ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

“Determinación de los parámetros oceanográficos y ambientales para la colocación de un emisario subfluvial en el río guayas”

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

OCEANÓGRAFO

Presentado por:

María Auxiliadora Merizalde Ramos

GUAYAQUIL–ECUADOR

2008

DEDICATORIA

A mi madre que siempre ha sido mi fuente de inspiración y apoyo, a mis amigos y todos mis profesores por guiarme en mis años de universidad.

AGRADECIMIENTO

A JOSÉ CHANG, Ing.,M.Sc , Director de Tesis por su ayuda y colaboración para la realización y culminación de este trabajo

TRIBUNAL DE GRADUACION

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Héctor Ayón Jó

Ph.D David Matamoros	M. Sc José Chang
VOCAL PRINCIPAL	DIRECTOR DE TESIS

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponde exclusivamente: y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL “

(Reglamento de graduación de la ESPOL)

Ma. Auxiliadora Merizalde Ramos

RESUMEN

El uso del programa CORMIX como herramienta, ayuda a evaluar el comportamiento de las aguas residuales al momento de su ingreso en un cuerpo receptor, el programa permite escoger entre varios escenarios de descarga y diferentes tipos de contaminantes tales como: aguas residuales, aguas calientes, sólidos, etc.

Para la realización de la corrida del modelo es necesario definir el tipo de descarga así como las características del emisario y su localización dentro del cuerpo de agua, el programa ejecuta una serie de pasos de manera secuencial que deben ser completados en su totalidad.

El CORMIX posee seis modalidades de uso:

- ✓ CORMIX 1 para descargas simples
- ✓ CORMIX 2 para descargas Múltiples
- ✓ CORMIX 3 para descargas superficiales.
- ✓ DHYDRO para descargas altamente densas.
- ✓ CORJET para interacción cercana de las descargas.
- ✓ FFL para interacción lejana de las descargas

La importancia de los parámetros oceanográficos tales como corriente, marea y caudal radica en el papel que estos juegan en la dilución de un efluente, dependiendo de la intensidad de los mismos se dará un proceso

optimo o deficiente de mezcla. El Río Guayas según los resultados de las corridas del CORMIX está caracterizado por tener un gran poder de dilución, gracias a esto la mezcla del efluente se hace de manera total y en un periodo corto de tiempo.

Dentro de la presente tesis el parámetro ambiental realmente significativo es la densidad, este determina el comportamiento de acoplamiento o mezcla entre el cuerpo receptor y el efluente.

Para la corrida del programa se estableció al DBO5 como parámetro indicador de la calidad de agua, los valores de DBO5 fueron tomados de la tabla 12 del Texto Unificado de Legislación Ambiental.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE ANEXOS

Pág.

CAPITULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

1.1.1 ANTECEDENTES

El sector del Guasmo al sur de la ciudad comprende alrededor de 1220 hectáreas y una población aproximada de 200000 habitantes los cuales cuentan con contados servicios básicos tales como agua potable (de forma irregular), luz y unos cuantos canales de drenaje pluvial.

Desde el año 2006 la empresa INTERAGUA ha venido dotando a esta urbanización de servicio de alcantarillado. El último paso previo a la construcción de la planta de tratamiento de aguas negras "El Guasmo" es la colocación de un emisario subfluvial, que se encuentra drenando las aguas servidas en el Río Guayas en un sector cercano a las exclusas.

1.1.2 JUSTIFICACIÓN

En la medida que una urbe incrementa su población, la generación de desperdicios aumenta también. Uno de los principales problemas de contaminación a nivel mundial es el aporte de aguas residuales sin correcto tratamiento que van a dar directamente a cuerpos de agua dulce.

La colocación de un emisario subfluvial ayuda a dispersar la cantidad de aguas residuales cambiando el actual sistema de egreso en un solo punto por puntos múltiples a lo largo de su trayectoria. Para la correcta colocación de un emisario subfluvial se debe realizar estudios acerca de los parámetros de dilución más influyentes de la zona.

El modelo CORMIX 5.0 junto con los parámetros antes mencionados dará un estimado del comportamiento de las aguas residuales a lo largo de la zona de estudio y su posible impacto en la misma.

1.1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El vertido de aguas residuales a un ambiente produce un desequilibrio en el sector circundante al punto de emisión. Es importante por eso que las aguas residuales cumplan estándares para que el impacto no sea a gran escala, el propósito de la corrida del CORMIX es analizar el comportamiento del efluente proveniente del sector del Guasmo y su posible impacto en los alrededores.

1.1.4 HIPÓTESIS

Demostrar que el uso del modelo CORMIX permite establecer las distancias en las cuales la concentración de contaminantes disminuye hasta los rangos permisibles.

1.1.5 OBJETIVO GENERAL

Determinar la intensidad del impacto de un efluente en el Río Guayas

1.1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar en orden de importancia los parámetros oceanográficos y ambientales que influyen en la colocación de un emisario subfluvial.
- ✓ Determinar la trayectoria de los vertidos de agua residual y su influencia en la zona, con la ayuda del programa CORMIX.
- ✓ Determinar la capacidad de dilución del río Guayas ante emisiones de agua residual.

1.1.7 ESTRUCTURA DE LA TESIS

La tesis está estructurada de tal modo que el lector pueda tener una idea clara de que hace el modelo propuesto y como se aplica en un caso de estudio.

El capitulo 2 sirve para describir el lugar de estudio por medio de análisis de información de Climatología, Geología, Calidad de aire, Calidad de agua, Oceanografía y la Norma ecuatoriana de calidad ambiental y de descarga de efluentes.

En el capítulo 3 se presenta la descripción del modelo CORMIX, procesos de mezcla, regulaciones de los procesos de mezcla, entrada de datos, salida de datos.

El capitulo 4 resume detalladamente la metodología y criterios usados en el análisis, los valores y la recopilación de información y el análisis de los resultados.

Y finalmente el capitulo 5 trata acerca de las conclusiones y recomendaciones acerca del caso de estudio y la corrida del modelo.

CAPITULO 2

2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1.1 GENERALIDADES

La presente tesis tiene como objetivo recopilar información acerca de los parámetros más importantes para la colocación de un emisario subfluvial en el río Guayas en la zona de las exclusas. Es así que se toma como base los estudios realizados por el grupo Envirosoft (2005) y del ESPOL (2007) para INTERAGUA (concesionaria del sistema de agua, saneamiento y drenaje de Guayaquil).

La colocación del emisario subfluvial es un paliativo mientras se empieza la construcción de la planta de tratamiento de aguas negras “El Guasmo”, que se encuentra dentro del Plan Maestro de Alcantarillado de la ciudad de Guayaquil.

Área y Población Servida.

El área del proyecto comprende la zona habitada del sector Guasmo al sur de Guayaquil. La Figura 2.1 presenta el área del proyecto. El sector poblado del Guasmo, incluyendo las viviendas ubicadas sobre el estero, tiene un área aproximada de 1220 hectáreas. Con excepción de la Avenida 25 de Julio y otras avenidas principales que están pavimentadas, el resto de las calles no están pavimentadas. El Guasmo tiene servicios de agua potable y varios canales y tuberías para drenaje pluvial. El sector cuenta con servicio de luz eléctrica y teléfono. El servicio de agua a este sector es racionado sin continuidad.

Los estimados de población en El Guasmo a poblaciones futuras de los años 2005, 2020 y 2030 se estimaron en el Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario y corresponden a 197,760; 207,420 y 217,000 respectivamente.

El crecimiento poblacional futuro depende de muchos factores, tales como: empleo, transporte público, desarrollo económico, desarrollo de viviendas multifamiliares, etc. Se estima que la densidad promedio del área de estudio sea de aproximadamente 190 personas por ha. Los caudales promedio y pico del sector son aproximadamente 470 lps y 1060 lps, respectivamente.

Figura 2.1 sectores del proyecto El Guasmo

Fuente: Carta Topográfica
IGM NV-A3 3687 III
Guayaquil
1989

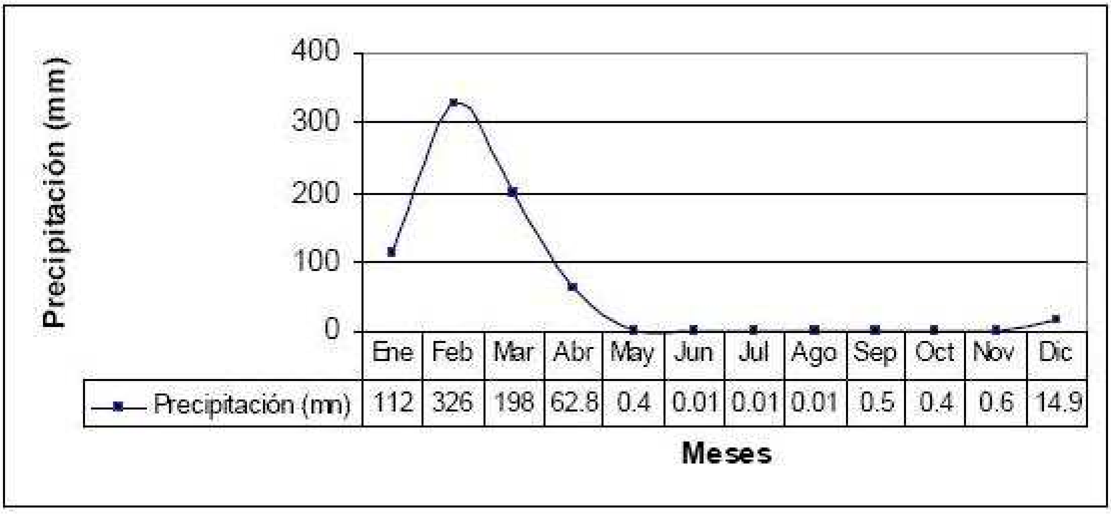
<u>Climatología.</u>

De acuerdo a la ubicación del proyecto, la zona de estudio está representada por la climatología de la ciudad de Guayaquil, el cual se clasifica dentro de la categoría de clima tropical megatérmico seco a semi-húmedo (Porrout et. al., 1995), en donde el total pluviométrico anual está entre 500 y 1000 mm entre diciembre y mayo. La estación seca es muy marcada y las temperaturas medias elevadas son superiores a 24º C.

