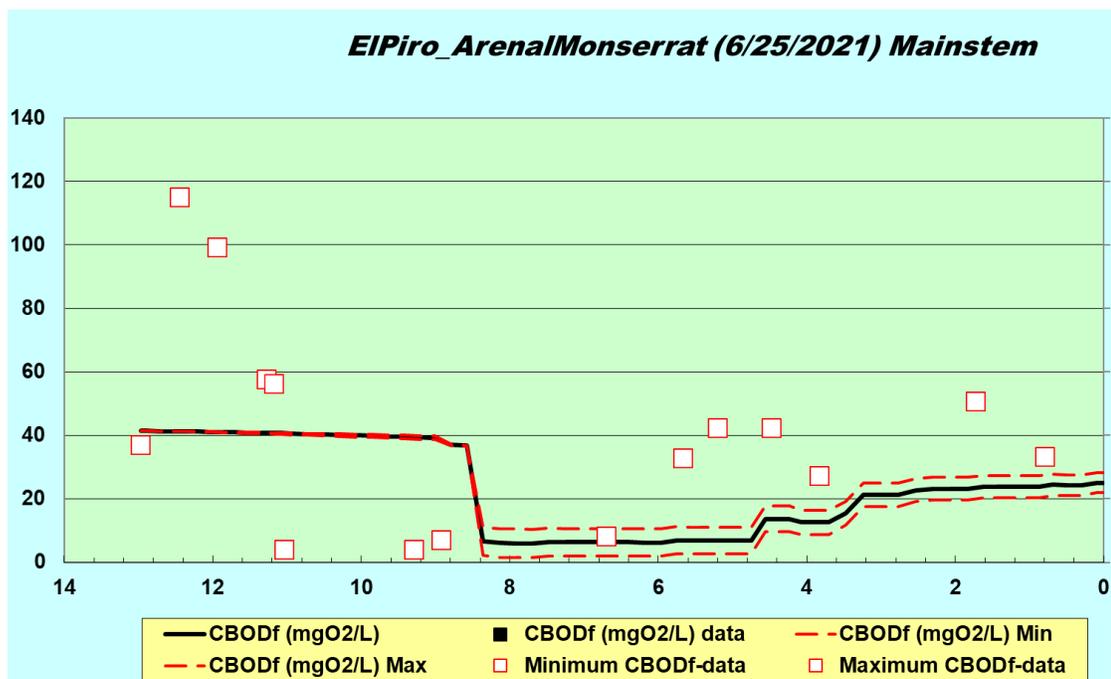


Figura 91. Demanda biológica de oxígeno en el modelo EI Piro-ArenalMonserrat_conmedidas

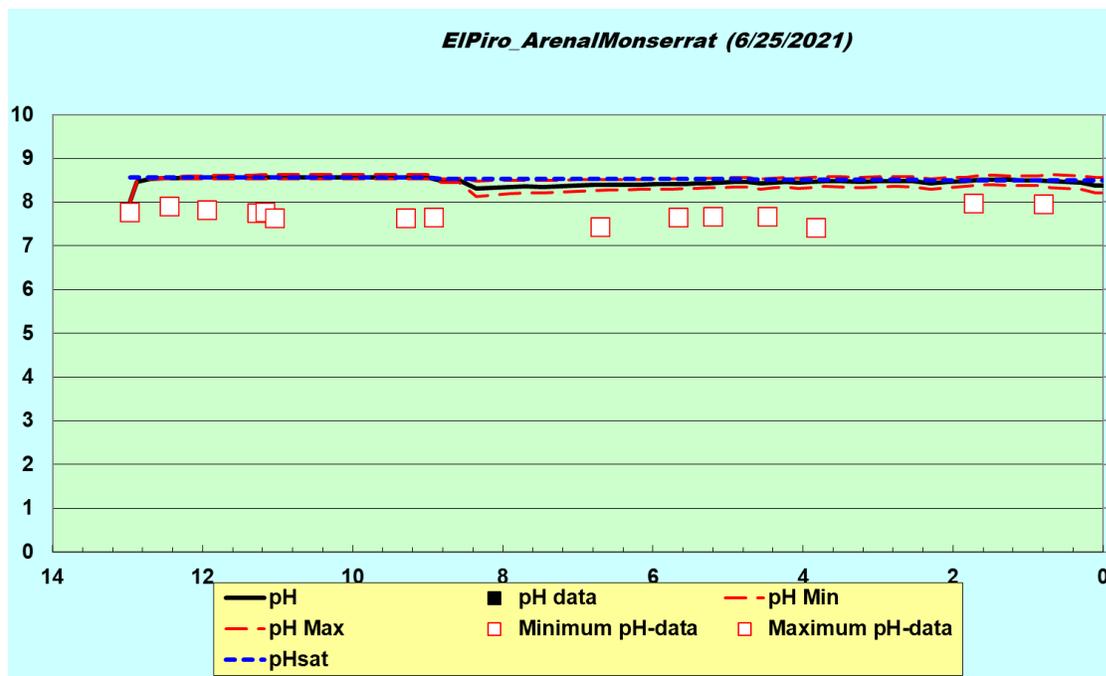


Figura 92. pH en el modelo EI Piro-ArenalMonserrat_conmedidas

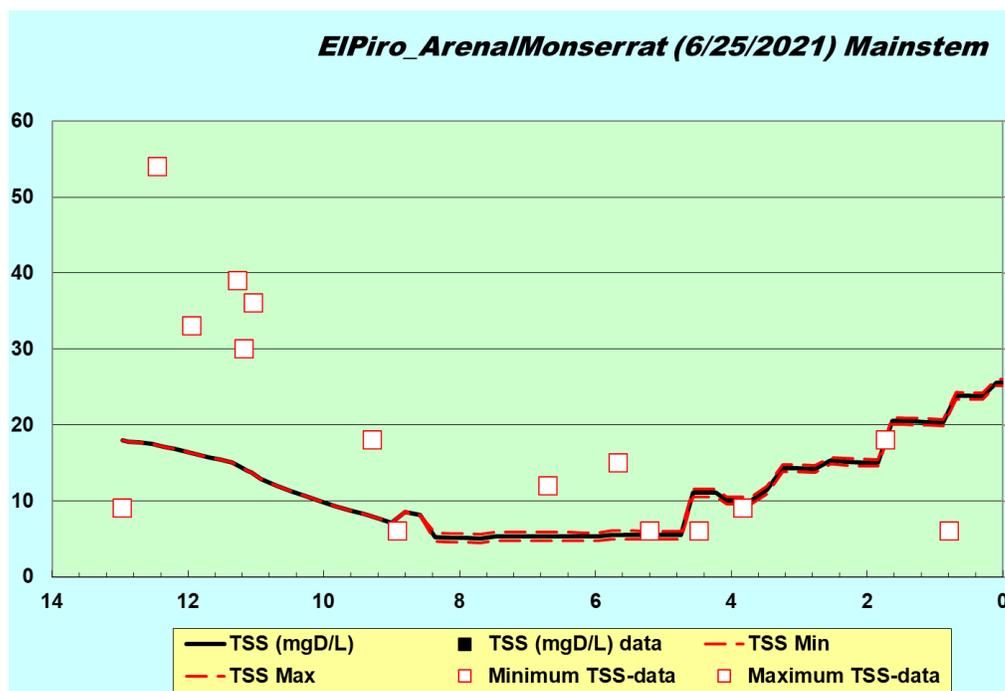


Figura 93. Sólidos Suspending Totales en el modelo EI Piro-ArenalMonserrat_conmedidas

Con las medidas de largo plazo propuestas se consigue disminuir los SST por debajo de 20 mg/l en gran parte del cauce, aumentando a 26 mg/l al final del modelo.

3.5.2.2. RÍO TOMAYATE

La problemática identificada en los distintos cauces vertientes al río Tomayate condiciona el tipo de propuestas a realizar, debiéndose orientar para mejorar especialmente lo siguiente en cada uno de los casos:

- Río San Antonio, disminución de la conductividad y aumento del contenido en oxígeno disuelto.
- Río Mariona, retención de sedimentos en las zonas altas de la cuenca para disminuir el contenido en SST.
- Río El Ángel, remoción de sedimentos en el entorno del ingenio azucarero para disminuir la concentración de SST. De igual forma, se recomienda realizar una nueva toma de muestras y análisis de calidad de aguas del cauce en la época de procesado de la caña de azúcar para contemplar dicha situación en las medidas a adoptar para la recuperación del cauce.

3.5.2.2.1. RÍO SAN ANTONIO

Las medidas estructurales a corto plazo pasan por la conexión de los vertidos RT_A_019_SA, RT_A_006_SA, RT_A_002_SA y RT_b_001_SA al CP_1 de ANDA que discurre por las inmediaciones de los mismos.

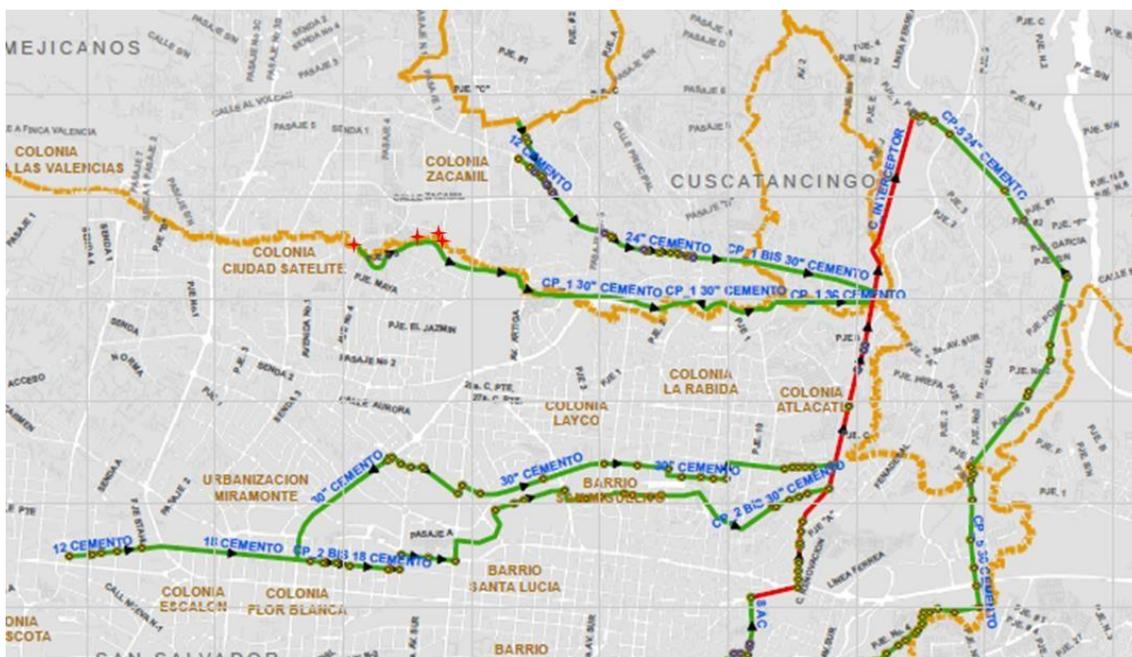


Figura 94. Situación de los vertidos RT_A_019_SA, RT_A_006_SA, RT_A_002_SA y RT_b_001 respecto del colector CP_1 de ANDA. Con esta medida de corto plazo se conseguirá que estos aportes puntuales desaparezcan del modelo.

Teniendo en cuenta lo anterior – tanto la aplicación de medidas estructurales como no estructurales –, el modelo SanAntonio_conmedidas presenta los siguientes resultados:

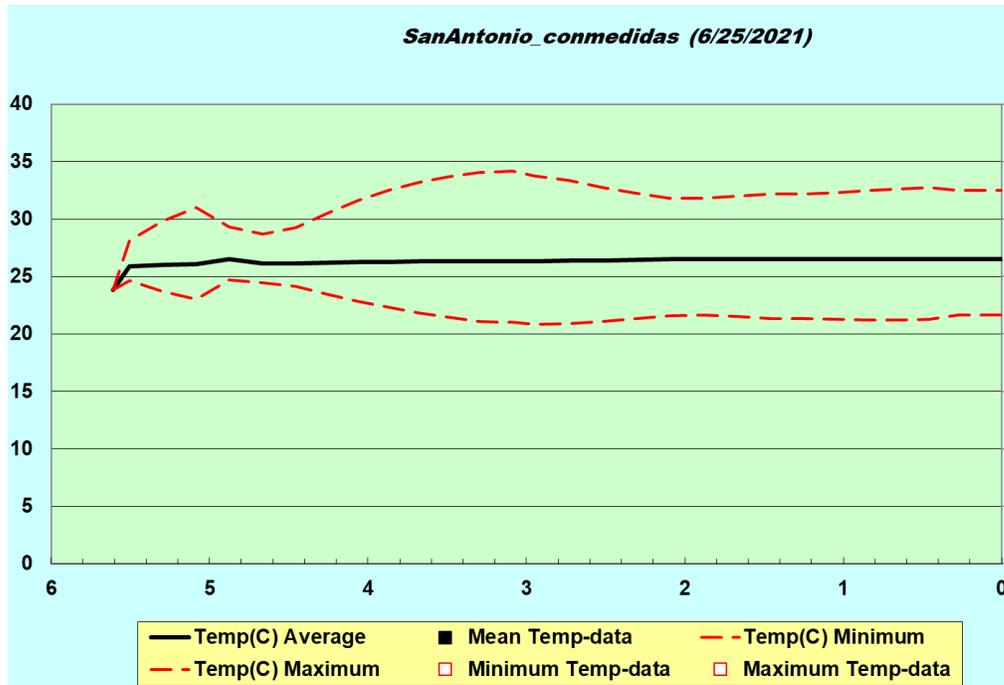


Figura 95. Temperatura en el modelo SanAntonio_conmedidas

No se aprecian cambios sustanciales en cuanto a temperatura como consecuencia de las medidas propuestas.

