

ESTUDIOS DE DISPERSION DE CONTAMINANTES Y DECLINACION BACTERIANA EN EL MAR DE CHIMBOTE – PERU

Carlos SEBASTIÁN CALVO

Universidad Ricardo Palma

carlos.sebastian@urp.edu.pe

RESUMEN

Se realizaron estudios de dispersión y determinaciones preliminares de disminución bacteriana (T-90) en la bahía de Chimbote-Perú. En cuando a los estudios de dispersión, se aplicará una ecuación diferencial parcial fundamental y su solución para el caso tridimensional. Se determina la forma y características de la pluma trazadora, así como la tasa de disminución de las concentraciones máximas. El método considera una inyección puntual con Rodamina B y Yodo 131 como trazadores para determinar los coeficientes de dispersión longitudinal, lateral y vertical que rigen las tasas de dispersión de las aguas industriales y residuales a descargar a travez de un emisario submarino instalado en el mar de Chimbote.

El método aquí presentado permite calcular los coeficientes de dispersión y predecir la influencia del futuro difusor, independientemente de la naturaleza de la masa de agua en la que se realizaron las pruebas.

En los que respecta a las determinaciones de T-90, se realizaron mediante el uso de una técnica de trazadora combinada, utilizando I-131 para la medición de la dilución y rodamina B como ayuda visual. Se tuvo en cuenta la dilución y disminución de las concentraciones bacterianas, así como la inyección continua de un radiotrazador. Los valores de T-90 estimados a partir de experimentos deberían reconfirmarse en experimentos futuros en diferentes condiciones oceanográficas.

PALABRAS CLAVE

Dispersión, declinación bacteriana, trazador, radioisótopo, rodamina, emisario submarino, campo de agua residual.

POLLUTANT DISPERSION AND BACTERIAL DECLINATION STUDIES IN THE SEA OF CHIMBOTE-PERU

ABSTRACT

Dispersion studies and preliminary determinations of bacterial declining (T-90) were performed at the bay of Chimbote-Peru. As for the dispersion studies, a fundamental partial differential equation and its solution for the three-dimensional case are applied. The shape and characteristics of the tracer plume is determined as well as the rate of diminution of peak concentrations. The method considers a point injection with Rhodamine B and Iodine 131 as tracers, for determining the longitudinal, lateral and vertical dispersion coefficients that govern the dispersion rates of industrial and wastewaters to discharge through a submarine outfall installed at the sea of Chimbote.

The method presented herein allows calculations of dispersion coefficients and predict the influence of the future diffuser as well, regardless of the nature of the body of water in which the tests were conducted.

In regards to T-90 determinations, they were performed by the use of a combined tracer technique, using I-131 for dilution measurement and Rhodamine B as a visual aid. Dilution and decrease in bacterial concentrations were taken into consideration as well as continuous radiotracer injection. The values of T-90 estimated from experiments, should be reconfirmed in future experiments under different oceanographic conditions.

KEYWORDS

Dispersion, bacterial declining or bacterial decay, tracer, radioisotope, rhodamine, submarine outfall, wastewater body.

Recibido: 05/06/2021

Aprobado: 23/08/2021

1. INTRODUCCION

La dilución progresiva del campo de agua residual se puede modelar matemáticamente si se conocen las características de la mezcla en un área determinada. La determinación experimental "in-situ" de los coeficientes de dispersión longitudinal (D_x), transversal (D_y) y vertical (D_z), es generalmente realizada a través del empleo de trazadores radiactivos y fluorescentes, existiendo la tendencia a asociar estos dos trazadores.

Para llevar a cabo los estudios de dispersión, se establece una ecuación diferencial parcial para dicha dispersión y soluciones generales para el caso de 1, 2 y 3 dimensiones. Así se determinan las formas y características de las curvas de dispersión del trazador, así como la rapidez de disminución de los picos de concentración del trazador inyectado. Toda esta información sirve para calcular los coeficientes de dispersión que determinan la rapidez de dispersión de los contaminantes.

Por otro lado, la estimación de la mortandad bacteriana, expresada como T-90 (tiempo en el cual la concentración de un indicador de la contaminación, se reduce en un 90%), es uno de los más importantes factores a considerar en el diseño de emisarios submarinos. En realidad, la reducción de la concentración de las aguas residuales domésticas dispuestas en el medio ambiente marino, se relaciona con fenómenos físicos (dilución y dispersión) y bioecológicos. Los indicadores más utilizados en los estudios de T-90 son los coliformes fecales, entre los que el *Escherichia coli* resulta ser adecuado como indicador sanitario.