Precipitación.

El patrón de precipitaciones en la zona consiste en descargas copiosas durante los primeros meses de año, en un período llamado "invierno" (época cálida y húmeda) seguido de un período sin lluvias conocido como “verano" (época fría y seca) que se desarrolla a partir del sexto mes. El patrón es alterado ocasionalmente por el desarrollo de un evento de escala global denominado El Niño, el mismo que provoca lluvias en los meses denominados secos, intensificando las precipitaciones en general. En la Figura 2.2, se presenta la precipitación mensual promedio de Guayaquil

Figura 2.2 Precipitación mensual promedio Guayaquil



Fuente: INAMHI 2004

Condición El Niño vs. Precipitaciones.

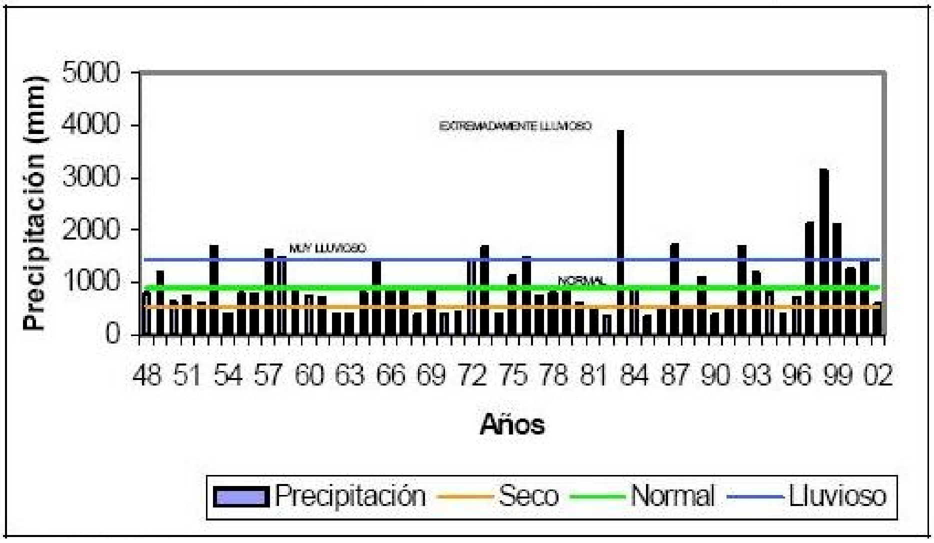
Una de las mayores alteraciones en el sistema océano-atmósfera en la región Indo-Pacífico es la oscilación del sur y relacionada con ella frente a la costa sudamericana el fenómeno El Niño: la comunidad científica mundial agrupa a estos dos eventos bajo un solo término: evento ENOS (El Niño Oscilación del Sur).

El Niño ha sido catalogado como un evento atípico, acíclico pero recurrente, pues sus manifestaciones no siempre tienen el mismo patrón de comportamiento ni se presentan en un determinado periodo, sin embargo, modelos matemáticos de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano de los Estados Unidos (NOAA) sugieren que la presencia de esta anomalía es de entre 7 u 8 años. El Niño describe una anomalía océano – atmosférica de gran escala generada en el Pacífico tropical occidental, caracterizada fundamentalmente por el flujo no periódico de aguas extremadamente cálidas (28 °C – 30 °C) en el Pacífico tropical oriental, particularmente en Ecuador y Perú. Estas invasiones de agua anormalmente cálidas producen dramáticos cambios en los regímenes meteorológicos, oceánicos y biológicos. En los últimos 40 años (1963-2003) han ocurrido 7 eventos ENOS: 1965, 1972-73, 1976, 1982-83 (el de mayor intensidad), 1987, 1992 y 1997-98.

En términos oceanográficos se puede considerar a este evento, como la respuesta dinámica del Océano Pacífico tropical a las fluctuaciones de los sistemas de presión en la atmósfera y por tanto del régimen de vientos. En condiciones normales, la diferencia de presión entre el centro de alta presión del Pacífico sur-oriental y el centro de baja presión de Indonesia y norte de Australia, gobiernan los vientos alisios ecuatoriales que soplan hacia el oeste siendo éstos más fuertes, cuanto mayor es la diferencia de presión entre los dos centros.

Durante los eventos ENOS, la acumulación de agua cálida a lo largo de la costa ecuatoriana es excesiva y el litoral ecuatoriano sufre fuertes precipitaciones debido principalmente a un anormal desplazamiento hacia el sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT); esto produce un incremento desmesurado de las precipitaciones. En la Figura 2.3, se presenta la precipitación de Guayaquil en los últimos 54 años, (1948–2002), se puede observar que las mayores lluvias se presentan en el año 1983, y 1998, que coinciden con los eventos El Niño del 82 – 83 y del 97 – 98. Se puede observar también que el rango que se considera normal está por debajo de los 1000 mm de precipitación anual.

Figura 2.3 Precipitación mensual promedio Guayaquil

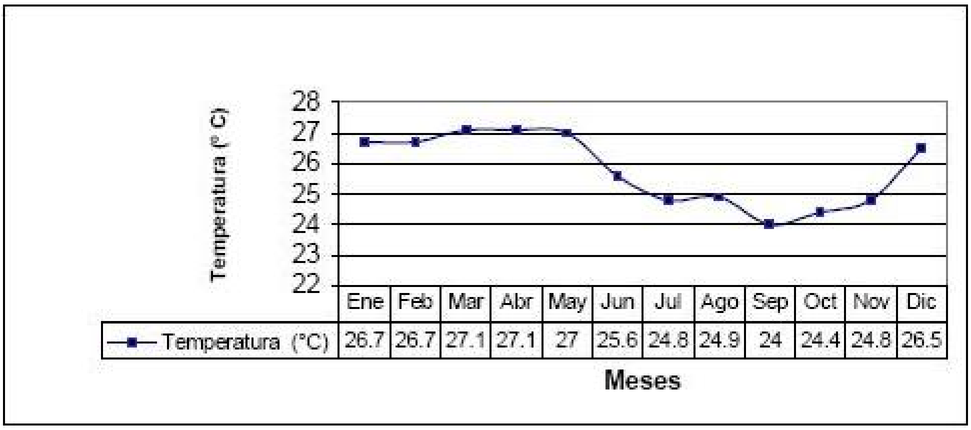


Fuente: INOCAR 1998

<u>Temperatura.</u>

La época seca o de los meses fríos (junio - diciembre) tiene temperaturas medias de 23° C a25° C y en la temporada lluviosa época cálida (enero - mayo) se alcanzan temperaturas entre 26° C y 28° C. La temperatura media anual del aire es de 25.5°C. Los valores extremos alcanzan 37°C y 17.5°C. En la Figura 2.4, se presenta la curva promedio de temperatura de la ciudad de Guayaquil.

Figura 2.4 Temperatura mensual promedio Guayaquil

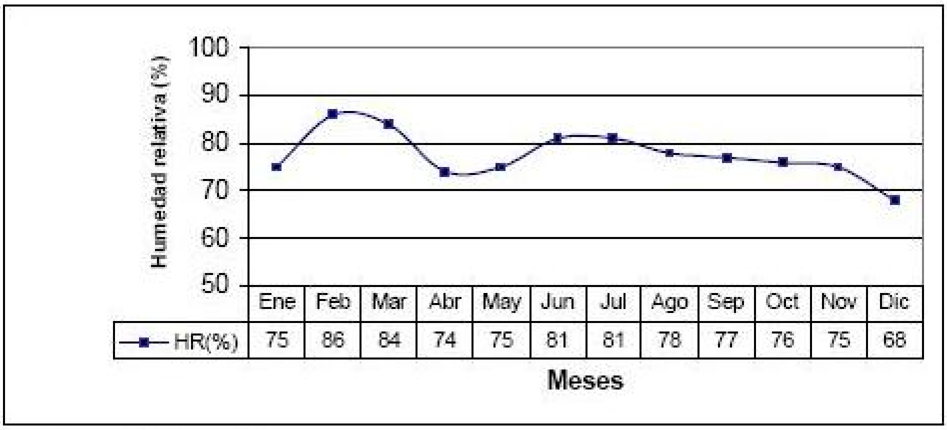


Fuente INAMHI 2004

Humedad relativa.