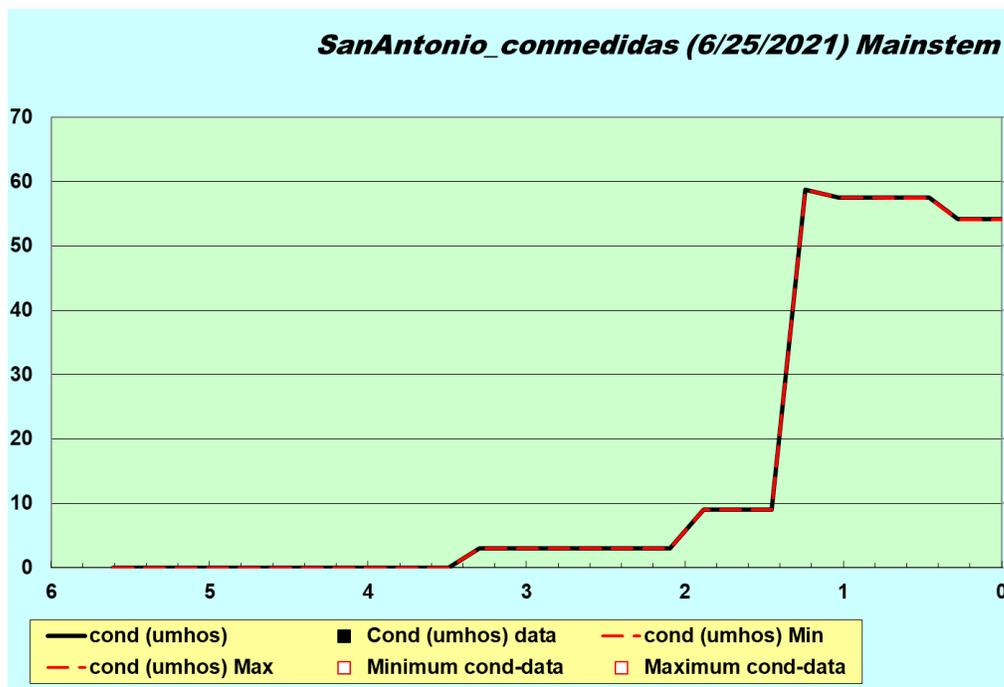


Figura 96. Conductividad en el modelo SanAntonio_conmedidas

Las medidas propuestas de conexión de vertidos principales al colector CP_1 de ANDA buscaban reducir la conductividad en el río San Antonio y lo consiguen, pasando de 961.72 μmhos a 54.16 μmhos en el punto de confluencia del cauce con el río Tomayate.

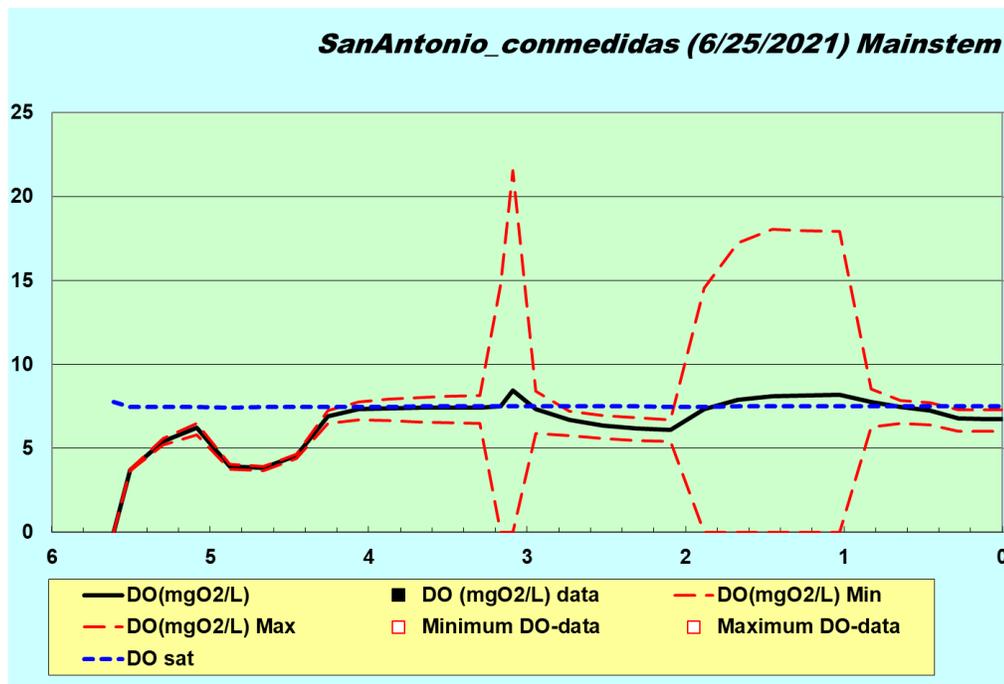


Figura 97. Oxígeno disuelto en el modelo SanAntonio_conmedidas

Aumentan un poco los valores de oxígeno disuelto aproximándose al valor de saturación en el punto de vertido.

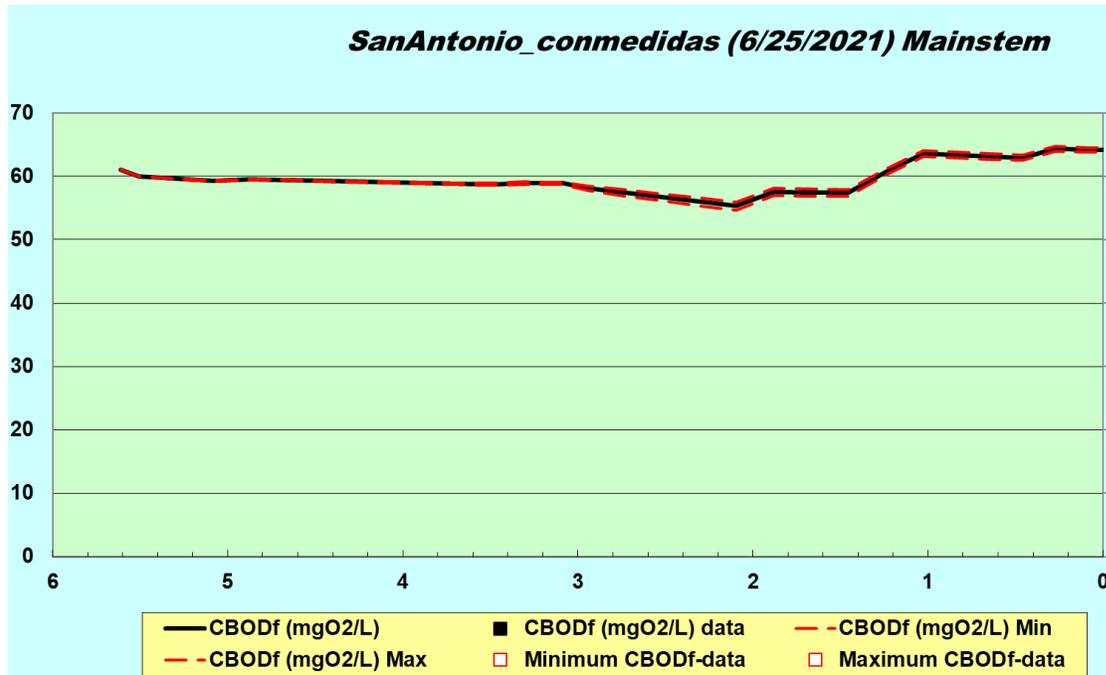


Figura 98. Demanda biológica de oxígeno en el modelo SanAntonio_conmedidas

La DBO₅ presenta una fuerte reducción con las medidas adoptadas, consiguiendo valores inferiores a los 65 mg/l en el punto de confluencia con el río Tomayate.

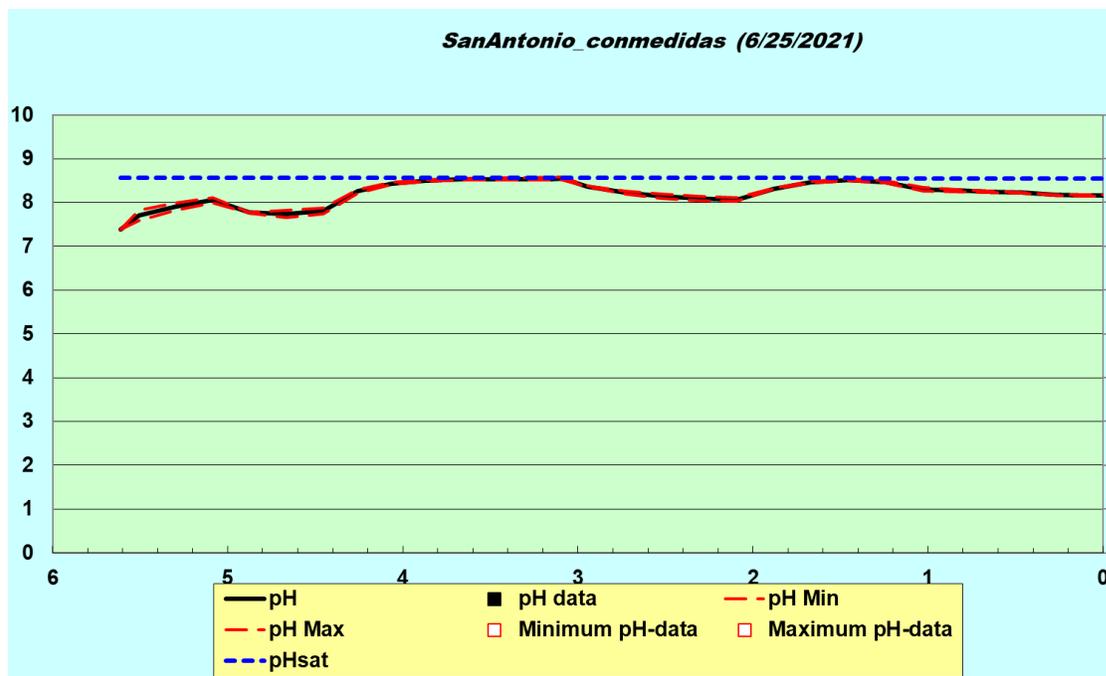


Figura 99. pH en el modelo SanAntonio_conmedidas

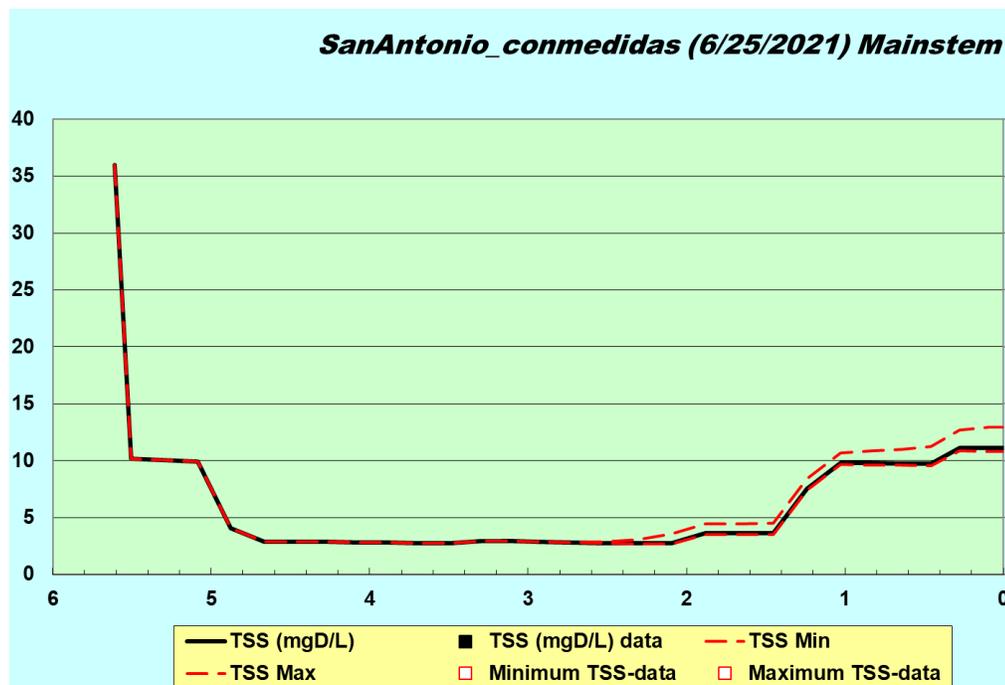


Figura 100. Sólidos Suspendedos Totales en el modelo SanAntonio_conmedidas

Al interceptar los vertidos principales, el sistema es capaz de reducir el aporte de SST hasta valores próximos a los 10 mg/l en su desembocadura al río Tomayate.

El río San Antonio, en su confluencia con el río Tomayate conseguirá los siguientes valores:

- Conductividad: 54.2 mg/l.
- SST: 10.8 mg/l.
- Oxígeno disuelto: 7.3 mgO₂/l.
- DBO₅: 64.5 mg/l.
- pH: 8.18.

3.5.2.2.2. RÍO MARIONA

Se propone la adopción de medidas hidrológico-forestales – e.g. reforestación, obras de retención de suelo, diques de retención de sedimentos en el lecho del río, etc. – en la parte alta de la subcuenca.

Con esta acción de corto plazo se conseguirá retener los sedimentos en cabecera y disminuir la alta tasa de SST que presenta el río.