El presente trabajo tiene dos objetivos:

Estudiar los fenómenos de dispersión en el radio de influencia del futuro emisario submarino para la ciudad de Chimbote, en 3 diferentes condiciones hidrodinámicas: marea baja, marea intermedia y marea alta, utilizando dos tipos

de trazadores; un trazador colorante fluorescente (Rodamina B) y un trazador radiactivo (Iodo-131) mezclados homogéneamente a fin de determinar las características de la nube trazadora durante su desplazamiento, luego de ser inyectada en un punto predeterminado, teniendo en cuenta el punto de descarga propuesto para el futuro emisario.

Calibrar un modelo teórico de inactivación para determinación de T-90, mediante la utilización de trazadores Rodamina B y Iodo-131, inyectados conjuntamente de manera continua en un punto cercano a las descargas actuales de aguas residuales.

Así, la influencia de los principales factores ecológicos implicados en la declinación bacteriana (muerte o inactivación), se pueden chequear para la determinación de T-90, siguiendo igualmente la mancha de trazador y determinando los picos de máxima concentración o actividad para la toma de muestras para análisis bacteriológico.

2. FUNDAMENTOS TEORICOS

2.1 DISPERSION DE CONTAMINANTES

Cuando una sustancia se disuelve en una masa líquida en condiciones de equilibrio, la concentración inicial de la sustancia disuelta es constante en toda la masa líquida marcada, pero después de cierto tiempo la concentración será más alta en una parte de la masa líquida. Esto se explica en base a la consideración de que hay un transporte igual y estadístico de las partículas del líquido conteniendo el material disuelto, desde una parte de la masa líquida hasta otra. Es natural entonces asumir en primera aproximación, que la rapidez transferencia de material disuelto, en cualquier dirección es proporcional a la rapidez de variación de concentración en la dirección considerada. La justificación de tal situación se da en base a la teoría cinética.

El cambio de concentración de la masa líquida marcada por unidad de tiempo, es igual a:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \quad (1)$$

ANÁLISIS TRIDIMENSIONAL

Se consideran las ecuaciones:

$$\sigma_x = \sqrt{2D_x t} \quad (2)$$

$$\sigma_y = \sqrt{2D_y t} \quad (3)$$

$$y \quad \sigma_z = \sqrt{2D_z t} \quad (4)$$

Por lo tanto, la solución tridimensional es similar a su correspondiente análisis unidimensional y bidimensional. Por ejemplo, en todos estos casos la Varianza es igual a

$$\sigma_i = \sqrt{2D_i t} \quad (5)$$

se puede ver que la varianza es directamente proporcional a la raíz cuadrada del tiempo transcurrido desde la inyección del trazador y su difusión en tres direcciones.

Las determinaciones prácticas de los coeficientes de dispersión se pueden hacer por un análisis de varianza de la concentración en cada una de las correspondientes direcciones. Los datos para la difusión lateral, longitudinal, y transversal desde el centro de masa del trazador se deben obtener simultáneamente. La dirección de los ejes del volumen elipsoidal debe ser compatible con líneas de isoconcentración.

La concentración máxima en el caso tridimensional esta en el centro de la masa de trazador y es igual a:

$$C_{\text{máx}} = \frac{M}{(2\pi)^{3/2} (\sigma_x \sigma_y \sigma_z)} \quad (6)$$

observándose que la disminución de la concentración máxima es inversamente proporcional a la potencia 1,5 del tiempo transcurrido desde la inyección del trazador y es la máxima dirección de la concentración posible bajo condiciones de la ecuación diferencial general que define los procesos de difusión.

Teniendo en cuenta el elipsoide de isoconcentración con ejes a, b y c:

$$\frac{x'^2}{a^2} + \frac{y'^2}{b^2} + \frac{z'^2}{c^2} = 1 \quad (7)$$

Se obtendrá:

$$a^2 = \ln\left(\frac{C_{\text{máx}}}{C}\right)^2 \sigma_x^2 \quad (8)$$

$$b^2 = \ln\left(\frac{C_{\text{máx}}}{C}\right)^2 \sigma_y^2 \quad (9)$$

$$c^2 = \ln\left(\frac{C_{\text{máx}}}{C}\right)^2 \sigma_z^2 \quad (10)$$

El volumen del elipsoide contenido en cualquier línea de isoconcentración es igual a:

$$V = \frac{2}{3} \pi abc = \frac{2\pi}{3} \sigma_x \sigma_y \sigma_z \left[\ln \left(\frac{C_{\text{máx}}}{C} \right) \right]^2 \quad (11)$$

Se puede mostrar que la pendiente de un gráfico $V^{2/3}$ vs $\ln C$ daría una línea recta con pendiente proporcional a $(\sigma_x \sigma_y \sigma_z)^{2/3}$. Así, se pueden trazar líneas de concentración tridimensionales a partir de los datos a mano y si se disponen de datos adicionales de las relaciones de s_x , s_y y s_z , entonces se puede calcular D_x , D_y y D_z .