El área geográfica tiene un alto índice de evaporación y la humedad relativa registra valores del orden del 80%, que se incrementa en temporada lluviosa, en la Figura 2.5 se presenta la curva de humedad relativa.

Figura 2.5 Humedad relativa promedio Guayaquil

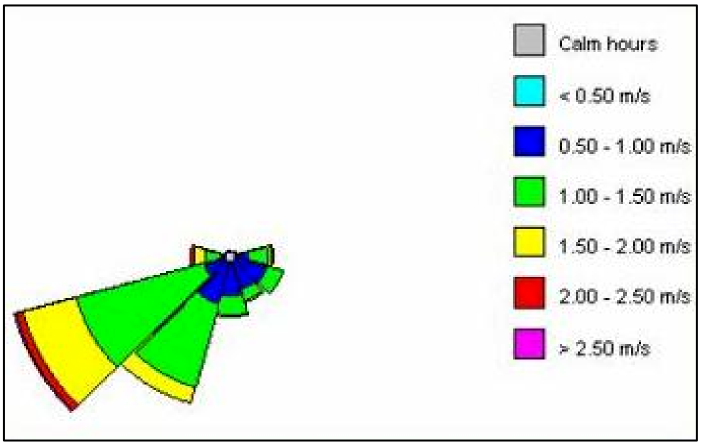


Fuente INAMHI 2004

Viento.

En cuanto a los vientos son de baja intensidad, los registros de largo y corto periodo, indican que la dirección predominante de los vientos es del suroeste, con una velocidad de entre 1.5 a 3.0 m/s máximo (3 a 6 nudos). Figura 2.6.

Figura 2.6 Dirección y fuerza del viento Guayaquil



Fuente: EFFICACITAS 2003

2.1.2 GEOLOGÍA DE LA ZONA

Aspectos geológicos generales

El sistema estuarino completo ha sido formado por las fuerzas morfogénicas después de la transgresión Flandrian, la que terminó 5000 a 6000 años antes. Poco es conocido, de evidencia geológica o informaciones históricas sobre el desarrollo durante este período; aparte de algún núcleo más antiguo, esta área es geológicamente muy joven, y ha sido formada por los mismos procesos morfogénicos que pueden ser observados actualmente.

La unidad geológica se encuentra formando parte de la placa continental que desciende mar adentro formando la plataforma oceánica, la proximidad a la zona de subducción submarina con la placa de Nazca convierten toda el área de alto riesgo sísmico, lo que se reafirma con el registro histórico del Observatorio Astronómico de Quito.

La zona de estudio está inscrita en el complejo deltaico - estuarino del río Guayas (S. Benítez, 1974), consecuentemente su estructuración litológica se debe a las depósitos relacionados ya sea a las transgresiones o a las regresiones, por lo que es de esperarse una complejidad en la misma como sucede en este tipo de medio sedimentario. Geológicamente el área es muy sencilla, resultando de la acumulación de sedimentos de estuarios cuaternarios, que a la presente han sido recubiertos por la actividad antrópica que además le ha afectado indiscriminadamente (rellenos no controlados principalmente).

Estratigrafía

Según lo indicado, se puede establecer por las cercanías de los afloramientos cretácicos y terciarios de los declives occidentales de la cordillera de los Andes

Litología y Estructuras

Como se ha manifestado, la estructuración del área está relacionada a la configuración deltáica en la que el río Guayas ha sido y es el responsable de importantes aportaciones de sedimentos por arrastre y suspensión, con una participación minoritaria en la actualidad por parte del sistema de canales del estuario.

Importantes aportaciones de arena acarreados por el río Guayas dieron lugar a la formación tanto de barras de punta como de canal que fueron paulatinamente aislando el Estero Salado de la influencia directa del agua dulce. De esta manera se permite el surgimiento de un medio sedimentario de baja energía, sucediéndose así la lenta acumulación de grandes cantidades de depósitos periódicos de materiales finos, limos y arcillas colmando así el área hasta su transformación en la actual llanura de inundación, superficie en la cual se ha dado la actual cubierta de naturaleza orgánica que sustenta la mayoría de las estructuras sobre ella levantadas. Por otro lado, la cercanía de la cordillera de los Andes, resulta la fuente indiscutible de las aportaciones detríticas groseras, que sin lugar a dudas conformaron los depósitos coluviales que parcialmente constituyen el basamento de la acumulación cuaternaria.

Por consiguiente, básicamente y litológicamente el área de estudio está constituida por horizontes de arena, limos y arcillas recubiertos por lodo (sedimentos de naturaleza orgánica), con grados de coherencia y comportamiento geomecánicos relativos a su respectiva granulometría y mineralogía. Estructuralmente el área no reviste importancia, pues son acumulaciones horizontales cuaternarias (recientes), sin perturbación alguna, sus respuestas a cualquier evento sísmico son relativas a sedimentos, es decir a materiales no consolidados.

2.1.3 CALIDAD DE AIRE.

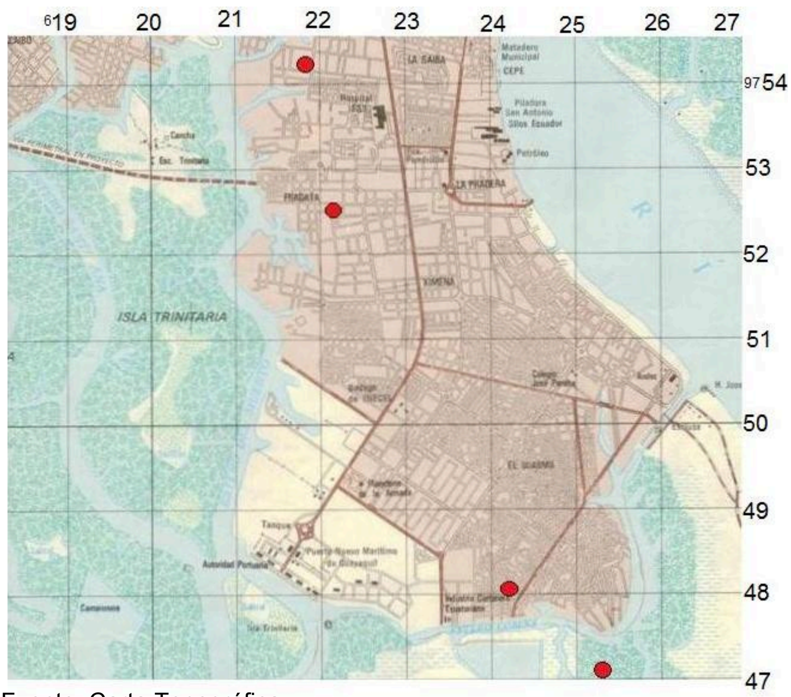
Las características de las emisiones a la atmósfera en la zona del proyecto están influencias por las emisiones de fuentes fijas (chimeneas) de las plantas industriales existentes en el Guasmo y por las emisiones de automóviles.

Para verificar las características de la calidad del aire, se toman en cuenta los datos obtenidos por la ESPOL en el año 2000, que determinaron los niveles de concentración de las especies contaminantes en el aire durante períodos cortos (15 min.), se utilizaron tubos Dráger y una bomba de absorción de gases. El número de carreras aplicadas para el bombeo del aire puede variar de acuerdo a las concentraciones iníciales obtenidas y al rango de concentración establecido para cada tubo. El cambio de color del indicador dentro del tubo, depende de las especies reaccionantes y del principio de reacción que se utiliza para cada especie.

Para la determinación de CO, NOx y S02, se tomaron en consideración zonas abiertas (no áreas cerradas). La concentración de CO aumenta en lugares con poca ventilación atmosférica y la inhalación de este gas reduce el flujo de oxígeno en el sistema circulatorio y puede ocasionar problemas en el sistema nervioso. Si se inhala NOx su acumulación en el cuerpo produce inflamación de las vías respiratorias. El dióxido de azufre (S02) es un contaminante gaseoso soluble en agua que al combinarse con el vapor de agua forma, ácido sulfúrico que contribuye a la formación de lluvia ácida. Debido a la humedad de las mucosas nasales y del tracto respiratorio, la inhalación de este gas produce inflamación e irritación de estas mucosas.

En la Figura 2.7 se señalan las estaciones de muestreo donde se efectuaron las determinaciones de concentración de las especies contaminantes y son los que se indican a continuación:

Figura 2.7 puntos de muestreo calidad de aire



Fuente: Carta Topográfica
IGM NV-A3 3687 III
Guayaquil
1989

La ubicación de estas coordenadas, se detallan en la Tabla 1, así como los valores de concentraciones de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), dióxido de azufre (SO2) y los valores permisibles para una concentración máxima en 24 horas, de acuerdo al Anexo 4 “Norma de Calidad del Aire Ambiente”, del Libro VI “Calidad Ambiental” del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.