Teniendo en cuenta lo anterior, el modelo Mariona_conmedidas presenta los siguientes resultados:

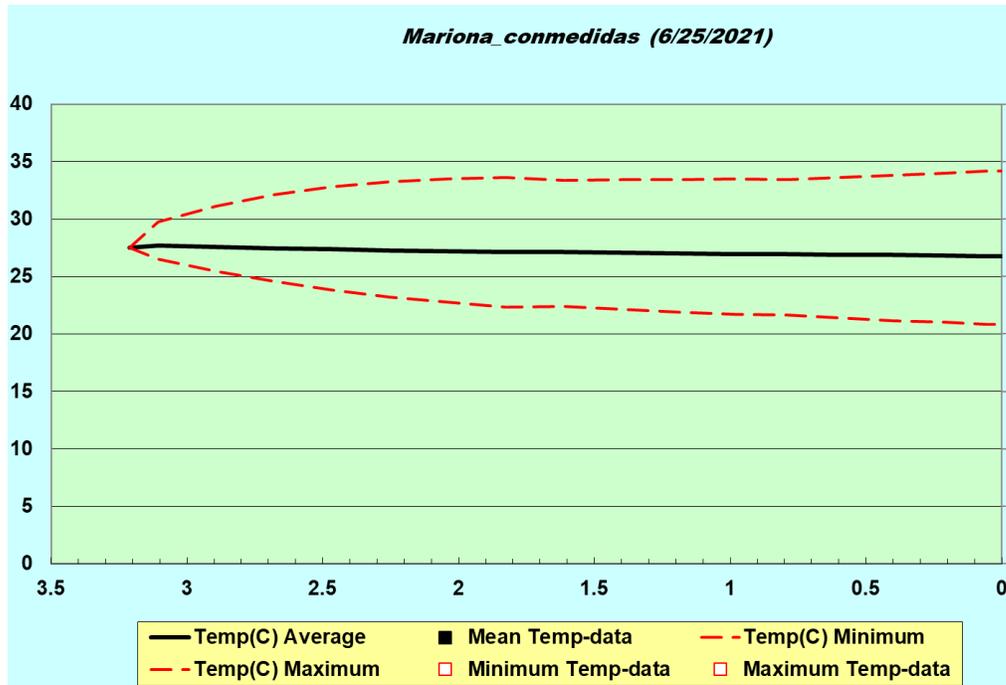


Figura 101. Temperatura en el modelo Mariona_conmedidas

No se aprecian cambios sustanciales en cuanto a temperatura como consecuencia de las medidas propuestas.

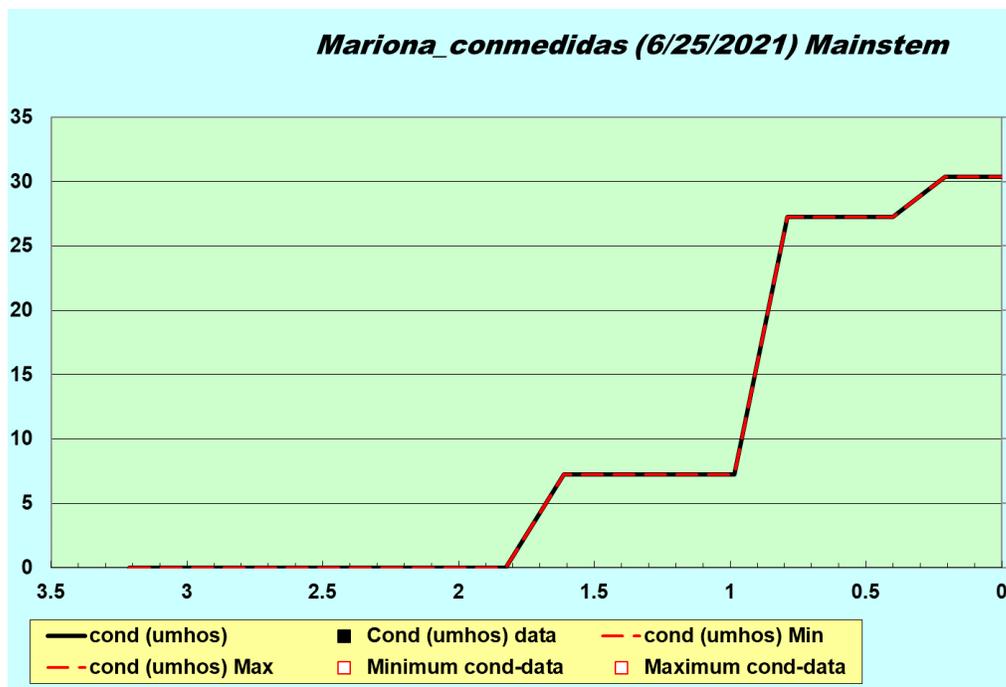


Figura 102. Conductividad en el modelo Mariona_conmedidas

La conductividad disminuye principalmente por las medidas no estructurales previstas, en consonancia con la reducción prevista del 25% por dicho rubro.

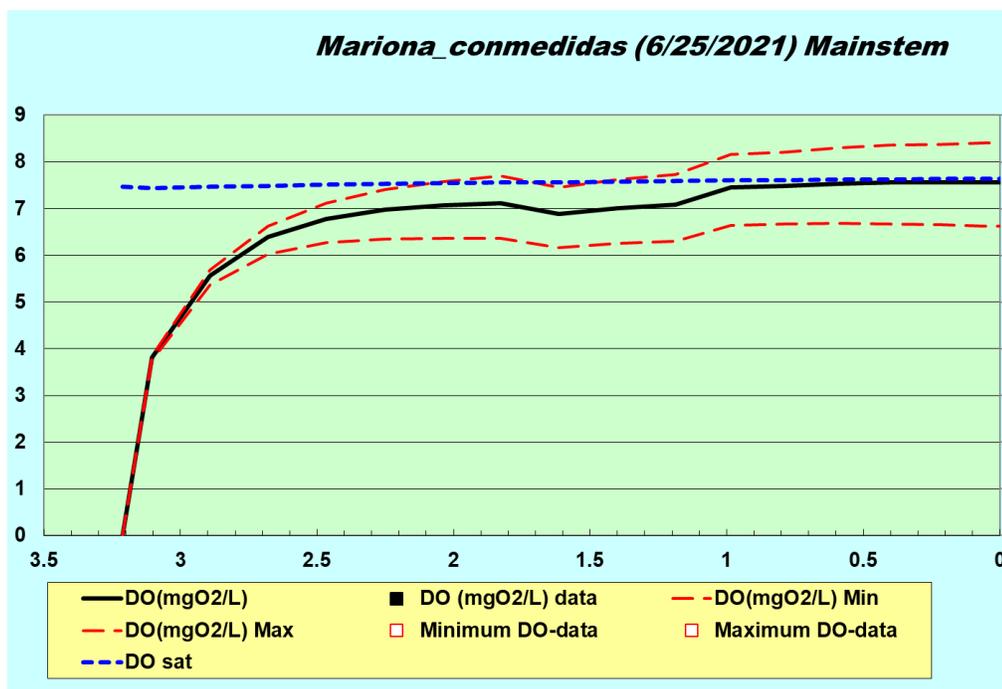


Figura 103. Oxígeno disuelto en el modelo Mariona_conmedidas

Aumentan un poco los valores de oxígeno disuelto alcanzando el valor de saturación en el punto de vertido.

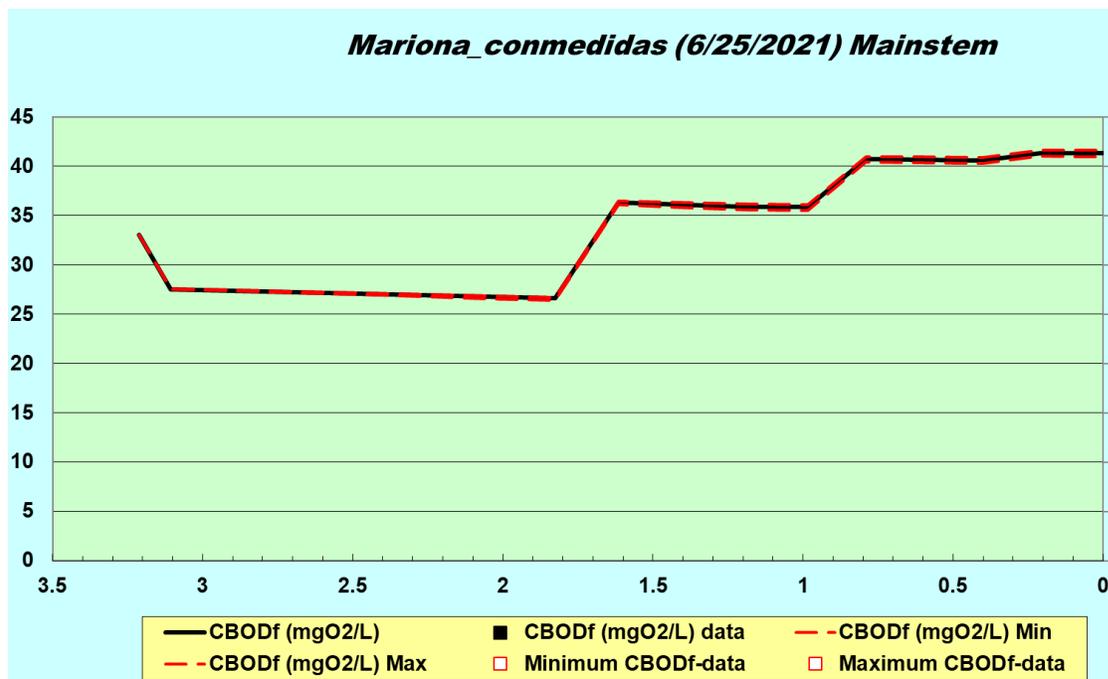


Figura 104. Demanda biológica de oxígeno en el modelo Mariona_conmedidas

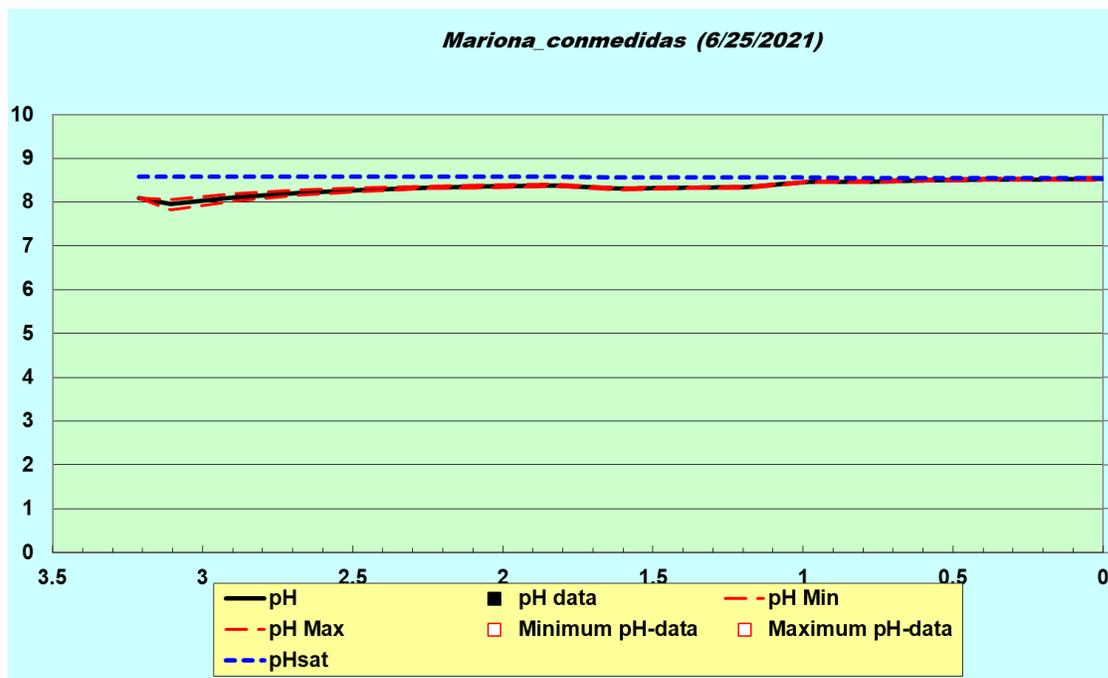


Figura 105. pH en el modelo Mariona_conmedidas

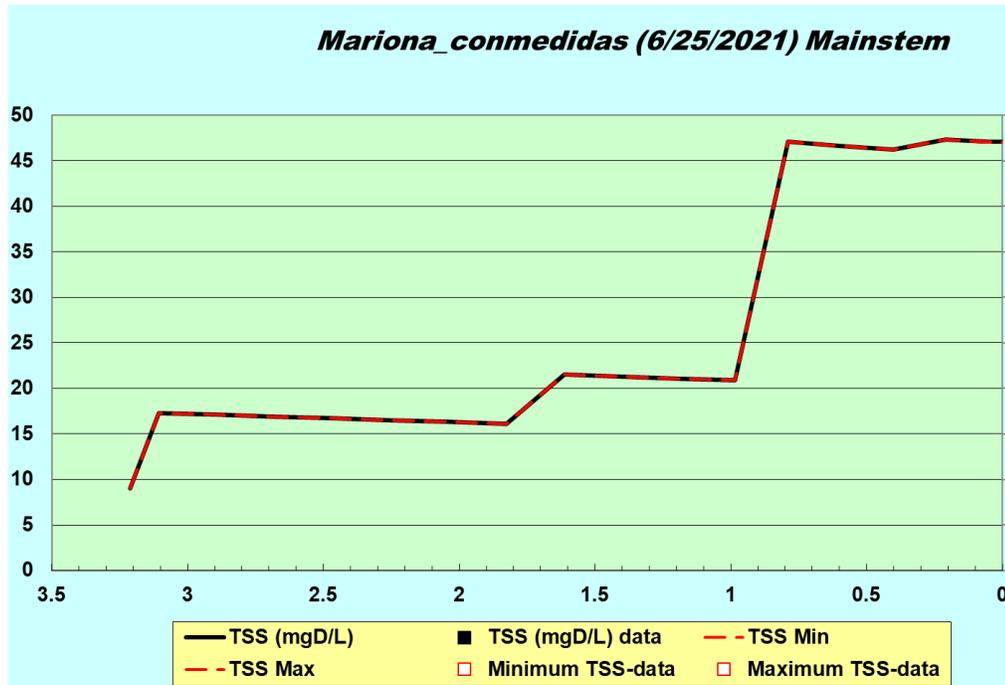


Figura 106. Sólidos Suspendedos Totales en el modelo Mariona_conmedidas

Al interceptar los vertidos principales, el sistema es capaz de reducir el aporte de SST hasta valores inferiores a los 50 mg/l en su confluencia con el río Tomayate.