2.2 DECLINACION BACTERIANA

Un modelo simple logarítmico de mortalidad bacterial provee la predicción adecuada de la desaparición de coliformes con el fin de diseñar emisarios submarinos. El modelo es el siguiente:

$$S_b = 10^{-\frac{t}{T_{90}}} \quad (12)$$

En donde:

S_b = desaparición de coliformes

t = tiempo de traslado del campo de aguas residuales en condiciones de movimiento y dilución progresiva.

T_{90} = tiempo necesario para la desaparición del 90% de los coliformes, en horas

La dilución total obtenida es simplemente el producto de las diluciones individuales. Esto es para bacteria

:

$$S_T = S_i \cdot S_h \cdot S_b = \frac{C_0}{C_t} \quad (13)$$

En donde:

S_T = Dilución total

S_i = Dilución inicial

S_h = Dilución horizontal

S_b = Desaparición de coliformes

C_0 = Concentración inicial de coliformes en aguas residuales

C_t = Concentración de coliformes después de T horas (en las playas)

Los parámetros más importantes en el diseño de emisarios submarinos son el perfil de la densidad de las aguas receptoras, el régimen de corrientes y el T-90. Por lo tanto, las campañas de recolección de datos deben concentrarse en obtener mediciones buenas de estos fenómenos.

MEDICION DE T_{90}

Para conocer la tasa de mortandad bacteriana, es necesario descontar el efecto de la dilución. Así, la declinación bacteriana obedece a la Ley de Chick, representada por la ecuación:

$$C_t = C_0 \cdot 10^{-t/T_{90}} \quad (14)$$

donde:

- C_t = Población de coliformes remanentes, después de transcurrido el tiempo t
- C_0 = Población inicial
- T_{90} = Tiempo transcurrido requerido para la desaparición del 90% de la población bacteriana

La ecuación anterior también se puede expresar como:

$$C_t = C_0 e^{-kt} \quad (15)$$

en el cual:

- C_t = Concentración de bacterias en el tiempo t
- C_0 = Concentración de microorganismos después de la dilución inicial
- k = Constante de declinación

donde:

$$T_{90} = \frac{2.303}{k} \quad (16)$$

3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1 PARA LAS MEDICIONES DE LA DISPERSION DE CONTAMINANTES

Los trabajos de campo involucraron la inyección de una cantidad trazadora (mezcla de un colorante y un radioisótopo) en la zona propuesta para la descarga del futuro emisario, el monitoreo de la pluma creciente del trazador hasta unos 2,5 km. contados a partir del punto de inyección (a través de contajes de radiación o concentración

radiactiva, que es proporcional a la concentración del colorante mezclado con el radioisótopo) y el procesamiento de la información obtenida con las ecuaciones derivadas de la aplicación del modelo que explica la dilución progresiva.

El procedimiento se llevó a cabo a bordo de un bote local de 16 pies y 4 toneladas de capacidad en la primera campaña de medición, y 22 pies y 12 toneladas en la segunda y tercera campañas de mediciones. En todas las campañas se acompañó con un bote de 13 pies y 3 toneladas que se utilizó para la inyección de trazador y transporte de algunos equipos y materiales empleados. Cada medición se inició con la inyección de 5 kg de colorante mezclados y homogenizados con aproximadamente 600 mCi de lodo 131 como radiotrazador y con agua hasta completar un volumen de 40 litros en un recipiente adecuado.

La inyección del trazador se realizó regando una franja de aproximadamente 5 m, en el lugar determinado (próximo al punto de descarga del emisario propuesto), en las tres condiciones de medición.