Tabla 1 Datos de monitoreo de calidad de aire

Estación	Coordenadas		Concentración (mg/m^3)			Parámetros ambientales	
	Norte m	Este m	CO	NOX	SO_2	Humedad relativa %	Temperatura °C
E1	9753523	621607	8	Negativo	< 0,01	68	28
E2	9750998	623006	10	Trazas	0,01	64	26
E3	9748327	623819	5	Negativo	Negativo	70	28
TULA			40	0,15	0,35		

Fuente: ESPOL

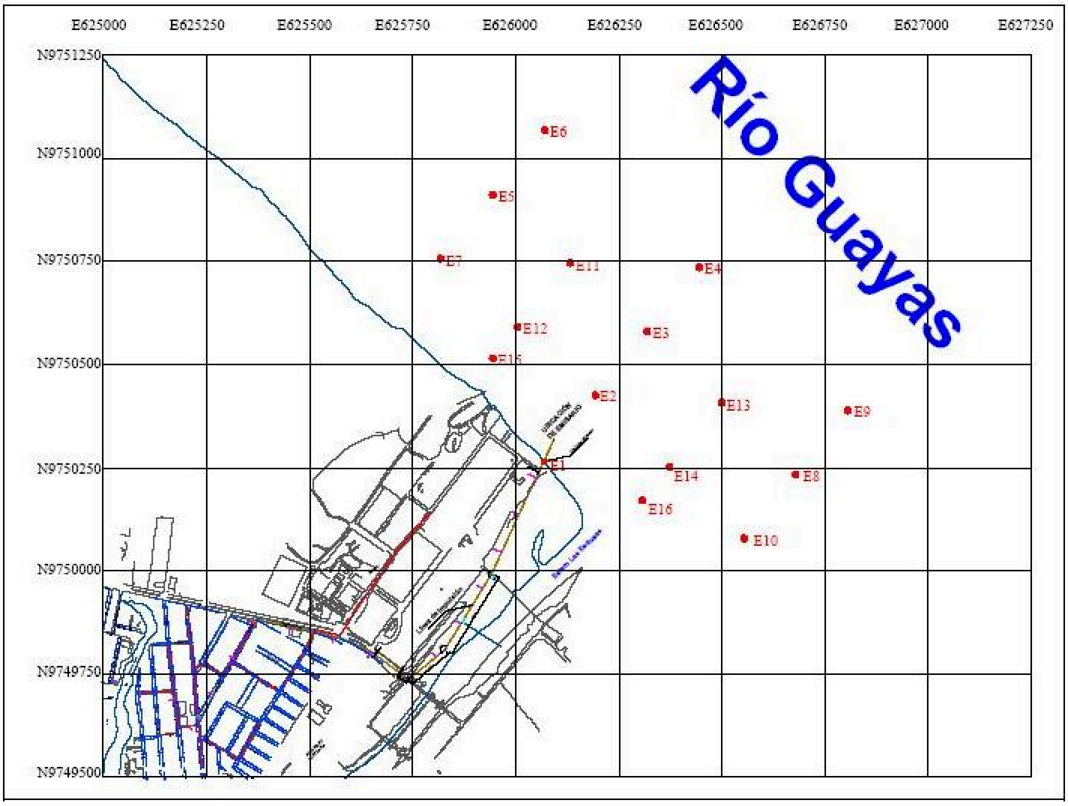
Como se puede apreciar todos los valores de Concentración de los gases, se encuentran muy por debajo de la norma ambiental. En lo que tiene que ver con el material particulado PM10, el límite permisible es de 0,150 mg/m3 como valor máximo en 24 horas y en la estación E3, existe una concentración de 0,045 mg/m3. (Envirosoft 2005)

2.1.4 CALIDAD DE AGUA

Para caracterizar el componente Calidad de Agua y Sedimento del área de estudio, se diseñó un plan de muestreo que abarcó la zona de interés en el Río Guayas, a la altura de las esclusas.

Se empleó como base para la ubicación de las estaciones, principalmente la dirección y ubicación que el emisario tendrá en el Río Guayas. Con este criterio se estableció un número de 10 estaciones (15 de diciembre de 2006), 4 ubicadas en la línea de trazado de la tubería y las 6 restantes hacia ambos lados del emisario.

Figura 2.8 Puntos de muestreo calidad de agua



Fuente ESPOL 2006

Temperatura

Los valores promedio de temperatura durante todo el estudio oscilaron entre 27,3º C y 29º C; interpretándose que este sería el rango normal para este parámetro en el área de estudio. Se observa además que en el último ciclo (monitoreo de enero/12/07) se presenta estratificación de la columna de agua en algunas de las estaciones.

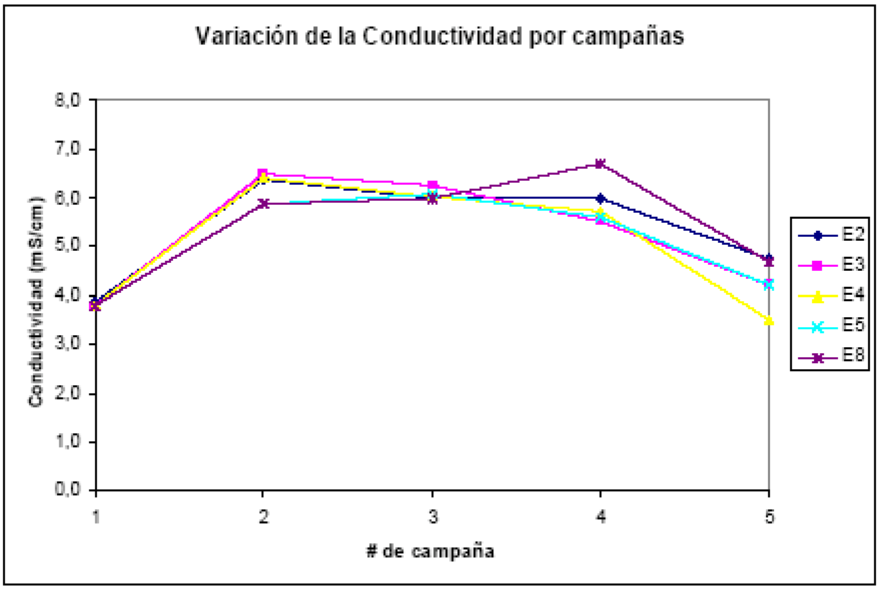
Salinidad

La salinidad para todas las estaciones presentó valores que oscilaron entre 1,3 y 3,5 $^{0}/_{00}$ para la mayoría de los ciclos monitoreados, el valor promedio de todas las lecturas fue de 2,8 0/00. Algunos de los valores menores observados correspondieron al monitoreo en reflujo de marea.

Conductividad y sólidos disueltos totales

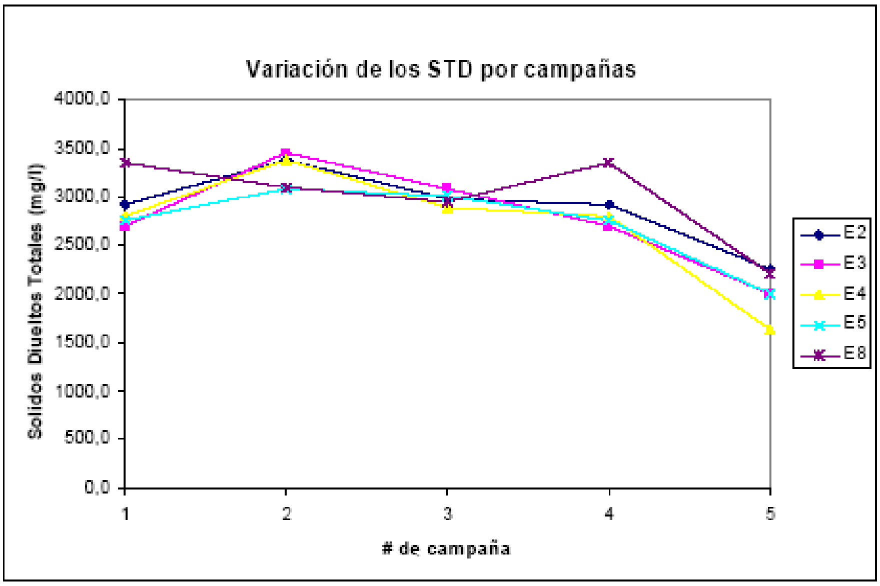
Estos parámetros están químicamente relacionados, el rango de los valores para Conductividad es 2,77- 7,75 ms/cm y 1280-3470 mg/l para los SDT. En las Figuras 2.9 y 2.10 se representa el promedio de los valores para cada estación por cada campaña, considerando los datos de la fase de flujo de la marea de los gráficos resultantes se verifica la relación entre estos parámetros y su limitada variabilidad.

Figura 2.9 Variación de la conductividad



Fuente: ESPOL 2006

Figura 2.10 Variación de los STD



Fuente: ESPOL 2006

Oxígeno disuelto

Debe señalarse que de acuerdo a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua, los criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas y de estuario establecen que el oxígeno disuelto para agua marina y de estuario debe ser no menor al 60% y no menor a 5 mg/l.

Las estaciones que presentaron los valores promedio menores fueron E10, E8, E4 y E2, siendo la concentración de O_2 en ellas menor a 4,68 mg/l. Las estaciones E5, E3, E7, E15, E16, E13, E14, presentan valores promedio de O_2 entre 4,7 y 4,99 mg/l.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)

Este parámetro fue determinado en 8 de las estaciones, en los dos últimos ciclos de muestreo, correspondiendo cada ciclo a una fase de la marea (flujo y reflujo). La identificación de los sitios (para su ubicación véase la Figura 2.8) y los resultados se presentan en la Tabla a continuación.