El río Mariona, en su confluencia con el río Tomayate conseguirá los siguientes valores:

- Conductividad: 30.4 mg/l.
- SST: 47.1 mg/l.
- Oxígeno disuelto: 7.7 mgO₂/l.
- DBO₅: 41.6 mg/l.
- pH: 8.55.

3.5.2.2.3. RÍO EL ÁNGEL

Dado que el Ingenio azucarero se encontraba en un periodo de parada cuando se realizó la campaña de muestreo, las medidas propuestas tan sólo están orientadas al dragado a corto plazo del sedimento acumulado en el fondo del río, para disminuir las altas concentraciones de SST que presenta el agua en esta época.

Sin embargo, en la fase de identificación de vertidos de la consultoría se pudo constatar la importancia que dichos vertidos tienen sobre la calidad de las aguas del río El Ángel, con lo que se recomienda la realización de una nueva campaña de muestreos en la época de producción de azúcar y la adopción de medidas, tales como la interceptación de los vertidos previo a su vertido y su canalización hasta una planta de tratamiento de agua residual en las propias instalaciones del ingenio.

Teniendo en cuenta lo anterior, el modelo ElAngel_conmedidas presenta los siguientes resultados:

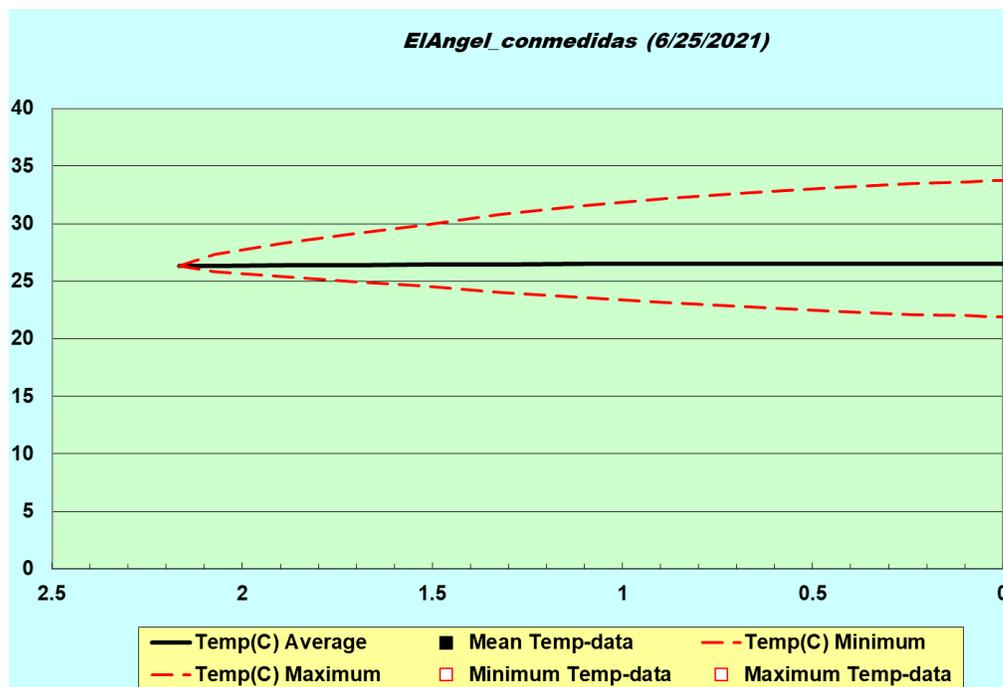


Figura 107. Temperatura en el modelo ElAngel_conmedidas

No se aprecian cambios sustanciales en cuanto a temperatura como consecuencia de las medidas propuestas.

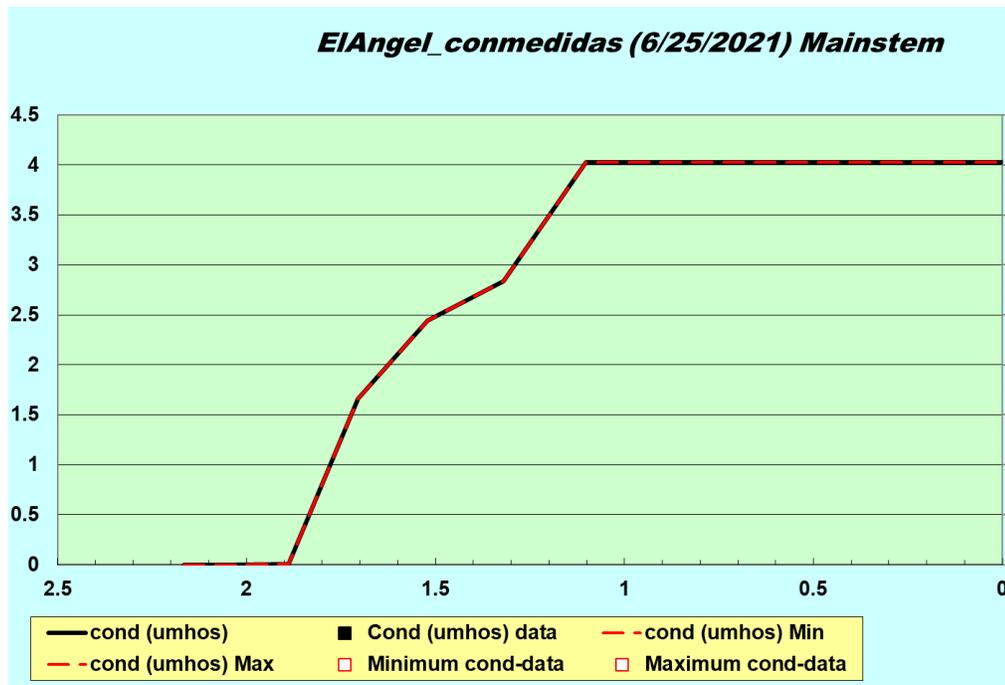


Figura 108. Conductividad en el modelo ElAngel_conmedidas

La conductividad disminuye principalmente por las medidas no estructurales previstas, en consonancia con la reducción prevista del 25% por dicho rubro.

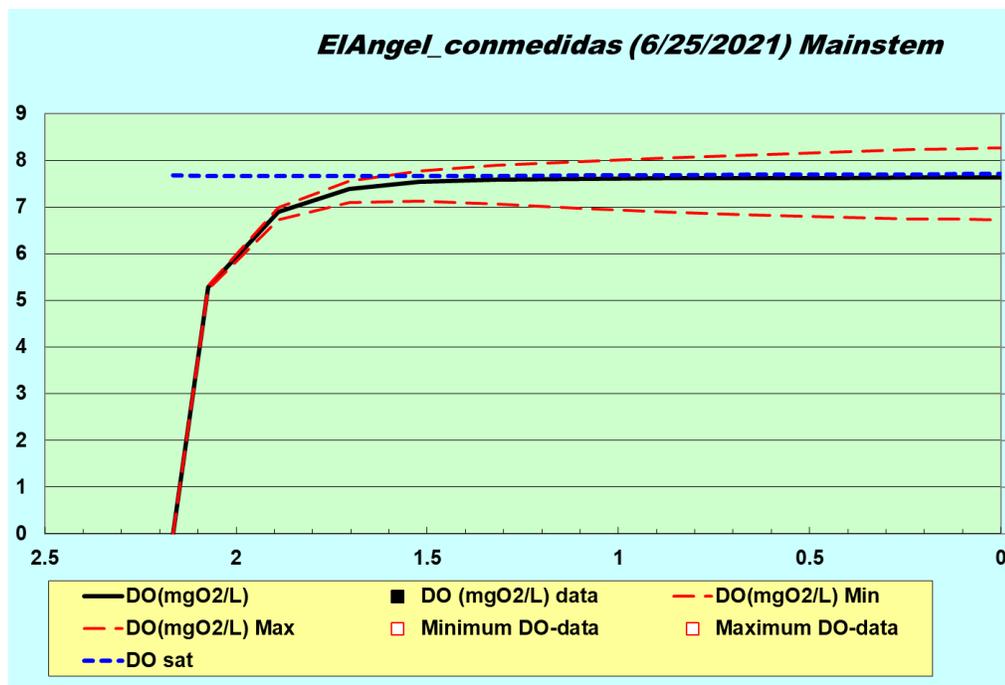


Figura 109. Oxígeno disuelto en el modelo ElAngel_conmedidas



No se aprecian cambios sustanciales en cuanto a contenido de oxígeno disuelto como consecuencia de las medidas propuestas.

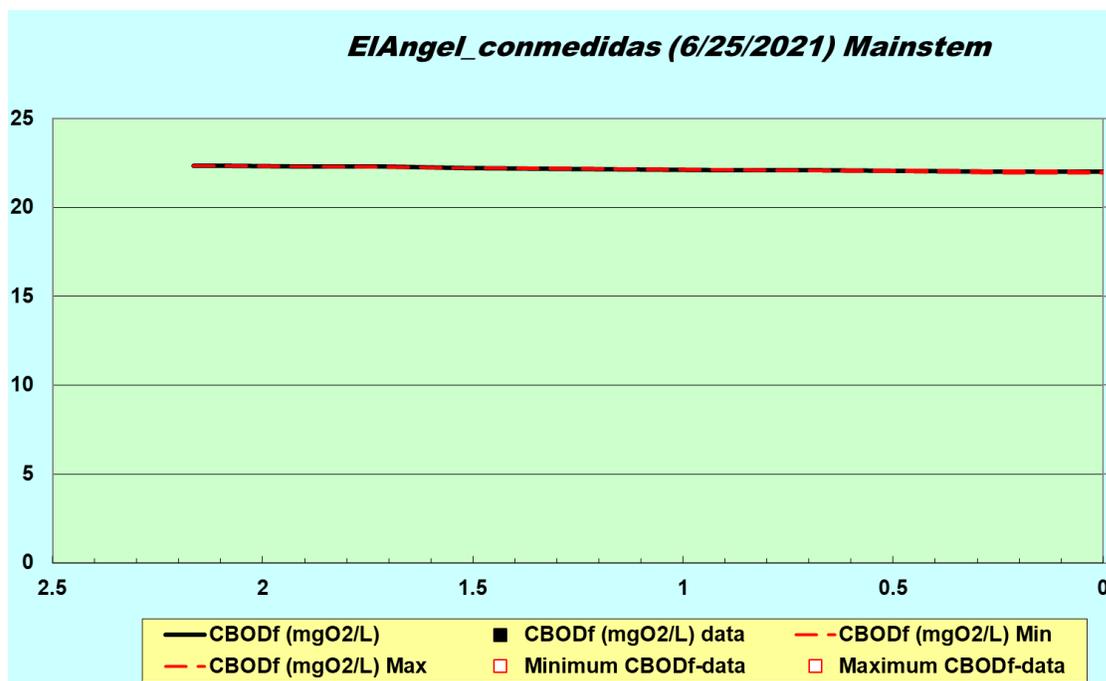


Figura 110. Demanda biológica de oxígeno en el modelo ElAngel_conmedidas

La DBO₅ presenta una pequeña reducción con las medidas adoptadas, consiguiendo valores inferiores a los 25 mg/l en el punto de confluencia con el río Tomayate.