El monitoreo del trazador se realizó en forma continua y según los sentidos longitudinal, transversal y vertical de la pluma o nube dispersa de trazador, utilizando tres sondas de detección de radiación gamma. Se obtuvieron registros de contaje de radiación, las mismas que guardan relación con la concentración radiactiva detectada. Para cada sonda de detección se obtienen registros y se identifican los valores máximos de dichos registros, los que sirvieron para determinar los coeficientes de dispersión. Estos valores máximos y los datos restantes del monitoreo sirvieron para perfilar las curvas isorradas o de isoconcentración, que se muestran en el mapeo para cada una de las tres condiciones de medición.

3.2 PARA LA DETERMINACION DEL T-90

La medición de T-90 se puede realizar de varias formas, entre las cuales se puede considerar la conveniencia de transportar un volumen grande de desechos al área de descarga y luego se mezcla con éste un trazador conservativo apropiado como Rodamina B o una sustancia radiactiva. Esta mezcla se descarga en forma instantánea o continua al medio marino y se toman varias muestras en el centro de la pluma. Es conveniente, medir la concentración inicial tanto del trazador como de los organismos indicadores (por ejemplo, coliformes totales y/o fecales). Se podría usar un fluorómetro abordo que brindaría mediciones rápidas para definir concentraciones pico de tinte; esto es, la ubicación en donde deberían tomarse las muestras para realizar análisis subsiguientes de laboratorio para organismos indicadores.

En este primer caso de determinación de T-90, no ha sido conveniente transportar aguas residuales, ya que la inyección de trazadores se realizó en un punto relativamente cercano a la zona de descarga actual de aguas negras, en donde existe la certeza de tener una gran concentración bacteriana que puede ser considerada como concentración inicial para las mediciones de T-90. Se vio la

conveniencia de asociar los trazadores Rodamina B y Iodo-131 para identificar el cuerpo de agua. Estos se inyectaron en forma continua durante media hora, en el lugar donde se colectó la primera muestra. A partir de ese momento se inició la toma de muestras hasta completar casi 4 horas de trabajo. Para ello fue necesario realizar monitoreos de la actividad a diversos intervalos de tiempo, cruzando la pluma en forma transversal a fin de observar los picos de máximas concentración y actividad, para proceder luego al muestreo en dichos puntos.

El procedimiento se llevó a cabo a bordo de dos botes locales de 8 y 4 toneladas de capacidad, los mismos que permanecían en las inmediaciones de la zona; uno de ellos para permitir recargar Rodamina en el centro de la mancha cuando disminuía el límite de detección visual debido a la dilución. La dilución física se realizó in - situ, midiéndose la concentración de Iodo 131 por medio de un detector de centelleo, sumergido a 20 cm. de profundidad, con ayuda de un flotador lastreado construido con boyas.

Nota: Las mediciones se iniciaron con la inyección continua, durante 30 minutos, de 5 kg de colorante mezclados y homogenizados con aproximadamente 600 mCi de I-131 como radiotrazador y con agua, hasta completar un volumen de 220 litros en un recipiente adecuado.

Entre dos muestreos sucesivos, el bote mayor aguardaba fuera de la mancha de colorante para evitar la perturbación del cuerpo de agua marcado. Al momento del muestreo, este se aproximaba con una velocidad mínima en dirección perpendicular al eje mayor del elipsoide formado y con el detector sumergido.

A medida que el bote ingresaba al cuerpo de agua marcado, la concentración de I-131 aumentaba hasta alcanzar un valor máximo. En el punto de máximo conteo se tomaba la muestra para colimetría, registrándose además el valor de 1a actividad.

4. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES UTILIZADOS

- 01 Sistema Multisonda de Adquisición de Datos, equipado con 3 sondas de centelleo, computadora e impresora, con software para adquisición y procesamiento de información de radiotrazadores (para las medidas de dispersión)
- 01 Contador de radiación, con sonda de centelleo de NaI(Tl) (para la medición de T-90).
- 01 GPS
- 01 Monitor de radiación para cálculo de dosis y seguridad y protección radiológica
- 01 telepinza
- 03 Blindajes cilíndricos para el material radiactivo.
- 01 docena de jeringas descartables de 10 ml.
- 01 ciento de guantes descartables.

20 kg. de Rodamina B (para el total de campañas)
Sistema de inyección de trazador
01 batería de 12v.