Tabla 2 Concentración de DBO_5

Parámetro / Estación	E1	E2	E3	E4	E5	E8	E15	E16
DBO_5 (mg/l)-Flujo	16	10	8	8	11	11	11	11
DBO_5-Reflujo	4,01	---	---	8,41	---	---	2,44	3,15

Fuente: ESPOL 2006

Los resultados correspondientes al estado de reflujo de la marea (4to ciclo de monitoreo) corresponden a los valores de la columna de agua para esas estaciones. El rango de variación de la DBO fue de 8 y 16 mg/l.

Coliformes fecales y totales.

Las estaciones críticas, de acuerdo a estos resultados, considerando el nivel superficial, son E16, E2, E1, E5 y E15 (para su ubicación véase la figura 2.8), en ellas se encontró mayor cantidad de coliformes fecales. Es notable sin embargo el hecho de que los coliformes fecales y totales se encuentren presentes a lo largo de toda la columna de agua.

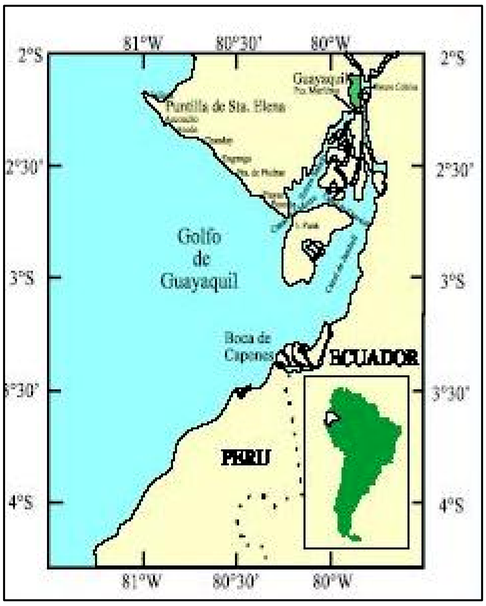
2.1.5 OCEANOGRAFÍA

Ubicación y descripción del Estero Cobina

El golfo de Guayaquil es un complejo geomarítimo del litoral ecuatoriano con una longitud de aproximadamente 120 km.

El golfo de Guayaquil se divide en dos estuarios, uno exterior por fuera de la Isla Puná, y un estuario interior que penetra en el litoral ecuatoriano. En este segundo estuario se definen dos sistemas hídricos: el estero Salado y el río Guayas.

Figura 2.11 Golfo de Guayaquil



Fuente: CAAM 1997

El estuario exterior se conecta por el canal El Morro con el estero Salado, el cual constituye la hidrovía de acceso al puerto marítimo al Sur, que se encuentra al sur de la ciudad de Guayaquil. El estero Cobina es uno de los muchos canales que existen en el sistema hídrico del estero Salado

El estero Cobina empieza desde el sector del muelle granelero de Autoridad Portuaria de Guayaquil y termina en el sector de las Esclusas; tiene un ancho aproximado de 165 m hasta el sitio del estero que se enfila a las esclusas (canal estero Cobina – río Guayas), en este canal el ancho disminuye a un promedio de 130 m.

Figura 2.12 Estero Cobina

Fuente: Carta Topográfica
IGM NV-A3 3687 III
Guayaquil
1989

Este canal (estero Cobina – río Guayas) o también conocido como canal de las Esclusas fue construido en el año 1961, como parte del proyecto integral de puerto marítimo de Guayaquil. El canal en un inicio era similar al estero Lagarto y no se conectaba con el río Guayas, se conectó cortando el suelo y luego dragando se configuró el canal con dragado. La cámara de las esclusas, está compuesta por dos compuertas, una hacia el estero Cobina (Compuerta Sur) y la otra hacia el río Guayas (compuerta norte). De acuerdo a los registros técnicos de la Autoridad Portuaria de Guayaquil, las Esclusas fueron construidas para compensar la diferencia de altura de agua entre el río Guayas y el estero Cobina. (Envirosoft 2005)

Corrientes

A nivel superficial en flujo el promedio de velocidades es de 0.089 m/s y en los niveles de fondo el valor promedio es de 0.063 m/s. A nivel superficial en reflujo el promedio de velocidades es de 0.10 m/s, y en los niveles de fondo el valor promedio es de 0.064 m/s.

En el estado de reflujo la velocidad máxima en superficie es de 1.54 m/s, en las corrientes de fondo el mayor valor es de 1.35 m/s. De igual manera, se puede ver que la velocidad de las corrientes es menor cerca de las esclusas en la superficie y en el fondo.

La dirección predominante de la corriente en superficie está entre 90º-135º (ESE) y 270º - 315º (WNW). Esto indica una casi total concordancia del flujo y el reflujo con la dirección del canal. En otras palabras, la corriente está fuertemente relacionada al cauce del río. (ESPOL 2007)

Mareas

La onda de marea sufre una deformación gradual conforme ingresa al estero, por lo que la marea es mayor en la Playita con 0.25 metros con 42 minutos de anticipación respecto a las estaciones de las Esclusas (Envirosoft 2005).

<u>Batimetría</u>

Los datos determinados para los puntos de control y de apoyo a la batimetría están referidos al Nivel Medio de Bajamares de Sicigias (MLWS), que es el nivel de referencia para la elaboración de las cartas náuticas en el Ecuador. Estos datos fueron tomados de la tabla de marea para el río Guayas de la fecha 23 de Diciembre del 2006 publicada por INOCAR. Además las coordenadas de los puntos posesionados están referidas al Datum PSAD-56.

Equipos utilizados

Para el posicionamiento del control horizontal del punto de apoyo al sondeo se realizó partiendo de los puntos señalados por el personal de INTERAGUA y que son los siguientes:

Estación 147	Y = 9750211.298	X = 626059.084
Estaca	Y = 9750221.188	X = 626069.378

Para el control vertical se niveló desde la placa ubicada en la esquina de la garita de ingreso, cuya altitud es 4.753 m. Se realizó la Topografía del sector con una estación total marca: SPECTRA PRECISION, determinado el punto de apoyo al sondeo (PAS) ubicado en un sector rellenado por la compañía ANDEC, cuyas coordenadas planas son:

EST.	NORTE	ESTE
P A S	9750297.903 N	626058.903 E

Para la ejecución de la batimetría se utilizó un equipo Ecosonda Rayhteon 719-C, con registro continuo, a bordo de una canoa a motor que procurando seguir líneas paralelas cada 5 y 10 metros. En total de líneas fueron 5, y 3 de comprobación.

Para el posicionamiento de la embarcación se utilizó la estación total SPECTRA PRECISION y se determino el estran de la playa, con topografía adicional.

Los valores finales de las profundidades fueron corregidos por efectos de marea, para referirlos al MLWS.

2.1.6 NORMA ECUATORIANA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES

La norma ecuatoriana de calidad ambiental y de descarga de efluentes esta creada con la finalidad de proteger el medio ambiente, especialmente el recurso agua. Se encarga de definir límites, prohibiciones y disposiciones además de criterios de manejo de recursos, define también la calidad que deben tener los efluentes para sus distintos usos y los métodos y procedimientos para determinar su contaminación.

Debido a que la presente tesis trata acerca de la colocación de un emisario subfluvial y los aportes de este a un cuerpo de agua dulce, se trabaja con el estándar de DBO_5 (100 mg/l) tomado de la tabla12 del anexo 1del libro VI del

TULAS, el Modelo CORMIX requiere este dato para la observación del cumplimiento de las normas de efluentes.

CAPITULO 3

3.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA HERRAMIENTA UTILIZADA: CORMIX 5.0GTR (THE CORNELL MIXING ZONE EXPERT SYSTEM) HYDRODYMANIC MIXING ZONE MODEL

3.1.1 INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas que surge en las urbes del mundo es la dificultad de la disposición de los desechos que se producen cotidianamente, entre ellos las aguas residuales, es así como cada ciudad está en la obligación de crear un sistema de recepción y tratado de aguas.

Ecuador avanza en obras sanitarias junto con el crecimiento de la población.

Las aguas residuales son tratadas por varios métodos para eliminar el mayor porcentaje de contaminantes antes de ser expulsadas a un cuerpo de agua dulce, pero esta nunca será cien por ciento pura. Es allí en donde radica la importancia de la capacidad de dilución que tenga un cuerpo receptor y del tipo de emisario que se coloque para realizar el desfogue de las aguas.

THE CORNELL MIXING ZONE EXPERT SYSTEM (CORMIX 5.0GTR) es un sistema de software comprensivo para el análisis, predicción, y diseño de salidas de zona de mezcla, resultado de la descarga de agentes contaminantes líquidos en diversos cuerpos de agua. Contiene modelos matemáticos además de interfaces inteligentes para la creación y diseño de modelos de descargas.

El CORMIX está enfocado en el asesoramiento del impacto ambiental y las medidas de regulación. Se desarrolló bajo algunos acuerdos de cooperación financiera entre la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. E.P.A.), la oficina de recuperación de los Estados Unidos, la Universidad de Cornell, el Instituto de pos grado de Oregón, la universidad del estado de Karlsruhe, la universidad Portland, y MixZon Inc. durante el período 1985-2007.