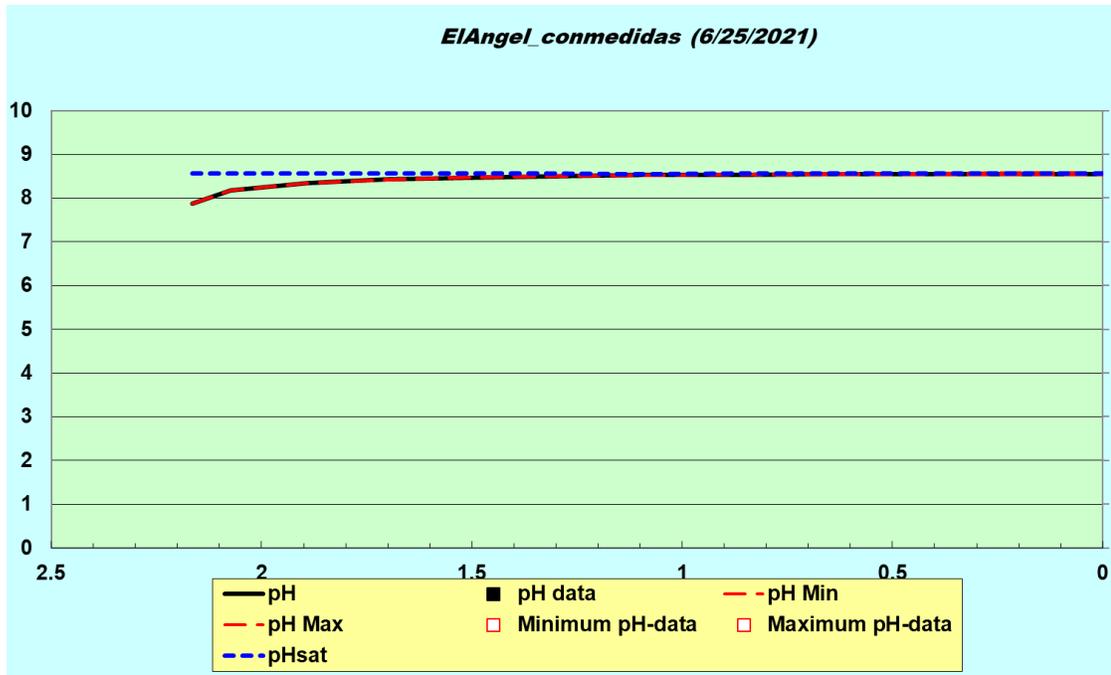


Figura 111. pH en el modelo ElAngel_conmedidas

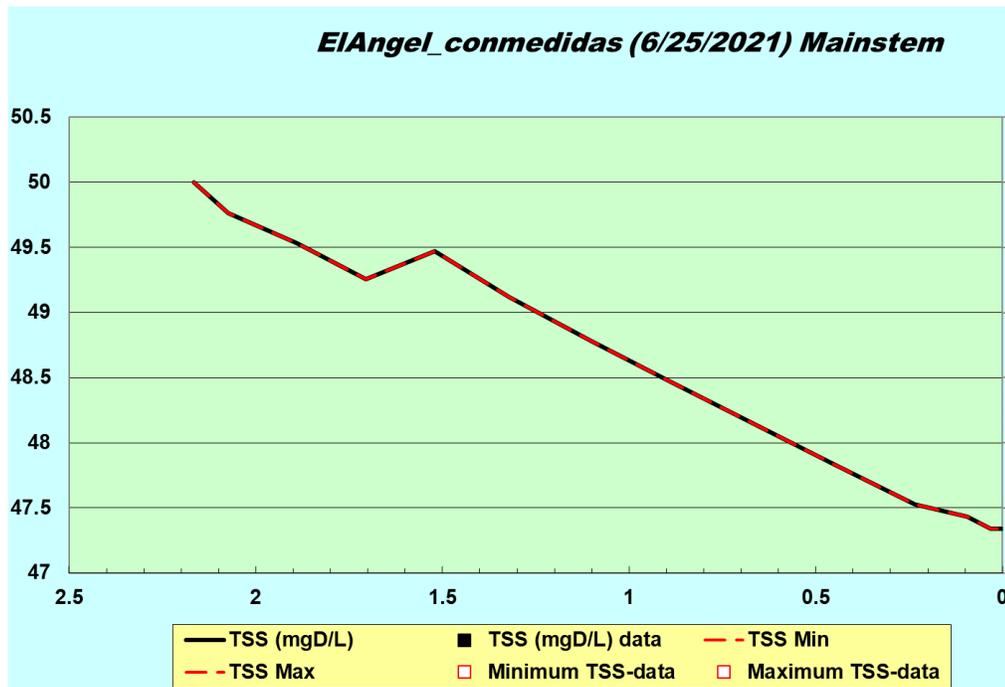


Figura 112. Sólidos Suspendidos Totales en el modelo ElAngel_conmedidas

Al remover los sedimentos del lecho, el sistema es capaz de reducir el aporte de SST hasta valores por debajo de los 50 mg/l en su desembocadura al río Tomayate.

El río El Ángel, en su confluencia con el río Tomayate conseguirá los siguientes valores:

- Conductividad: 4.0 mg/l.
- SST: 47.3 mg/l.
- Oxígeno disuelto: 7.7 mgO₂/l.
- DBO₅: 22.0 mg/l.
- pH: 7.73.

3.5.2.2.4. RÍO TOMAYATE

Con la propuesta de medidas no estructurales planteadas y las mejoras previstas en los aportes provenientes de los cauces principales – i.e. río San Antonio, río Mariona y río El Ángel – se consiguen los siguientes valores de calidad de aguas:

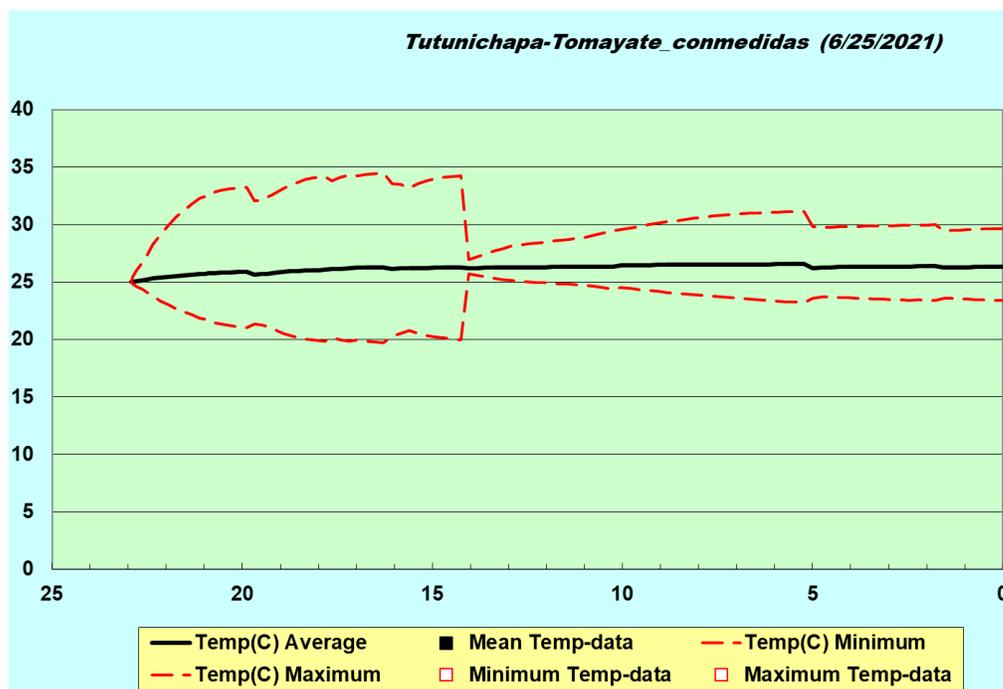


Figura 113. Temperatura en el modelo Tutunichapa-Tomayate_conmedidas

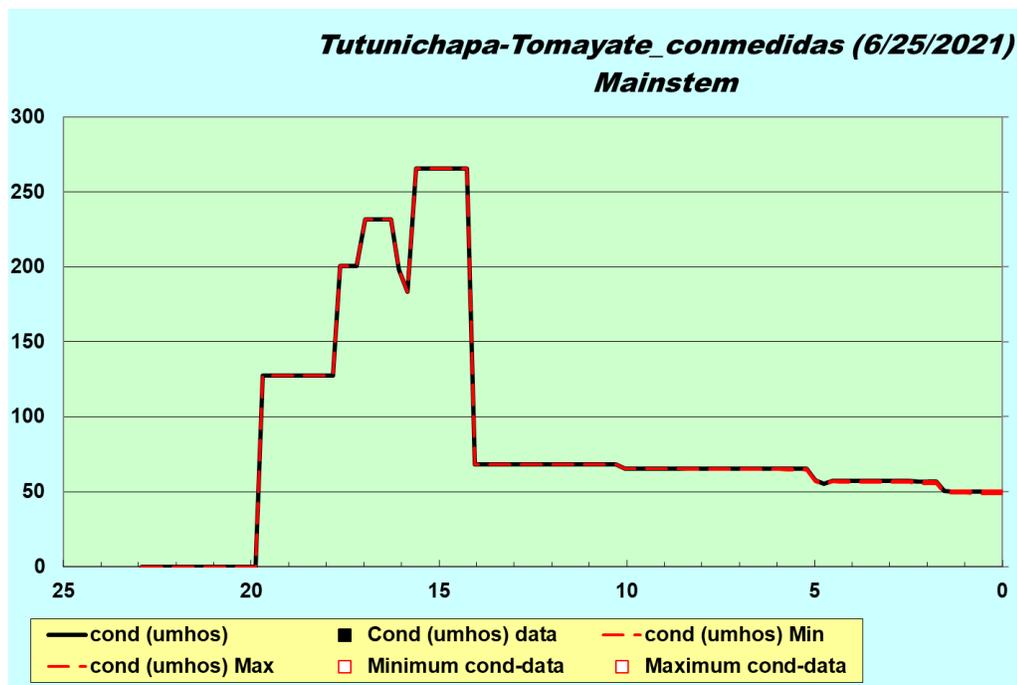


Figura 114. Conductividad en el modelo Tutunichapa-Tomayate_conmedidas

Con las medidas adoptadas en las subcuencas principales se consigue reducir en más de un 90% (de 586.1 μmhos a 50.4 μmhos) la conductividad del agua en el punto de confluencia del río Tomayate con el río Acelhuate.

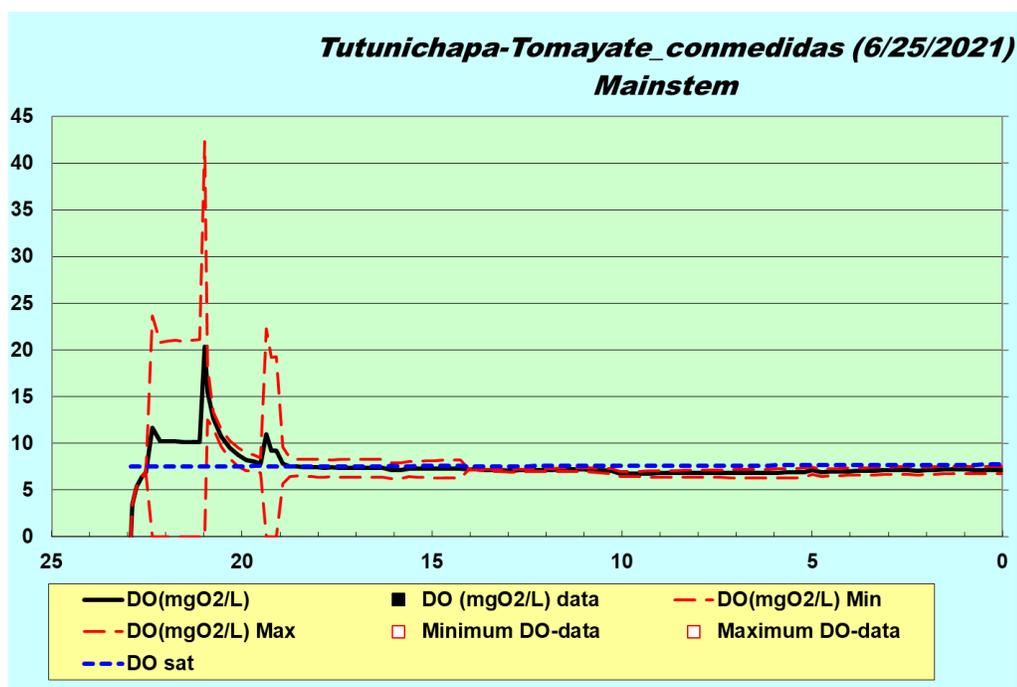


Figura 115. Oxígeno disuelto en el modelo Tutunichapa-Tomayate_conmedidas

El río no presentaba problemas de contenido de oxígeno disuelto y con las medidas adoptadas se alcanzan valores muy similares a los originales y próximos al valor de saturación en el agua.

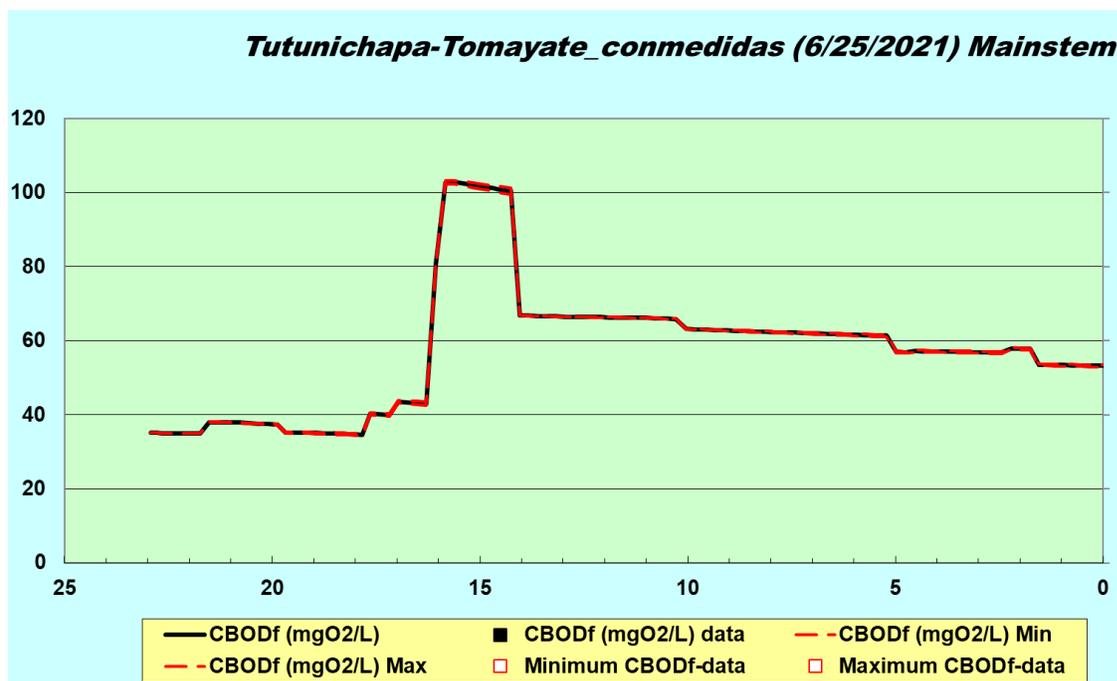


Figura 116. Demanda biológica de oxígeno en el modelo Tutunichapa-Tomayate_conmedidas

La demanda biológica de oxígeno disminuye entorno a un 50% (de 120.7 mg/l a 53.43 mg/l) al final del modelo.