5. CALCULOS Y RESULTADOS

5.1 PARA LAS MEDICIONES DE DISPERSION

Combinando las ecuaciones 2, 3 y 4 con la ecuación 6:

$$C_{max} = \frac{M}{(2\pi)^{3/2} (\sqrt{2D_x t} \cdot \sqrt{2D_y t} \cdot \sqrt{2D_z t})}$$

ó:

$$C_{max} = \frac{M}{(4\pi)^{3/2} \sqrt{D_x D_y D_z} \cdot t^{3/2}} \quad (17)$$

siendo M la masa inyectada de trazador por unidad de longitud. Considerando que se inyectó con un riego de H=5 m y que la masa inyectada es reemplazada por la actividad del trazador radiactivo (A), tendríamos:

$$C_{max} = \frac{A}{(4\pi)^{3/2} \sqrt{D_x D_y D_z} \cdot t^{3/2}} \quad (18)$$

que es la ecuación que emplearemos en nuestros cálculos para la concentración radiactiva máxima en el pico de la pluma trazadora.

Por otro lado, combinando las ecuaciones 8, 9 y 10, se obtiene:

$$\frac{a^2}{b^2} = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2} \quad (19) \quad \frac{b^2}{c^2} = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_z^2} \quad (20) \quad \text{y} \quad \frac{a^2}{c^2} = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_z^2} \quad (21)$$

y considerando las ecuaciones 2, 3 y 4 se obtiene:

$$\frac{a^2}{b^2} = \frac{D_x}{D_y} \quad (22) \quad \frac{a^2}{c^2} = \frac{D_x}{D_z} \quad (23) \quad \text{y} \quad \frac{b^2}{c^2} = \frac{D_y}{D_z} \quad (24)$$

Estas tres últimas ecuaciones se utilizan conjuntamente con la ecuación 18, para construir la tabla de resultados que se aprecia a continuación.

PRIMERA CAMPAÑA: Cuarto menguante (Marea Baja)

t (h)	C máx. CPS	Cmáx. mCi/m ³	$\sqrt{D_x D_y D_z}$	2a (m)	2b (m)	2c (m)	a/b	b/c	a/c	D _x (m ² /h)	D _y (m ² /h)	D _z (m ² /h)
0.644	2771	411	5.42	90	30	7.5	3.00	4.00	12.00	33.64	3.74	0.234
1.083	903	133	2.48	180	80	8.5	2.25	9.41	21.18	28.83	4.76	0.054
1.533	514	75	1.18	280	120	9.0	2.33	13.33	31.11	22.53	4.15	0.023
2.5	405	61	0.710	260	120	9.0	2.16	13.33	28.88	12.49	2.68	0.015

SEGUNDA CAMPAÑA: Cuarto Creciente (Marea Intermedia)

t (h)	C máx		$\sqrt{D_x D_y D_z}$	2a (m)	2b (m)	2c (m)	a/b	b/c	a/c	D _x (m ² /h)	D _y (m ² /h)	D _z (m ² /h)
	CPS	mCi/m ³										
1.105	531	76	2.415	150	65	6.70	2.308	9.785	22.388	25.00	4.72	0.0493
1.270	275	41	1.9605	170	70	8.50	2.429	8.235	20.000	20.85	3.53	0.0521
2,00	119	16	0.3871	240	110	9	2.18	12.22	26.66	7.96	1.67	0.0112

TERCERA CAMPAÑA: Luna Llena (Marea Alta)

t(h)	C máx		$\sqrt{D_x D_y D_z}$	2a (m)	2b (m)	2c (m)	a/b	b/c	a/c	D _x (m ² /h)	D _y (m ² /h)	D _z (m ² /h)
	CPS	mCi/m ³										
0.608	1880	270	5.91	80	50	7.0	1.6	7.14	11.428	22.682	8.860	0.174
1.042	643	93	2.63	160	80	8.0	2	10	20	22.285	5.571	0.056
1.656	236	35	1.31	190	100	8.5	1.9	11.76	22.35	14.573	4.036	0.029
2.55	100	14	0.6891	300	120	9.0	2.5	13.33	33.33	14.88	2.380	0.013

RESULTADOS CONSOLIDADOS

Combinando la ecuación 11 con las ecuaciones 2, 3 y 4, resulta:

$$V = 2p / 3 \sqrt{D_x D_y D_z} [2t \ln \left(\frac{C_{\text{máx}}}{C} \right)^2]^{3/2} \quad (25);$$

ecuación que da una idea del volumen total dispersado en función del tiempo. La tabla siguiente incluye los resultados de V luego de una hora después de la inyección del trazador.