CORMIX es una herramienta de análisis recomendada como clave para la elaboración de documentos sobre permisos para fuentes de descarga y recepción de aguas de industrias, municipalidades, termoeléctricas entre otros.

El énfasis principal del sistema está en predecir la geometría y las características de la dilución inicial, tanto como la conformidad con las regulaciones de calidad de agua con las que son medidas los vertidos, también predice el comportamiento de la pluma de la descarga en grandes distancias.

CORMIX contiene 4 modelos base de simulación hidrodinámica y 2 modelos de la simulación de post-procesamiento:

- 1. Modelo de simulación para descargas simples o un solo difusor (CORMIX1).
- 2. Modelo de simulación para multipuertos o varios difusores sumergidos (CORMIX2).
- 3. Modelo de simulación para descargas en superficie flotantes. (CORMIX3).
- 4. Modelo de simulación para densidades muy altas y/o descargas de sedimento de un solo difusor, multidifusores sumergidos, o descargas en superficie laterales dentro de ambientes costeros no limitados (DHYDRO).
- 5. Modelo de simulación de Post-procesamiento para detalles de zona de mezcla cercana para un solo difusor sumergido y difusores múltiples en ambientes no limitados (CORJET).
- 6. Modelo de simulación de Post-procesamiento para análisis de plumas a grandes distancias (FFL).

La metodología básica del CORMIX permite a los usuarios hacer predicciones detalladas de las condiciones de la zona de mezcla, controlar en conformidad con las regulaciones, e investigar fácilmente el funcionamiento de los diseños alternativos de las descargas sin la necesidad del entrenamiento especializado o extenso en hidrodinámica

La metodología básica del CORMIX confía en la asunción de ambientes en condiciones constantes. Sin embargo la versión actual contiene rutinas especiales para el uso en ambientes altamente inestable, tales como condiciones de revocación de marea donde ocurre acumulación transitoria y recirculación de agentes contaminantes y los efectos que pueden ocurrir.

CORMIX contiene las siguientes herramientas:

Pre-procesamiento:

- CORDATA (herencia del DOS versión entrada de datos)
- CORSPY (visualización tridimensional interactiva de descargas),
- CORGIS (datos de entrada de las cuencas de USEPA (50))

Post-procesamiento:

- CORJET (modelo integral de emisiones flotantes de Cornell)
- FFL (Localizador de Plumas lejanas)
- CORVUE (visualizador grafico interactivo tridimensional de mezclas)
- CORDOCS (sistema en línea de documentación y de ayuda al usuario)
- CORSENS (análisis automático de la sensibilidad)

- CORTIME (análisis y serie de tiempo para el acoplamiento con modelos de circulación Costera lejana)

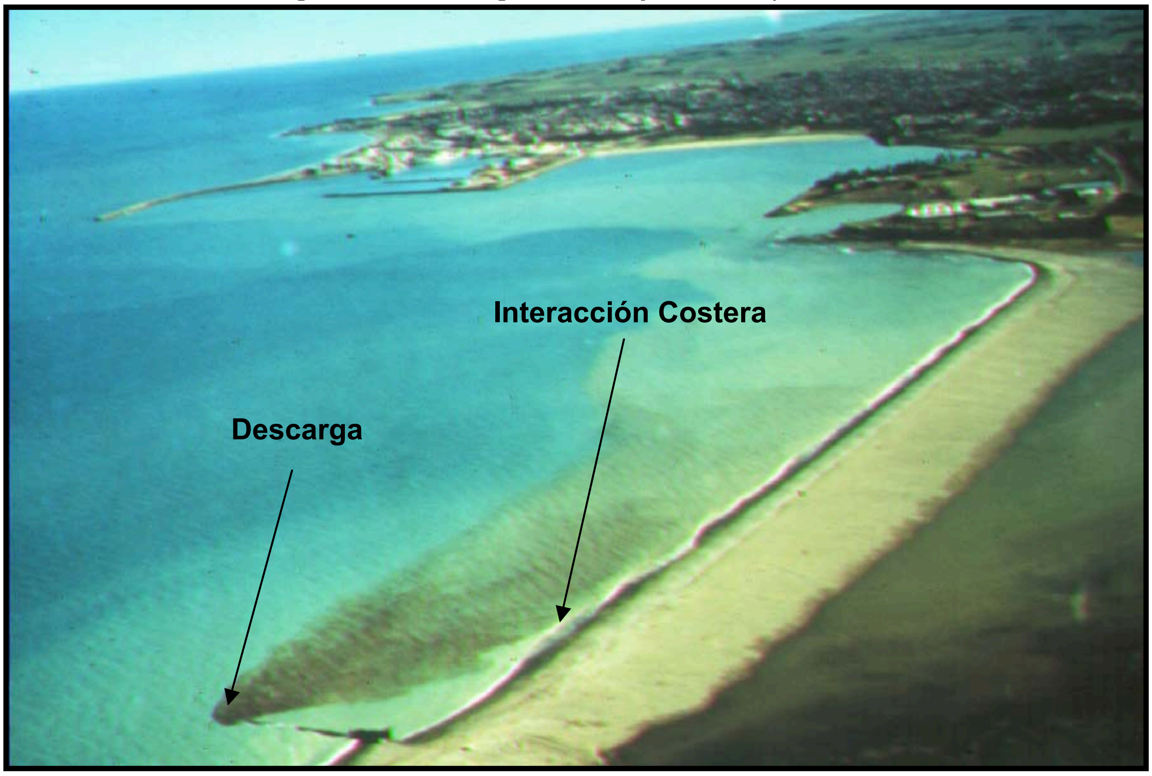
CORMIX emplea un sistema experto de reglas base para tamizar la entrada de datos y seleccionar el apropiado modelo hidrodinámico para simular la mezcla física y procesos contenidos dentro de una descarga dada con interacción del ambiente.

3.1.2 PROCESOS DE MEZCLA Y REGULACIONES EN LA ZONA DE MEZCLA.

Al realizar el trabajo de diseño y estudios predictivos en problemas de descarga de efluentes, es importante la clara distinción entre los aspectos físicos y los procesos de mezcla hidrodinámicos, eso determina el destino y la distribución de los efluentes, así como la elaboración administrativa de Regulaciones para la zona de mezcla, que intenta prevenir cualquier impacto dañino del efluente en el ambiente acuático y sus usos

Procesos hidrodinámicos de mezcla

Figura 3.1Descarga costera y difusión pasiva.



Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
CORMIX 5.0gtr
2007

El comportamiento de mezclado de cualquier descarga de aguas residuales es gobernado por la interacción de las condiciones ambientales en el cuerpo receptor y por las características de la descarga. Las condiciones ambientales del cuerpo receptor, sea este un arroyo, río, lago, reservorio, un estuario o aguas costeras, son descritas por su geometría y sus características dinámicas. Parámetros geométricos importantes incluyen: la forma del fondo, secciones representativas verticales y batimetría, especialmente en la descarga en áreas circundantes.

Las características dinámicas son dadas por la velocidad y distribución de la densidad en el cuerpo receptor, sobre todo en las descargas cercanas. En muchos casos, estas condiciones pueden ser tomadas como de estado estacionario con poca variación porque la escala de tiempo para los procesos de mezcla están generalmente en el orden de minutos hasta quizás una hora. En algunos casos, flujos notablemente influenciados por las mareas y las condiciones del ambiente pueden ser altamente cambiantes y la asunción de condiciones de estado estacionario puede ser inadecuada. En este caso, la dilución eficaz de la pluma de descarga se puede reducir relativamente a condiciones del estado constante. Las condiciones de la descarga se relacionan con la geometría y características del flujo del difusor sumergido.

Para una sola descarga se necesita el diámetro del difusor, su elevación sobre el fondo y su orientación proporcional a la geometría; para el difusor múltiple es necesario conocer el arreglo de las instalaciones de los puertos individuales a lo largo de la línea del difusor, la orientación de la línea del difusor, y los detalles de la construcción representadas en características geométricas adicionales; y para descarga en superficie la sección representativa y orientación del flujo de entrada en el ambiente del cuerpo de agua es importante.

Las características del flujo son dadas por la caudal de la descarga, por el momento del flujo y por su flotabilidad. La flotabilidad del flujo representa el efecto de la relativa diferencia entre la densidad entre el efluente descargado y la combinación de condiciones ambientales con la aceleración gravitacional. Esta es una medida de la tendencia para que el flujo del efluente se levante (es decir flotabilidad positiva) o caiga (es decir flotabilidad negativa).

La hidrodinámica de un efluente que descarga continuamente en un cuerpo de agua receptor puede ser conceptualizada como un proceso de mezcla que ocurre dentro de dos regiones separadas.

En la primera región se encuentran, las características iníciales de la descarga en el momento del flujo, la flotabilidad del flujo, la influencia de la geometría de la salida, la trayectoria de la descarga y el proceso de mezcla. Esta región será referida como “descarga cercana” y abarca la flotabilidad de la descarga, su flujo y cualquier interacción con las capas de superficie, fondo o terminal.

En esta región de descarga cercana el diseño de la descarga puede generalmente afectar las características de la mezcla inicial a través de la manipulación apropiada de las variables del diseño. Como el viaje turbulento de la pluma va más lejos de la fuente, las características de la fuente se convierten en menos importantes.