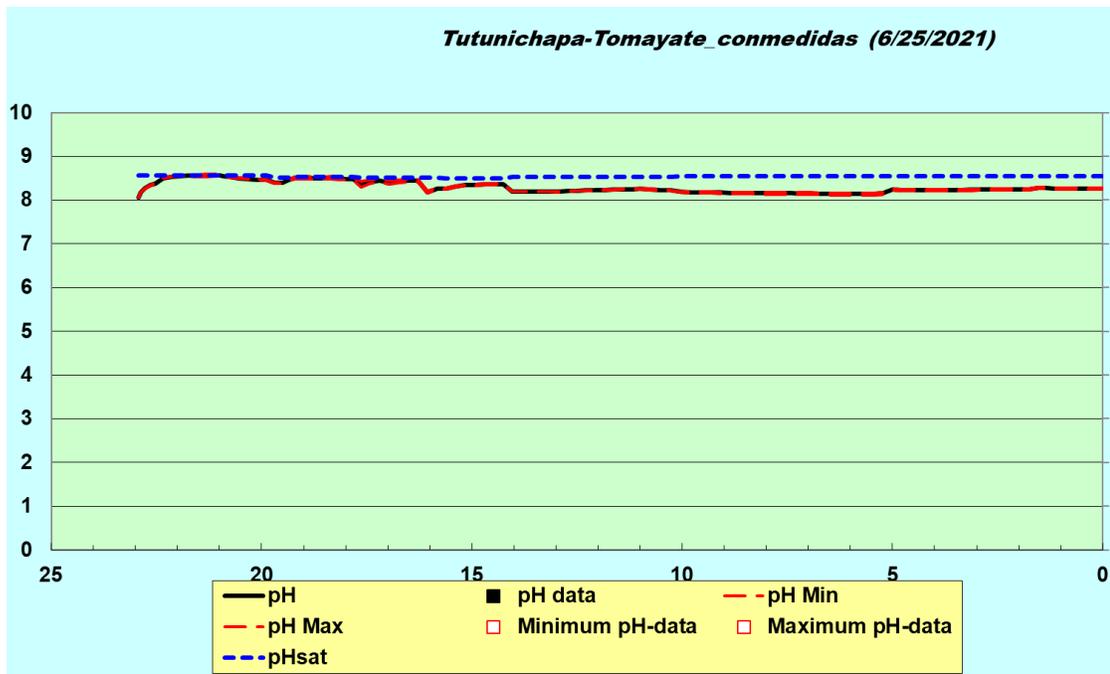


Figura 117. pH en el modelo Tutunichapa-Tomayate_conmedidas

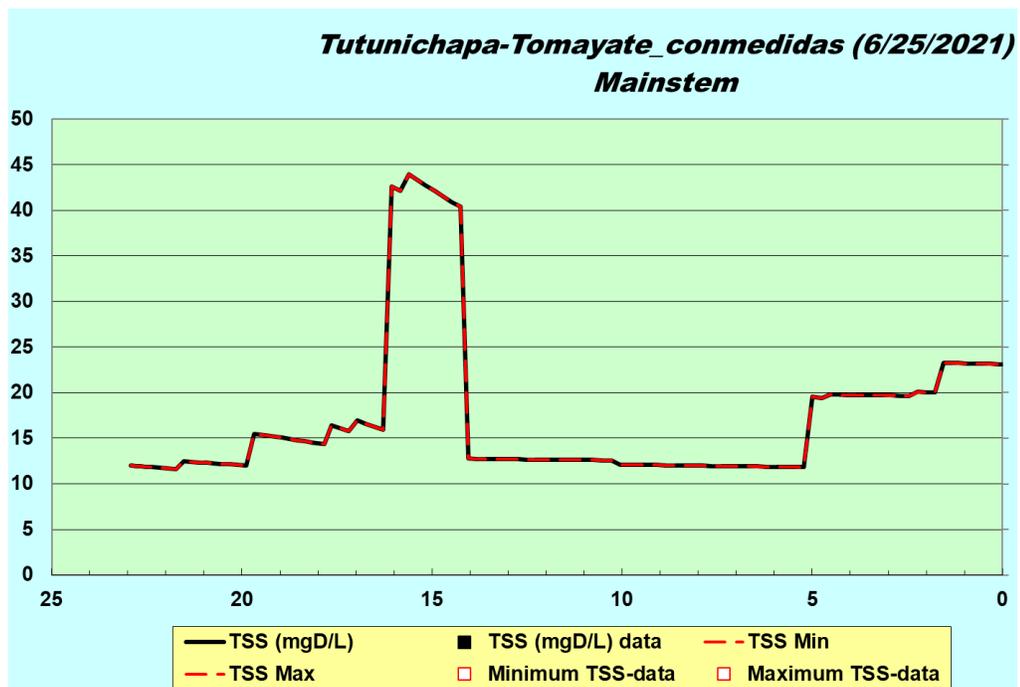


Figura 118. Sólidos Suspendidos Totales en el modelo Tutunichapa-Tomayate_conmedidas

Con las medidas adoptadas se consigue disminuir los valores de SST al final del modelo desde 275 mg/l a menos de 25 mg/l.



3.6. CONCLUSIONES

En base a los datos de campo y a las campañas de muestreos realizadas en las anteriores etapas de la consultoría, se han desarrollado modelos de calidad de aguas con QUAL2K de los principales cursos fluviales del ámbito de actuación, a saber⁴:

- [El Piro – Arenal Monserrat.](#)
- La Mascota.
- [Tutunichapa – Tomayate.](#)
- San Antonio.
- Mariona.
- El Ángel.

Adoptando dichos modelos como la línea base que define la situación actual de los cursos fluviales, se establecen las bases de acción y líneas estratégicas para regular los vertidos de aguas residuales en el ámbito de estudio.

Para ello se han definido una serie de medidas estructurales y no estructurales a adoptar en el ámbito de estudio en base a un plan de acción definido para tres horizontes temporales: corto (3 años), mediano (5 años) y largo plazo (10 años).

Las medidas no estructurales aplican a todo el ámbito de estudio y comprenden las siguientes tipologías de actuación:

- Educación y concienciación social.
- Aspectos legales y de regulación normativa.
- Sistemas de Alerta Temprana y control automático de la contaminación.
- Campañas de limpieza activa de los cauces urbanos.

De su implementación se considera una mejora de las variables de calidad de aguas del modelo del 25%.

Por su parte, las medidas de carácter estructural aplican de manera directa sobre los problemas identificados en la línea base y suponen la corrección directa de los parámetros de entrada al modelo.

En base a todo lo anterior se han previsto las siguientes medidas de carácter estructural en las microcuencas de estudio:

- Arenal de Monserrat:

⁴ En azul se destacan los modelos realizados en los cauces principales.

- A corto plazo se propone el cumplimiento de los parámetros normativos del vertido AM_A_008_LM, mediante la necesaria implantación de una PTAR en la actividad del club de natación afectado.
- A mediano plazo se propone realizar la evaluación para determinar la viabilidad de intercepción y conexión con los colectores principales de la ANDA de los vertidos AM_B_019_LM, Am-b-019-Im y AM_B_016_LM.
- A largo plazo se propone la consecución de un proyecto holístico de restauración fluvial, el cual tiene como objetivo, el ordenamiento de asentamientos poblacionales en las riberas de Ríos y Quebradas, de tal manera que se obtenga como resultado, una disminución de los niveles de contaminación, de igual forma contribuir a la gestión de inundaciones en la confluencia de las quebradas Merliot y Buenos Aires con el cauce principal del Arenal de Monserrat.

Con estas acciones se consiguen los siguientes resultados principales de calidad de aguas:

- Disminución de la conductividad de los 700 μmhos a los 280 μmhos al final del modelo, con una reducción de los 280 μmhos a los 60 μmhos en la confluencia de las quebradas Merliot y Buenos Aires.
- Desaparición de los problemas de oxígeno disuelto a lo largo de todo el modelo, lo que facilitaría la proliferación de vida acuática.
- Disminución de la demanda biológica de oxígeno de 40 mg/l a 22 mg/l al final del modelo.
- Disminución del contenido de sólidos suspendidos de 120 mg/l a 26 mg/l, principalmente por las acciones emprendidas dentro de la subcuenca de la quebrada La Mascota.
- Río Tomayate:
 - A corto plazo se proponen las siguientes acciones⁵:
 - Realizar la evaluación para determinar la factibilidad de conexión de los vertidos RT_A_019_SA, RT_A_006_SA, RT_A_002_SA y RT_b_001_SA al colector CP_1 de ANDA, dentro de la subcuenca del río San Antonio.
 - Remoción (dragado) de los sedimentos en el lecho del río El Ángel en el entorno del Ingenio azucarero El Ángel.
 - A medio plazo se propone la adopción de medidas hidrológico-forestales que minimicen la pérdida de suelo en la cabecera de cuenca del río Mariona y disminuyan, en consecuencia, el contenido de SST del agua.

Con estas acciones se consiguen los siguientes resultados principales de calidad de aguas:

- Disminución de la conductividad de los 586 μmhos a los 50 μmhos al final del modelo.

⁵ En función de los resultados de los muestreos que se realicen cuando el Ingenio azucarero esté en producción, se propone la intercepción de los vertidos mediante un colector y su tratamiento “in situ” previo al vertido. Los parámetros de salida de la planta de tratamiento y el caudal de vertido deberán ser considerados en la modelación de calidad de aguas del río El Ángel y los resultados en la confluencia con el río Tomayate, en los del modelo del río Tomayate.



- Disminución de la demanda biológica de oxígeno de 120 mg/l a 53 mg/l al final del modelo.
- Disminución del contenido de sólidos suspendidos de 276 mg/l a 23 mg/l, principalmente por las acciones emprendidas dentro de las subcuencas de los ríos Mariona y El Ángel.

3.7. RECOMENDACIONES

Las medidas no estructurales propuestas requieren de la intervención de distintas instituciones – e.g. la educación debe transmitirse desde edades tempranas y bajo la responsabilidad del Ministerio de Educación; la limpieza de los cauces afecta a las Alcaldías y al MOP, en cuanto a la mejora de la capacidad hidráulica de los cauces, al tiempo que la ausencia de desechos sólidos mejora la calidad de las aguas; el proceso de revisión, actualización y seguimiento de Leyes y Reglamentos en materia ambiental, debe realizarse en conjunto con la mesa del COAMSS, de manera que se facilite la adopción e implementación de las mismas.

De igual modo, la limpieza de los cauces se lleva a cabo por mediación de las brigadas del MOP, con las que colabora personal de la Dirección General de Protección Civil y personal de las Alcaldías, y sus resultados tienen consecuencias sobre la calidad de las aguas superficiales. Por ello, se recomienda coordinar con dichas instituciones la posibilidad de incrementar la frecuencia en la limpieza de los cauces, de manera que además de cumplir con el objetivo de maximizar la capacidad hidráulica en la época lluviosa, permita mejorar el estado ecológico de los ríos y quebradas del AMSS.

La toma de muestras de calidad de aguas en el río El Ángel coincidió con la época de parada del Ingenio Azucarero El Ángel, con lo que no se ha podido evaluar en toda su magnitud los efectos de la actividad sobre los indicadores de calidad de aguas del río. Por ello, se recomienda repetir el ejercicio de toma de muestras en los vertidos correspondientes y el modelado de la calidad de aguas del río El Ángel cuando el ingenio esté funcionando a pleno rendimiento, de manera que se pueda evaluar la necesidad de intervención sobre el control de los vertidos provenientes de dicha actividad.

4. CONCLUSIONES

- En base a los resultados de los 7 muestreos realizados y sus respectivos valores del ICA, se concluye que el Arenal Monserrat tiene una clasificación de PESIMA y para el Río Tomayate, sus tributarios tienen una clasificación que va desde MALA a PESIMA, esto indica que se dificulta el desarrollo de la vida acuática en este cuerpo receptor de agua. En la Tabla 4, se detalla el valor de cada parámetro (Subi) elevado a su respectivo peso (wi), logrando visualizar el aporte de cada parámetro al valor del ICA.

- Del total de Ríos seleccionados para estudio de trazabilidad solo se pudo calcular coeficientes de dispersión a 37 Ríos, los 5 restantes, afecto al caudal y la inaccesibilidad a los puntos, por crecidas de agua, o por ser terrenos muy escabrosos, con presencia de rocas en el río, lo que causaba que la rodamina se acumulara en esos puntos y no se pudiera obtener los datos suficientes para la aplicación de los métodos.
- En cuanto a las medidas a corto, mediano y largo plazo para el Río Arenal Monserrat se propone:
 - A corto plazo se propone el cumplimiento de los parámetros normativos del vertido AM_A_008_LM, mediante la necesaria implantación de una PTAR en la actividad del club de natación afectado.
 - A mediano plazo se propone realizar una evaluación para determinar la viabilidad de intercepción y conexión con los colectores principales de la ANDA de los vertidos AM_B_019_LM, Am-b-019-lm y AM_B_016_LM.
 - A largo plazo se propone la consecución de un proyecto holístico de restauración fluvial, reasentamientos poblacionales y gestión de inundaciones en la confluencia de las quebradas Merliot y Buenos Aires con el cauce principal del Arenal de Monserrat.
- En cuanto a las medidas a corto, mediano y largo plazo para el Río Tomayate se propone:
 - A corto plazo se proponen las siguientes acciones⁶:
 - Realizar una evaluación para determinar la viabilidad de conexión de los vertidos RT_A_019_SA, RT_A_006_SA, RT_A_002_SA y RT_b_001_SA al colector CP_1 de ANDA, dentro de la subcuenca del río San Antonio.
 - Remoción (dragado) de los sedimentos en el lecho del río El Ángel en el entorno del Ingenio azucarero El Ángel.
 - A medio plazo se propone la adopción de medidas hidrológico-forestales que minimicen la pérdida de suelo en la cabecera de cuenca del río Mariona y disminuyan, en consecuencia, el contenido de SST del agua.

⁶ En función de los resultados de los muestreos que se realicen cuando el Ingenio azucarero esté en producción, se propone la intercepción de los vertidos mediante un colector y su tratamiento “in situ” previo al vertido. Los parámetros de salida de la planta de tratamiento y el caudal de vertido deberán ser considerados en la modelación de calidad de aguas del río El Ángel y los resultados en la confluencia con el río Tomayate, en los del modelo del río Tomayate.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda dar seguimiento a los puntos muestreados, realizar otros muestreos en época seca para evaluar comportamiento de los parámetros utilizados para el cálculo ICA.
- Se recomienda realizar los ensayos de trazabilidad en época seca, para evaluar la capacidad de cargas cuando los caudales en la mayoría de las quebradas se deban más que todo a los vertidos y no a lluvia que puede hacer el efecto de dilución de los contaminantes.
- Se recomienda la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, para dar cumplimiento a lo establecido, en el Art. 86, literal J, de la Ley de Medio Ambiente; el cual estipula, como infracción ambiental “emitir contaminantes que violen los niveles permisibles, establecidos reglamentariamente” y los Reglamentos : Reglamento Especial de Aguas Residuales y Manejo de Lodos Residuales, y el Reglamento Técnico RTS 13.05.01:18, todo generador de vertidos de aguas residuales, ya sea ordinarias, especiales o mixtas, es responsable de implementar las medidas para el tratamiento de dichos vertidos, previo a su descarga a medios receptores, cumpliendo los límites permisibles en la normativa en materia de aguas residuales vigente. En atención a ello, respecto al Sistema de Alcantarillado público (ANDA) y privado, es responsabilidad del administrador del alcantarillado, implementar construcción de sistemas de tratamiento de agua residual en el punto de descarga de los colectores, de su red de alcantarillado.