Marea	t	D_x (m ² /h)	D_y (m ² /h)	D_z (m ² /h)	V (m ³)
Baja (1ra. Campaña)	0.644	33.64	3.74	0.24	513.91
	1.083	28.83	4.76	0.054	348.26
	1.533	22.53	4.15	0.023	274.93
	2.5	12.49	2.68	0.015	245.25
Intermedia (2da. Campaña)	1.105	25.00	4.72	0.049	279.07
	1.270	20.85	3.53	0.052	199.48
	2,00	7.96	1.67	0.011	43.68
Alta (3ra. Campaña)	0.608	22.68	8.860	0.174	454.59
	1.042	22.28	5.57	0.056	303.01
	1.656	14.57	4.036	0.029	181.35
	2.55	14.88	2.380	0.013	95.99

FACTORES DE DILUCIÓN DEBIDO AL DIFUSOR

Considerando que el difusor del futuro emisario submarino, contribuiría a mejorar las condiciones para una dispersión más efectiva, podemos aplicar la siguiente ecuación:

$$F_d = 10^{(t-t_0)m} \quad (26)$$

En donde:

F_d = Factor de Dilución

t_0 = tiempo base, h.

t = tiempo en el instante considerado

m = 4/3, para el caso de un Coeficiente de Difusión variando de acuerdo a la Ley de los cuatro -tercios.

En base a lo anterior y a los datos consignados, se obtiene la siguiente tabla de factores de dilución en función del tiempo transcurrido contado a partir del instante de inyección.

Campaña	t_0 (h)	$t - t_0$ (h)	F_d
1ra.	0	0	1
	0	0.644	7.21
	0	1.083	27.80
	0	1.533	110.53
	0	2.50	2152.78
2da.	0	0	1
	0	1.105	25.12
	0	1.27	48.98
	0	2.00	464.16
3ra.	0	0	1
	0	0.608	6.46
	0	1.042	24.49
	0	1.656	161.44
	0	2.55	2511.89

5.2 PARA LA DETERMINACION DEL T-90

Las muestras recolectadas fueron analizadas en un laboratorio local, obteniéndose los resultados que se indican en la tabla siguiente:

MUESTRA	TIEMPO t(min)	CONTEO (Cuentas/seg)	ACTIVIDAD ESPECÍFICA ($\mu\text{Ci}/\text{m}^3$)	CONTAJE DE BACTERIAS (N)				Factor de Dilución Física (C_t/C_0)	Factor de declinación corregido $S_v = (N_t/N_0)_{\text{correg}}$	
				Coliformes Totales (por ml.)		Escherichia Coli (por ml.)			Coli. Totales	E-Coli
				Con-taje (por ml.)	Factor de declinación (N_t/N_0)	Con-taje (por ml)	Factor de declinación (N_t/N_0)			
1	0	6800	2858.88	7000	1	450	1	1	1	
2	10	3650	1534.85	4000	0.5714	300	0.6667	1.86	0.307	0.358
3	20	2800	1177.57	1500*	0.2143	30*	0.0667	2.43	0.088	0.027
4	30	2100	883.34	6500	0.9286	400	0.8889	3.24	0.286	0.274
5	40	560	236.04	1500*	0.2143	250*	0.5556	12.11	0.0018	0.045
6	60	400	168.79	4000	0.5714	300	0.6667	16.94	0.034	0.039
7	80	320	135.16	3500	0.5000	30*	0.0667	21.15	0.230	0.0031
8	100	260	109.94	3000	0.4286	150	0.3333	26.00	0.016	0.012

9	130	165	70.01	2000	0.2857	20	0.0444	40.84	0.007	0.001
10	160	60	25.88	650	0.0929	5	0.0111	110.47	0.001	0.0001
11	190	30	13.27	150	0.0214	0	0	215.44	0.0001	0
12	220	12	5.70	0	0	0	0	501.56	0	0

(*) Datos aparentemente anómalos

6. DISCUSION DE RESULTADOS

Las curvas de isoconcentración obtenidos por monitoreo de la nube trazadora para las tres campañas de medición de la dispersión, se ilustran en los mapas de desplazamiento.

Para la primera campaña, se observó que la nube se orientó, como la primera, hacia el noroeste. Después de casi dos horas la nube se partió y fue dividiéndose en porciones más difíciles de identificar.

En la segunda campaña, la nube se orientó hacia el noroeste avanzando más o menos paralelamente a la costa. Después de una hora, fue ampliándose, con una buena dispersión transversal y longitudinal.

Para la tercera campaña, se observó que la nube avanzó hacia la costa, al punto denominado Isla Blanca, predominando la dispersión longitudinal.