Condiciones que existen en el medio ambiente controlarán la trayectoria y la dilución de la turbulencia de la pluma a través de movimientos de propagación y difusión pasiva debido a la turbulencia del ambiente, esta región será referida aquí como “descarga lejana”.

Procesos de descarga cercana

Existen tres tipos importantes de procesos de descarga cercana: Mezcla de la puma forzada sumergida, limites de interacción y mezcla de pluma forzada en superficie.

Mezcla de la pluma forzada sumergida.

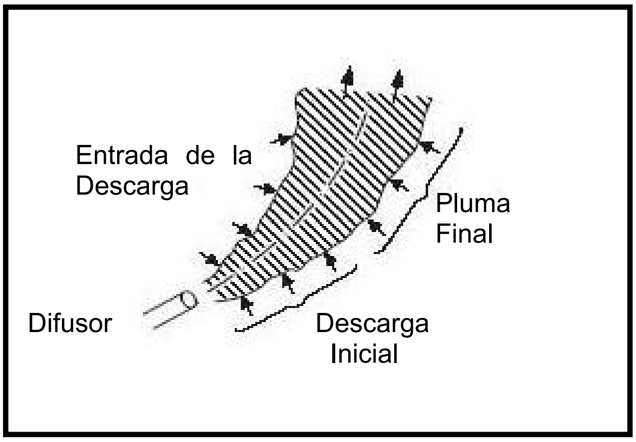
El efluente del puerto de una descarga sumergida proporciona una velocidad discontinua entre el líquido descargado y el ambiente del líquido receptor causando una acción de corte intensa. La acción del flujo se rompe rápidamente bajando en un movimiento turbulento. El ancho de la zona de intensidad de alta turbulencia aumenta en dirección del flujo incorporando (“arrastrando”) más del exterior, y menos líquido turbulento en esta zona. De este modo, cualquier concentración interna del flujo de la descarga se diluye por el arrastre del ambiente líquido, se puede decir también que el fluido y los agentes contaminantes pueden llegar a difundirse gradualmente en el ambiente. La discontinuidad en la velocidad inicial puede presentarse en diferentes maneras:

En una “descarga pura” (también llamado “Ímpetu de la descarga” o “descarga no-flotante”), el ímpetu inicial del flujo se presenta en forma de una inyección de alta velocidad que causa una mezcla turbulenta. En una “pluma pura”, la flotabilidad inicial del flujo conduce a una aceleración vertical local que luego conduce a una mezcla turbulenta.

En el caso general de una “descarga flotante” (también llamado “pluma forzada”), una combinación de los ímpetus iníciales del flujo y de la flotabilidad son responsable de la mezcla turbulenta.

Las plumas forzadas son caracterizadas por una estrecha zona de fluidos turbulentos en la cual toma lugar una mezcla vigorosa, además depende de la orientación de la descarga y de la aceleración de la flotabilidad.

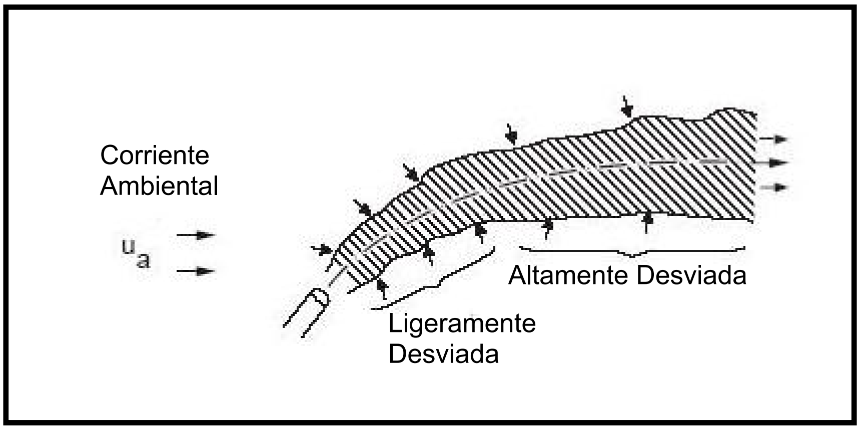
Figura 3.2 Pluma forzada entrando en un ambiente uniforme.



Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
CORMIX 5.0gtr
2007

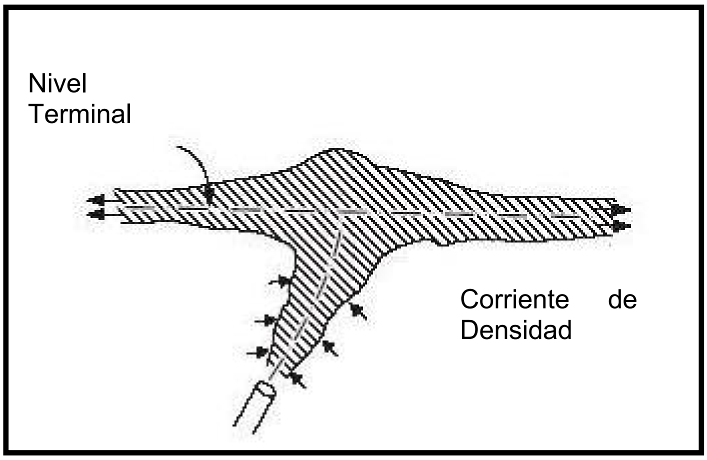
La flotabilidad de la descarga mezclada es afectada más a fondo por corrientes y densidad estratificada. El papel de las corrientes en el ambiente es desviar gradualmente la descarga flotante en la dirección actual de las corrientes y de tal modo inducir una mezcla adicional, el papel de la densidad estratificada en el ambiente es contrarrestar la aceleración vertical dentro de la descarga flotante y conducir en última instancia a la intercepción del flujo en cierto nivel.

Figura 3.3 Pluma forzada entrando en un amiente uniforme atravesado por una corriente



Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
CORMIX 5.0gtr
2007

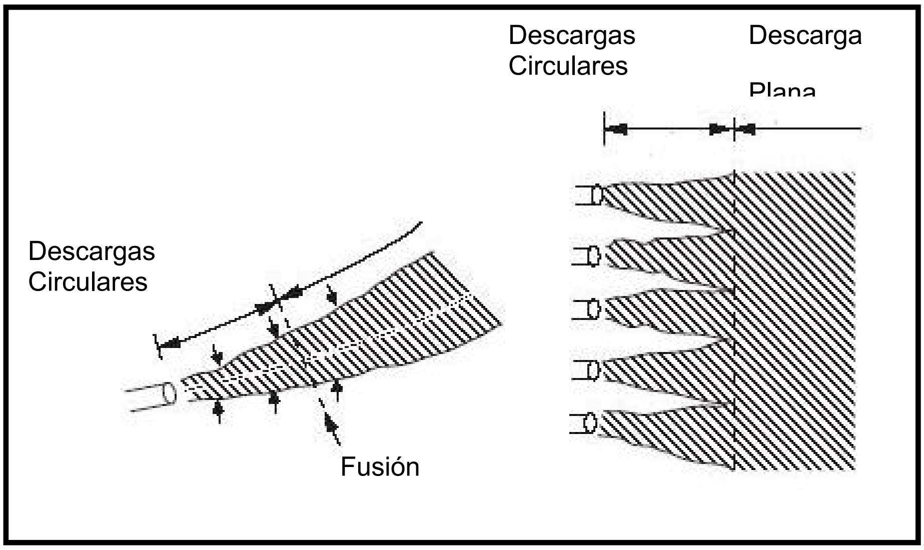
Figura 3.4 Pluma forzada entrando en un ambiente estratificado



Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
CORMIX 5.0gtr
2007

En caso de los multidifusores, las plumas forzadas se comportan independientemente hasta interactuar o combinarse a una distancia segura de los puertos efluentes, después de combinarse las descargas flotantes en dos dimensiones se forma un plano. Estos planos de descarga, resultan de una descarga del Multipuerto en aguas profundas que puede ser afectada más a fondo por las corrientes del ambiente y la estratificación de la densidad.

Figura 3.5 Fusión de descargas de un difusor multipuerto unidireccional formando una descarga flotante plana.



Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
CORMIX 5.0gtr
2007

Procesos de interacción entre límites y estabilidad de la descarga cercana.