6. BIBLIOGRAFÍA

Barnwell, T.O., Brown, L.C. and Mareck, W., 1989. Application of Expert System Technology in Water Quality Modelling. *Water Sci. Tech.* 21 (8-9):1045-1056

Chapra, S., Pelletier, G. and Tao, H., 2012. QUAL2K: A modelling framework for simulating river and stream water quality, version 2.12: Documentation and Users Manual. Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford, MA. pp. 97

Kilpatrick, F.A. and Wilson, J.F. Jr, 1989. Techniques of Water-Resources Investigations 03-A9. Measurement of time of travel in streams by dye tracing. United States Geological Survey (USGS). <https://doi.org/10.3133/twri03A9>. pp. 27

7. RESUMEN EJECUTIVO

7.1. INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) lidera el proceso de mejora de la calidad del agua en los ríos urbanos de El Salvador, con el que se pretende lograr un impacto positivo al implementar medidas integrales de saneo de sus cauces y cursos de agua.

Dentro de estas medidas destaca el Plan de Recuperación de Ríos Urbanos, impulsado por el MARN, en el que se desarrolló la *Consultoría para el diagnóstico y establecimiento de planes de mejora orientados a la producción más limpia en industrias localizadas en la subcuenca del río Sucio y la microcuenca de la quebrada El Piro*, en donde se pudo constatar la dificultad de identificación y caracterización de vertidos en las riberas de ríos densamente pobladas y con alto incremento de la actividad industrial.

Otro de los aspectos destacados en la necesidad de recuperación de los ríos del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) es que no se cuenta con datos oficiales respecto de los vertidos de aguas residuales en las cuencas de los ríos Arenal de Monserrat y Tomayate.

Por ello, el MARN lanzó el Concurso Público n° 1/2020 para el “Levantamiento y caracterización de vertidos en las microcuencas de los ríos Tomayate y Arenal de Monserrat tributarios del río Acelhuate” con el que pretendía, entre otras cosas, realizar un levantamiento de información en ambas microcuencas con el que:

- Completar la información presentada en el Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH).
- Contribuir al control y seguimiento de actividades, obras y proyectos que se desarrollen en el área de estudio.
- Dotar de insumos para la toma de decisiones sobre los programas de descontaminación de ríos y suelos urbanos.

Vielca Ingenieros, S.A. resultó adjudicataria del presente contrato y ha desarrollado, dentro del ámbito de estudio, las siguientes tareas:

- La identificación, inventario y mapeo de vertidos de carácter ordinario, mixto y especial.
- La realización de ejercicios de trazabilidad para la identificación de determinados vertidos seleccionados de manera conjunta con el MARN.
- El levantamiento de información de identificación de ríos y quebradas en la microcuenca del río Tomayate; incluyendo la georreferenciación de las bóvedas encontradas; y su representación cartográfica.
- Con posterioridad a dichos trabajos de campo se realizó una propuesta y selección consensuada de los vertidos a muestrear en las distintas categorías definidas en los TdR, a saber:
 - Vertidos ordinarios, toma de 40 muestras.
 - Vertidos especiales y mixtos, toma de 25 muestras.
 - Análisis de cargas contaminantes en ríos y quebradas, toma de 42 muestras.
 - Determinación de la calidad de agua superficial (ICA), toma de 7 muestras.
 - Muestreo de agua superficial en bóvedas, toma de 30 muestras.
- En base a los resultados obtenidos del análisis de vertidos de aguas residuales ordinarias, especiales y mixtas, ríos y quebradas, bóvedas e ICA, junto con bases de datos que contiene los vertidos muestreados y sus resultados, así como los mapas temáticos de vertidos muestreados,



para de las microcuencas Arenal Monserrat y río Tomayate, a fin de determinar las cargas contaminantes aportadas por los ríos y quebradas tributarias a estos. También se determinó el aporte de carga contaminante de los ríos Arenal Monserrat y Tomayate al río Acelhuate.

- Adicionalmente, se presentó el Informe del índice de Calidad de agua (ICA) de los ríos seleccionados, el informe de las capacidades de carga así como también el plan de medidas a corto, mediano y largo plazo con el fin de controlar la contaminación de las microcuencas.

7.2. OBJETIVOS

El objetivo general de la consultoría es la identificación y caracterización de los vertidos de aguas residuales y ordinarios, especiales y mixtos en las microcuencas de los ríos Tomayate y Arenal de Monserrat, al tiempo que se diseñan propuestas de reducción de contaminación para mejorar la calidad de las aguas superficiales.

El objetivo general establecido se subdivide en los siguientes objetivos específicos:

- Identificar e inventariar los vertidos puntuales de aguas residuales ordinarias, especiales y mixtas.
- Desarrollar ejercicios de trazabilidad para identificar la fuente de generación de vertidos, en aquéllos seleccionados de común acuerdo con el MARN.
- Muestrear y analizar la calidad de las aguas de 65 vertidos de aguas residuales ordinarias, especiales y mixtas.
- Determinar la carga contaminante aportada por los distintos medios receptores incluidos en el ámbito de estudio, así como el aporte de los mismos al río Acelhuate.
- Formular una propuesta de medidas a corto, mediano y largo plazo para abordar la problemática identificada en los medios receptores del estudio.

Como parte de la metodología de identificación de vertidos en las microcuencas Arenal Monserrat y Río Tomayate, se establecieron contactos con las alcaldías de los municipios de San Salvador, Mejicanos, Ciudad Delgado, Cuscatancingo, Ayutuxtepeque y Apopa (a través de sus Unidades Ambientales) y la Dirección de Reconstrucción del Tejido Social y de las comunidades, dentro de los cuales se ubican los ríos y quebradas en estudio.

7.3. IDENTIFICACIÓN DE VERTIDOS

El levantamiento de información está guiado por fichas específicas para la identificación de ríos y quebradas y para el levantamiento de vertidos, que sirven de base para la generación de las bases de datos, su representación gráfica y la toma de decisiones sobre los vertidos y puntos a muestrear en las fases siguientes del trabajo.

Para mejor entendimiento de la codificación de la información se utilizaron los códigos : Arenal Monserrat (AM-AoB-XXX-YY): BA: Buenos Aires, EP: El Piro, QM: Quebrada Merliot, SF: San Felipe, LL: La Lechuza y LM: La Mascota; y Tomayate (RTToTm-AoB-XXX-YY): LL: Quebrada Las Lajas, TT: Arenal Tutunichapa, SA: Río San Antonio, AM: Arenal Mejicanos, EC: Río El Chagüite, RM: Río Mariona, RP: Río Paleca, EA: Río El Ángel y RT: Río Tomayate.

La identificación de los distintos elementos es única y depende del código de la ficha correspondiente, en el que se hace referencia a la microcuenca, el equipo de campo y su correlativo de levantamiento de boletas, así como al medio receptor final en el que se realiza el levantamiento.

Este código queda reflejado en la base de datos y acompaña a los vertidos y medios receptores a lo largo de toda la consultoría, incluyendo la cadena de custodia de las muestras tomadas y su caracterización en el laboratorio.

En esta fase de los trabajos también se han realizado ejercicio de trazabilidad para la identificación de las actividades generadoras de vertido. Para ello se ha empleado Rodamina como trazador y se ha vertido en unidades de descarga o registros de dichas actividades o sistemas de colectores municipales, observando si se identificaba el vertido en el punto de descarga seleccionado en el cauce para llevar a cabo el rastreo.

De igual modo, se han llevado a cabo las tareas de identificación de bóvedas aprovechando la misma ficha que para la identificación de río y quebradas.

Los resultados de esta fase de los trabajos por microcuenca son los siguientes:

7.3.1. RÍO ARENAL DE MONSERRAT

Se han identificado un total de 472 vertidos en la microcuenca del río Arenal Monserrat, según tipología:

- 441 vertidos de tipo ordinario.
- 25 vertidos de tipo mixto.
- 6 vertidos de tipo especial.

Respecto de los ejercicios de trazabilidad realizados se concluye lo siguiente:

- Se completaron 24 ejercicios de trazabilidad en un total de 11 vertidos distintos, pudiendo identificar en el 100% de ello el origen del vertido.
- Las tipologías de vertido identificadas fueron:
 - En el 45.45% de los casos (en 5 de los 11 vertidos) se identificó el origen en el vertido de agrupaciones de viviendas.
 - En un 18.18% de los casos (en 2 de los 11 vertidos) el origen de vertido fue la conexión de tuberías de saneamiento a la red de aguas lluvias.
 - En un 18.18% de los casos (en 2 de los 11 vertidos) se trataba de un vertido de un colector de aguas negras.
 - En un 18.18% de los casos (en 2 de los 11 vertidos) el responsable del vertido fue presuntamente identificado, al encontrar la conexión entre los locales de un Centro Comercial y las instalaciones de unos Laboratorios, con los puntos de vertido en el cauce.



Y respecto a los hallazgos encontrados en los recorridos de campo para la identificación de vertidos en ríos y quebradas, cabe destacar lo siguiente:

- Se han recorrido los 8 tramos de cauce objetivo previstos en la consultoría, observando como conforme se producía la agrupación de vertidos y la confluencia de cauces, empeoraba la calidad del agua, desaparecía la vegetación y la presencia de vida acuática y era más frecuente la presencia de residuos y malos olores en los cauces.
- En particular, de cada uno de los tramos priorizados se han destacado los siguientes comentarios:
 - En la Quebrada el Piro se destaca la acumulación de residuos en una zona concreta debido al alto índice de peligrosidad, lo que dificulta el acceso para el mantenimiento del cauce.
 - En la Quebrada Merliot destaca la contaminación presente en sus tramos embovedados.
 - Algunas urbanizaciones en la Quebrada Buenos Aires hacen que empeore considerablemente la calidad de sus aguas.
 - En la Quebrada La Lechuza, se constatan olores insoportables y fuertes cargas contaminantes en dos tramos en los que se produce el estancamiento de las aguas.
 - En las zonas altas del Arenal San Felipe y las quebradas La Mascota y El Carmen se observa la presencia de vida acuática y como ésta va desapareciendo conforme se adentran en el tejido urbano y van recibiendo aportes de contaminación. Concretamente, las dos primeras tienen un cambio ecosistémico importante a partir de la Calle Los Duraznos y la Avenida Manuel Enrique Araujo, respectivamente.Y la Quebrada El Carmen presenta un flujo superficial casi inexistente en época seca, que va aumentando conforme se producen los vertidos urbanos, desapareciendo la vegetación y la vida acuática en consecuencia.

7.3.2. RÍO TOMAYATE

Se han identificado un total de 484 vertidos en la microcuenca del río Tomayate, según tipología:

- 457 vertidos de tipo ordinario.
- 15 vertidos de tipo mixto.
- 12 vertidos de tipo especial.

Respecto de los ejercicios de trazabilidad realizados se concluye lo siguiente:

- Se completaron 29 ejercicios de trazabilidad en un total de 11 vertidos distintos, pudiendo identificar en el 81.81% de ello el origen del vertido.
- Las tipologías de vertido identificadas fueron:
 - En el 11.11% de los casos (en 1 de los 9 vertidos) se identificó el origen en el vertido de agrupaciones de viviendas.
 - En un 22.22% de los casos (en 2 de los 9 vertidos) el origen de vertido fue la conexión de tuberías de saneamiento a la red de aguas lluvias.

- En un 22.22% de los casos (en 2 de los 9 vertidos) se trataba de un vertido de un colector de aguas negras averiado.
- En el 11.11% de los casos (en 1 de los 9 vertidos) se identificó el origen en el vertido de una planta de tratamiento de aguas residuales.
- En un 33.33% de los casos (en 3 de los 9 vertidos) el responsable del vertido fue presuntamente identificado, al encontrar la conexión en las instalaciones de un ingenio azucarero y de una ferretería, con los puntos de vertido en el cauce.

A continuación se presenta tabla resumen del total de vertidos identificados para las microcuencas Rio Arenal Monserrat y Rio Tomayate:

Tabla 7.1 Vertidos Identificados Microcuencas Rio Arenal Monserrat y Rio Tomayate.

QUEBRADA /RIO		Vertidos Especiales	Vertidos Mixtos	Vertidos ordinarios	Total de vertidos
MICROCUENCA ARENAL MONSERRAT	Quebrada El Piro	0	2	66	68
	Quebrada Merliot	0	2	12	14
	Quebrada Buenos Aires	1	2	33	36
	Quebrada La Lechuza	0	7	69	76
	Rio Arenal San Felipe	0	1	18	19
	Rio Arenal Monserrat	4	2	77	83
	Quebrada La Mascota	1	5	119	125
	Quebrada El Carmen	0	0	51	51
	SUB TOTAL	6	21	445	472
MICROCUENCA RIO TOMAYATE	Quebrada Las Lajas	0	3	75	78
	Rio Tutunichapa	0	4	159	163
	Rio San Antonio	2	5	92	99
	Rio Mariona	0	1	41	42
	Rio Paleca	0	0	14	14
	Rio El Ángel	9	0	18	27
	Rio Tomayate	1	2	58	61
		SUB TOTAL	12	15	508
TOTAL.....		18	36	902	956

Y respecto a los hallazgos encontrados en los recorridos de campo para la identificación de vertidos en ríos y quebradas, cabe destacar lo siguiente:

- Se han recorrido los 8 tramos de cauce objetivo previstos en la consultoría, observando como conforme se producía la agrupación de vertidos y la confluencia de cauces, empeoraba la calidad del agua, desaparecía la vegetación y la presencia de vida acuática y era más frecuente la presencia de residuos y malos olores en los cauces.
- En particular, de cada uno de los tramos priorizados se han destacado los siguientes comentarios:
 - Los Arenales Tutunichapa y Mejicanos no presentan flujo en sus tramos de cabecera en época seca y se observa un aumento del mismo, a la par de una disminución de la vegetación, conforme se adentran en la trama urbana.
 - En las zonas altas de los ríos Mariona y El Ángel se observa la presencia de vida acuática y como ésta va desapareciendo conforme se adentran en el tejido urbano y van



recibiendo aportes de contaminación.