En lo que respecta a la determinación de los Coeficientes de Dispersión, se observa que en los tres casos de marea estudiada predomina la dispersión longitudinal y esta sobre la vertical. La dispersión longitudinal tiende a disminuir ligeramente a medida que aumenta la marea, mientras que la dispersión transversal aumenta un poco más. En todos los casos la dispersión vertical es muy baja, por lo que el estudio se podría ajustar también en un modelo bidimensional.

Los valores de los coeficientes de dispersión tienden a disminuir con el tiempo en todos los casos.

En cuanto a los Factores de Dilución debido a la acción del futuro difusor, se observan valores confiables, aspecto que contribuirá a lograr una dispersión más efectiva cuando entre en operación el emisario submarino.

Los valores del T-90 resultantes son de aproximadamente 55 y 45 minutos para coliformes totales y escherichia coli respectivamente.

7. CONCLUSIONES

La utilidad de las derivaciones matemáticas utilizadas en este estudio, ha quedado demostrada con resultados lógicos y confiables, tanto para los Coeficientes de Dispersión como para las curvas de isoconcentración del desplazamiento de la nube trazadora, en las tres condiciones de marea estudiadas.

En las tres condiciones de marea estudiadas, la nube de trazador no se acerca a la zona de captura de mariscos sino por el contrario se desplaza hacia el noroeste en los casos de marea intermedia y de marea baja. En el caso de marea alta, la nube de trazador tiene un desplazamiento diferente ya que se orienta hacia la costa de la bahía, encontrándose con la "Isla Blanca" donde se estanca y presenta una dilución progresiva.

Teniendo en cuenta el punto de descarga propuesto para el futuro emisario, no hay riesgo de contaminación de la zona de captura de mariscos en las tres condiciones de marea estudiadas.

Es necesario realizar nuevas campañas para afinar la metodología para determinación del T - 90, evitando en lo posible muestras anómalas.

Las nuevas determinaciones deberán considerar, salinidad, temperatura, hora, oscuridad, etc.

BIBLIOGRAFIA

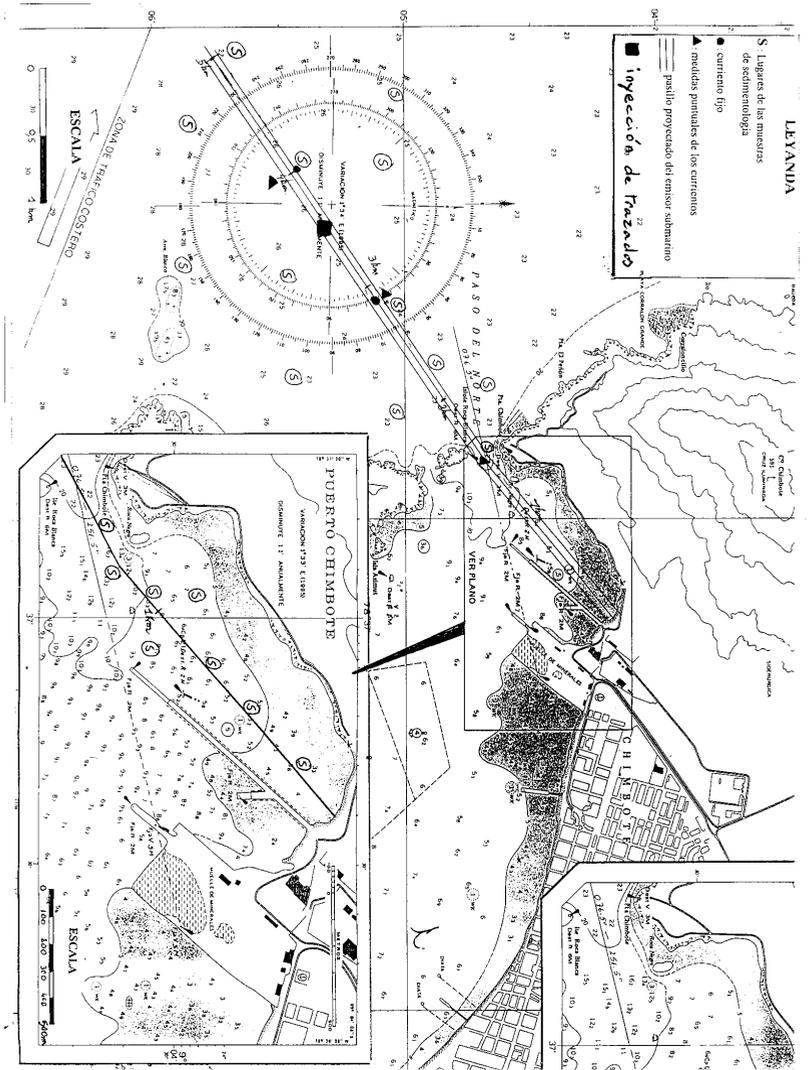
- Alex Diachisin. "Dye Dispersion Studies", M., Journal of the Sanitary Engineering Division.- Proceedings of the American Society of Civil Engineers.
- Behrens, H.Z. "Eine Verbesserte Nachweismethode fuer Fluoreszenzindikatoren und ihre Anwendung zur Feststellung von Fließwegen im Grundwasser" Geol. Ges. - Hannover - 1973.
- Brown and Caldwell Consulting Engineers. "Preliminary Design and Marine Survey" - Journal of Marine Environment
- Joao S.F. Roldao, Guilherme Goretkin. "Calibração de Modelos matemáticos Aplicáveis a Simulação do Transporte e Dispersão em Águas Costeiras. Uso de Tracadores Fluorescentes".
- Laidlaw, I.M.S. and Smart, P.L. "An Evaluation of Some Orange Fluorescent Dyes ", - Beitrage Zur Geologie der Schweiz - Hydrologie - 1982
- Menegassi, J. et Allii. "Previsão da Poluição devida ao Futuro Emissário Cloacal da Cidade de Porto Alegre", - Departamento Energia Nuclear - UFRJ - 1973.
- Projeto COPPETEC ET - 154138 - Relatório - COPPE / UFRJ. "Determinação dos Parâmetros que regem a dispersão das Águas de Refrigeração de Angra I, lançados na Enseada de Piraguara de Fora - 1982