En el caso del río Mariona se produce un detrimento grave de la calidad de las aguas a partir del vertido del Centro Penitenciario La Esperanza.

De manera análoga, en el caso del río El Ángel, la agrupación de vertidos del ingenio azucarero conlleva una disminución muy acusada de la calidad de las aguas – a pesar de que ésta se ve afectada desde aguas arriba por los vertidos de las actividades contiguas a la carretera que une los municipios de Apopa y Nejapa.

- El río El Chagüite discurre por un tramo ajeno a los vertidos de la civilización y destacan sus aguas cristalinas, la presencia de vida acuática y la abundancia de vegetación.
- Finalmente, los ríos San Antonio y Tomayate reciben los aportes de muchos cauces contaminados y comparten la presencia de cúmulos de residuos sólidos, la ausencia generalizada de vegetación y la mala calidad de sus aguas.

En el caso del río Tomayate, en el tramo intermedio en el que disminuyen las presiones poblacionales – i.e. entre Cuscatancingo y Apopa –, se aprecia una ligera mejora con un aumento de la vegetación de ribera.

7.4. PROCESO DE MUESTREO DE VERTIDOS, CURSOS DE AGUA Y BÓVEDAS

Se definió, de común acuerdo con el MARN los puntos de muestreo de:

- 40 vertidos de carácter ordinario.
- 25 vertidos de carácter especial o mixto, sobre los que había la necesidad de realizar toma de muestras compuestas.
- 42 muestras en ríos y quebradas para la determinación de cargas contaminantes. De manera adicional en estos puntos se realizó medición de caudal por el método de los transectos, midiendo la velocidad del flujo con velocímetro.
- 7 muestras para el cálculo del índice de calidad del agua en los siguientes ríos y quebradas: Arenal Monserrat, Arenal Tutunichapa, Río San Antonio, Río El Chagüite, Río Mariona, Río El Ángel y Río Tomayate. En estos puntos también se calculó el caudal con el manejo del velocímetro.
- 30 muestras a la entrada y salida de 15 bóvedas, midiendo de igual modo el caudal del cauce con velocímetro.

El levantamiento se llevó a cabo mediante fichas de identificación y cadena de custodia, que luego alimentaron las bases de datos y los mapas que se entregaron dentro del informe de avance correspondiente.

7.5. RESULTADOS DEL PROCESO DE MUESTREO

Tras analizar los datos por parte del laboratorio acreditado de calidad de aguas se realizaron las siguientes tareas:

- Completado de bases de datos, con resultados y escaneo de los registros manuales de cadena de custodia – rellenos, tanto por el personal de campo que se encargó de la toma de muestras y transporte hasta el laboratorio, como por el personal de laboratorio encargado del análisis de las muestras.
- Mapeo de resultados de vertido.
- Cálculo del índice de calidad de aguas en los 7 ríos y quebradas seleccionados.
- Cálculo de las cargas contaminantes.

Como parte del producto correspondiente se entregaron los informes originales del muestreo de laboratorio, con firma y sello del mismo.

Los principales resultados del proceso de muestreo fueron:

- Con respecto a vertidos especiales y mixtos:
 - De los 25 puntos muestreados, de tipo especial y mixto, 16 de ellos no cumplen con los parámetros DQO y DBO₅, siendo el vertido código RT_A_050_SA, el que presenta el valor mayor, 5017.40 mg/L de DQO, lo que representa una desviación con respecto al RTS de -4,867.4, es decir 33 veces por encima del valor permitido en el RTS 13.05.01:18, siendo este mismo vertido el que presenta la mayor desviación con respecto al parámetro aceites y grasas, 65,913.1 mg/L.
 - Los vertidos RT_A_011_RT y RT_B_003_EA, presentan valores de nitrógeno total fuera de norma, siendo el vertido RT_A_011_RT, el que presenta la mayor desviación con respecto al valor permitido de este parámetro.
- Con respecto a vertidos ordinarios:
 - Los vertidos que presentaron una mayor desviación con respecto a la Norma en cuanto a los parámetros de DBO y DQO son; RT_B_015_RT y RT_B_087_TT, ambos pertenecen a la micro cuenca del Río Tomayate, Para el caso del Vertido RT_B_015_RT, presenta una desviación con respecto al RTS 13.05.01:18, de -967.9, para la DQO y -301.7 para la DBO₅, lo que significa que el vertido supera aproximadamente 7 veces el valor permitido en dicho reglamento.
Para el caso del vertido RT_B_087_TT, presenta una desviación con respecto a RTS 13.05.01:18 de -755.4, para la DQO y -512.5 para la DBO₅, lo que significa que el vertido supera aproximadamente 6 veces el valor permitido en dicho reglamento.
Esta desviación tan grande se evidencia aún más en las zonas más densamente pobladas, tales como Tutunichapa y Mariona.



- Con respecto a los valores de los parámetros SSed y SST, las mayores desviaciones de estos parámetros con respecto al RTS 13.05.01:18, son el vertido RT_B_001_RM, RT_A_019_SA y RT_A_006_SA, este último resulto ser el segundo vertido con la mayores desviaciones en el contenido de solidos sedimentables. El vertido con el código RT_B_001_RM, presento un valor de SST de 960 mg/L, lo que equivale a una desviación con respecto al RTS -900, es decir 16 veces por encima del valor permitido en el RTS y para el caso de los SSed, el vertido con código RT_A_019_SA, presento un valor de SSed de 7 mL/L, lo que equivale a una desviación con respecto al RTS de +6 mL/L, es decir 7 veces por encima del valor permitido en el RTS 13.05.01:18.
- Con respecto al pH, este se mantuvo dentro del rango permitido en el RTS 13.05.01:18, presentando un mínimo de 6.7(vertido AM_A_016_EP) y un máximo de 8.6(vertido Am-b-017-EP).
- En cuanto a la carga microbiana, específicamente los coliformes fecales, aunque el RTS, no presenta un valor específico, el vertido con código RT-b-008-RM, presenta el valor más alto con respecto a los 40 puntos muestreados, de 9,200,0000, esto debido a que dicho vertido proviene en su mayoría de actividades de tipo domésticas, sin ningún tratamiento, prácticamente son aguas residuales crudas.
- Con respecto a las cargas contaminantes:
 - En cuanto a las cargas contaminantes de vertidos especiales y matos s e tiene un total de carga expresada como DDB05 de 25,178.1883 kg/día para la microcuenca del Rio Toma yate y 478.7013 kg/día , lo que evidencia un deterioro mayor en cuanto a su calidad para el Rio Tomayate, se presume que es por la diversidad de vertidos en esa microcuenca, viviendas, industria, talleres de mecánica automotriz, hospitales, entre otros, que podrían estar dando un mayor aporte de contaminación a ríos y quebradas que son tributarios al rio Tomayate.
 - El punto de vertido que más carga contaminante aporta en la microcuenca Tomayate es RT_A_007_RT, el cual RT se ubica en las coordenadas 13.7999004; -89.20086395 y corresponde a un vertido mixto, en la figura 11 se muestra la ubicación del vertido y sus colindancias, las cuales corresponden actividades agrícolas, viviendas entre otras, el caudal es considerable 1000 L/s.
- Por otro lado se realizó un análisis comparativo de los resultados con el Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental para las muestras tomadas en los ríos y quebradas del AMSS, alcanzando las siguientes conclusiones principales:

- De los 42 Ríos muestreados, 35 de ellos no cumple con los valores permitidos por el Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental; art. 19, aplica para DBO, pH y Coliformes totales y fecales.
 - De los 42 ríos muestreados, 6 de ellos, cumplen con el rango de pH establecido en Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental; art. 19 y son: Rio #39, #30,#29,#22,#20,#19 y #4.
 - De los 42 ríos muestreados, 3 de ellos, cumplen con el valor establecido en Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental; art. 19, para el parámetro coliformes fecales y son Rio #2, #3 y #12.
 - La contaminación fecal encontrada en los ríos muestreados, se presentó en el rango de 220NMP/mL a 1,700,000.00 NMP/100 mL , el mayor nivel fue aportado por el Rio#26(Rio El Ángel).
- Finalmente se presentan los valores de las cargas contaminantes de los ríos y quebradas seleccionadas, tanto en términos de DBO, DQO y SST.

7.6. CALIDAD DE AGUAS, CAPACIDAD DE CARGA Y ESTABLECIMIENTO DE MEDIDAS A CORTO, MEDIO Y LARGO PLAZO

Finalmente, se desarrolló un informe calculando y analizando los resultados del Índice de Calidad de Aguas (ICA) en los 7 ríos y quebradas seleccionadas, llegando a la siguiente conclusión principal:

- En base a los resultados de los 7 muestreos realizados y sus respectivos valores del ICA, se concluye que el Arenal Monserrat tiene una clasificación de PESIMA y para el Rio Tomayate, sus tributarios tienen una clasificación que va desde MALA a PESIMA, esto indica que se dificulta el desarrollo de la vida acuática en este cuerpo receptor de agua. En la Tabla 4, se detalla el valor de cada parámetro (Subi) elevado a su respectivo peso (wi), logrando visualizar el aporte de cada parámetro al valor del ICA.

Respecto del cálculo de la capacidad de carga, llevado a cabo con ayuda del fluorómetro y la realización de ejercicios de trazabilidad, se llegó a la siguiente conclusión:

- Del total de Ríos seleccionados para estudio de trazabilidad solo se pudo calcular coeficientes de dispersión a 37 Ríos, los 5 restantes, afecto al caudal y la inaccesibilidad a los puntos, por crecidas de agua, o por ser terrenos muy escabrosos, con presencia de rocas en el rio, lo que causaba que la rodamina se acumulara en esos puntos y no se pudiera obtener los datos suficientes para la aplicación de los métodos.

Finalmente, se llevó a cabo una modelación de la calidad del agua superficial con ayuda del software QUAL2K teniendo en cuenta las limitaciones de la campaña de muestreo llevada a cabo – basada en una única muestra, en la que no se tienen valores de los ciclos del nitrógeno ni del fósforo y en la que no se ha caracterizado el sedimento.



El modelo perseguía establecer la línea base del estado actual de los ríos y quebradas del ámbito de estudio, en base a la campaña de muestreo llevada a cabo, para poder evaluar la consecución de medidas a corto, mediano y largo plazo que ayudasen a la consecución del objetivo general de “[...] diseñar propuestas de reducción de contaminación para mejorar la calidad del agua superficial”.

En este sentido, las medidas planteadas tras el análisis y su modelación en QUAL2K, son:

- En cuanto a las medidas a corto, mediano y largo plazo para el Rio Arenal Monserrat se propone:
 - A corto plazo se propone el cumplimiento de los parámetros normativos del vertido AM_A_008_LM, mediante la necesaria implantación de una PTAR en la actividad del club de natación afectado.
 - A mediano plazo se propone realizar la evaluación para determinar la viabilidad de intercepción y conexión con los colectores principales de la ANDA de los vertidos AM_B_019_LM, Am-b-019-lm y AM_B_016_LM.
 - A largo plazo se propone la consecución de un proyecto holístico de restauración fluvial, reasentamientos poblacionales y gestión de inundaciones en la confluencia de las quebradas Merliot y Buenos Aires con el cauce principal del Arenal de Monserrat.

- En cuanto a las medidas a corto, mediano y largo plazo para el Rio Tomayate se propone:
 - A corto plazo se proponen las siguientes acciones:
 - Realizar la evaluación para determinar la viabilidad de conexión de los vertidos RT_A_019_SA, RT_A_006_SA, RT_A_002_SA y RT_b_001_SA al colector CP_1 de ANDA, dentro de la subcuenca del río San Antonio.
 - Remoción (dragado) de los sedimentos en el lecho del río El Ángel en el entorno del Ingenio azucarero El Ángel.
 - A medio plazo se propone la adopción de medidas hidrológico-forestales que minimicen la pérdida de suelo en la cabecera de cuenca del río Mariona y disminuyan, en consecuencia, el contenido de SST del agua.

7.7. RECOMENDACIONES FINALES

Finalmente, se emiten tres recomendaciones procedimentales, debidas a la realización de la toma de muestras ya entrados en la época lluviosa:

- Se recomienda dar seguimiento a los puntos muestreados, realizar otros muestreos en época seca para evaluar comportamiento de los parámetros utilizados para el cálculo ICA.
- Se recomienda realizar los ensayos de trazabilidad en época seca, para evaluar la capacidad de cargas cuando los caudales en la mayoría de las quebradas se deban más que todo a los vertidos y no a lluvia que puede hacer el efecto de dilución de los contaminantes.
- Se recomienda la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, para dar cumplimiento a lo establecido, en el Art. 86, literal J, de la Ley de Medio Ambiente; el cual estipula, como infracción ambiental “emitir contaminantes que violen los niveles permisibles, establecidos reglamentariamente” y los Reglamentos : Reglamento Especial de Aguas Residuales y Manejo de Lodos Residuales, y el Reglamento Técnico RTS 13.05.01:18, todo generador de vertidos de aguas residuales, ya sea ordinarias, especiales o mixtas, es responsable de implementar las medidas para el tratamiento de dichos vertidos, previo a su descarga a medios receptores, cumpliendo los límites permisibles en la normativa en materia de aguas residuales vigente. En atención a ello, respecto al Sistema de Alcantarillado público (ANDA) y privado, es responsabilidad del administrador del alcantarillado, implementar construcción de sistemas de tratamiento de agua residual en el punto de descarga de los colectores, de su red de alcantarillado.