ANEXOS

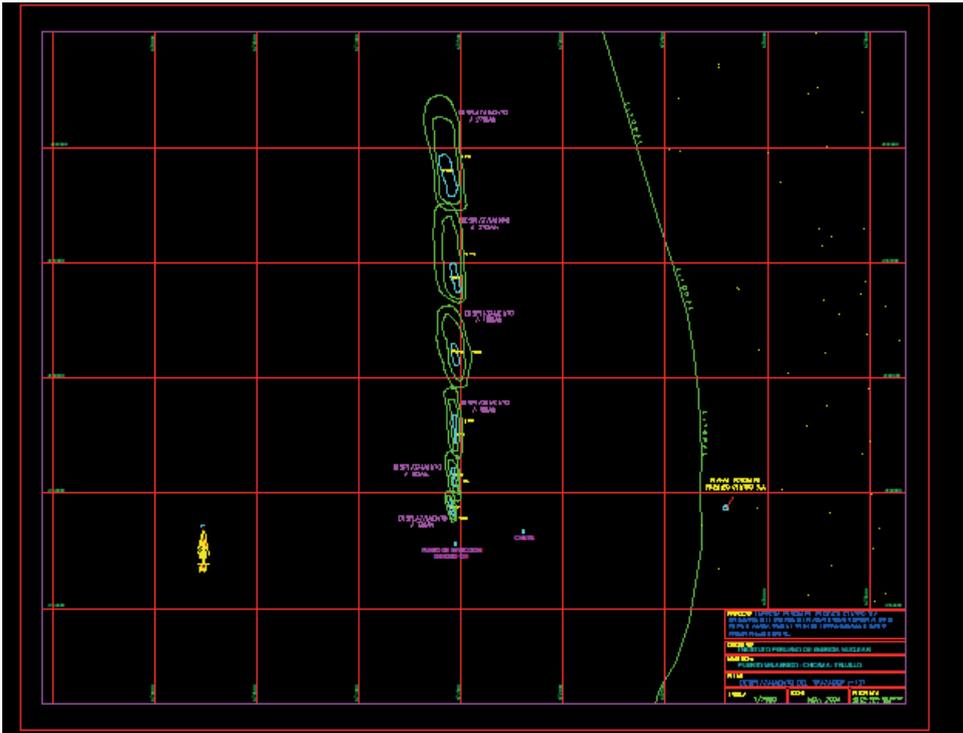
Anexo 1: Zona de los estudios de dispersión y T-90



Anexo 2: Proyecto del emisario submarino de la ciudad de Chimbote



Anexo 3: Curvas de dispersión de contaminante mostrando las líneas de isoconcentración



Anexo 4: Variación de las concentraciones máximas de I-131 en función del tiempo