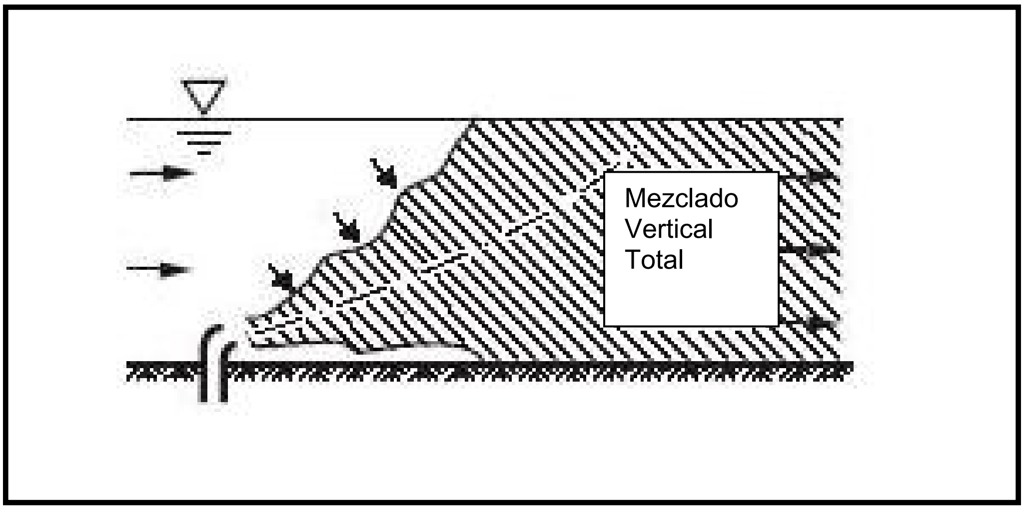
Los ambientes de cuerpos de agua tienen siempre límites verticales. Éstos incluyen la superficie del agua y el fondo, pero además pueden existir, "límites internos" llamados picnoclina. Las Picnoclinas son capas de rápido cambio de densidad, dependiendo de la dinámica y las características geométricas de la descarga del fluido, una variedad de fenómenos de la interacción puede ocurrir en tales límites, particularmente donde ocurre la intercepción del flujo.

Esencialmente, los procesos de la interacción entre límites proporcionan una transición entre el proceso de mezcla de la descarga flotante en la descarga cercana, y la propagación flotante y la difusión pasiva en la descarga lejana. Los procesos pueden ser graduales y suaves, o abruptos inducidos por la vigorosa transición y los procesos de mezcla. También se pueden influenciar perceptiblemente de la estabilidad de las condiciones de la descarga del efluente.

La valoración de la estabilidad de la descarga cercana, es decir la distinción de condiciones estables o inestables, es una llave para el estudio de los análisis de la dilución de los efluentes, es especialmente importante para entender el comportamiento de las plumas en dos dimensiones resultado de los multidifusores.

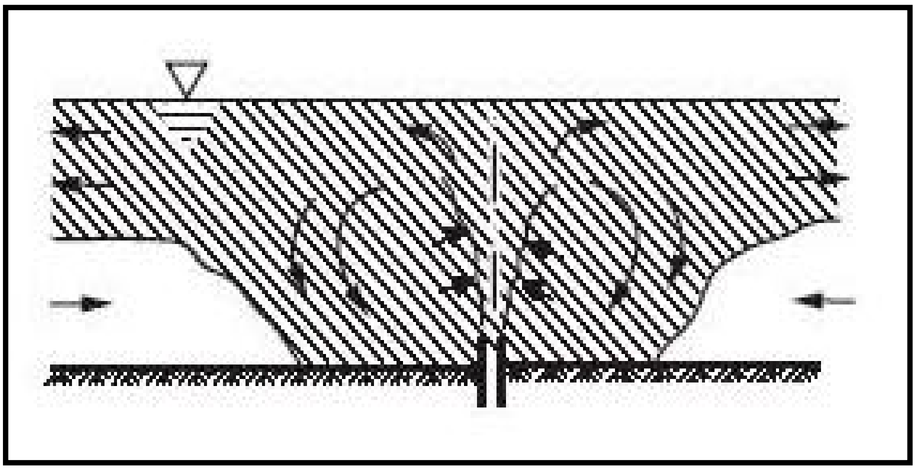
La condición de “descarga estable”, generalmente ocurre para una combinación de la flotabilidad alta, velocidad débil y profundidad del agua, a menudo se refieren como condiciones de “aguas profundas”. Por otra parte condiciones de descargas inestables pueden considerarse sinónimos de condiciones de aguas superficiales.

Figura 3.6 Aguas poco profundas, baja flotabilidad, horizonte cercano: inestable, descarga cercana con mezcla total vertical



Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
CORMIX 5.0gtr
2007

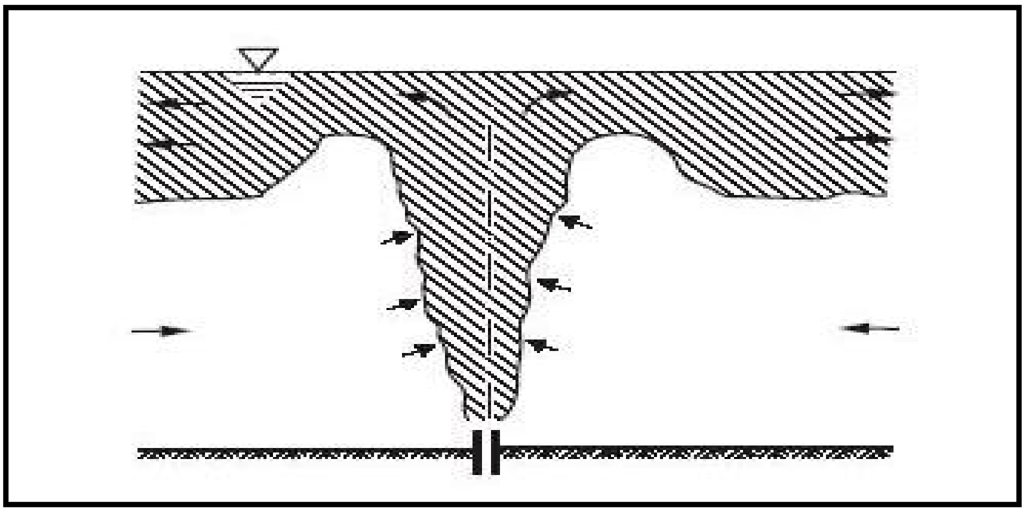
Figura 3.7 Aguas poco profundas, baja flotabilidad vertical: descarga cercana inestable con mezcla local y estratificación



Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
CORMIX 5.0gtr
2007

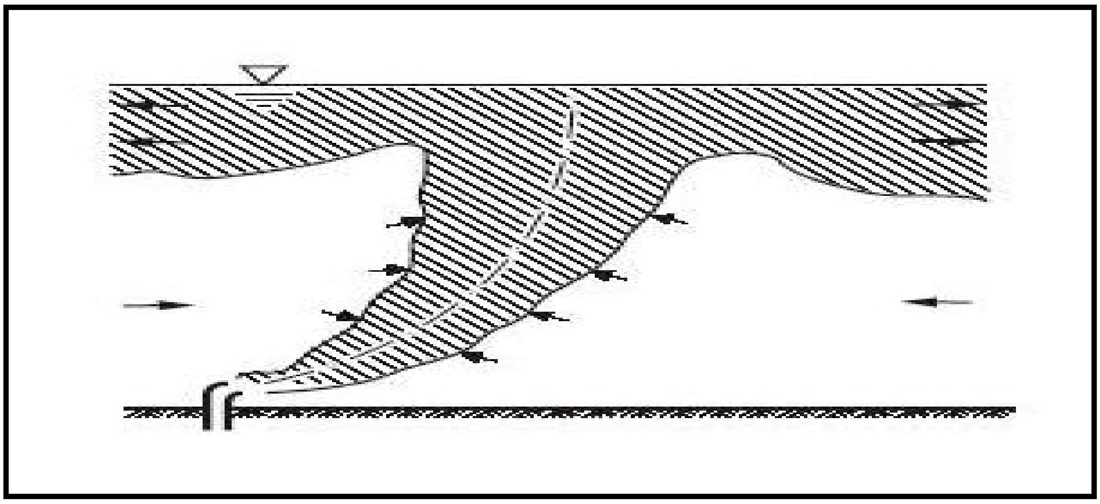
Si una pluma forzada es desviada por un cruce de corrientes se acercará gradualmente a la superficie, fondo o al nivel terminal y experimentará una transición lisa con poca mezcla adicional.

Figura 3.8 Aguas profundas, alta flotabilidad vertical: descarga cercana



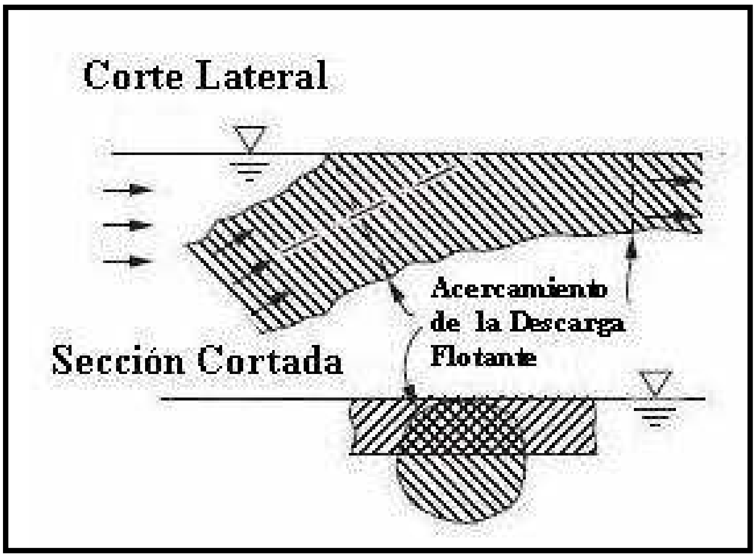
Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
Cormix 5.0gtr
2007

Figura 3.9 Aguas profundas, alta flotabilidad horizontal cercano: descarga cercana estable



Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
CORMIX 5.0gtr
2007

Figura 3.10 Acercamiento gradual a la superficie

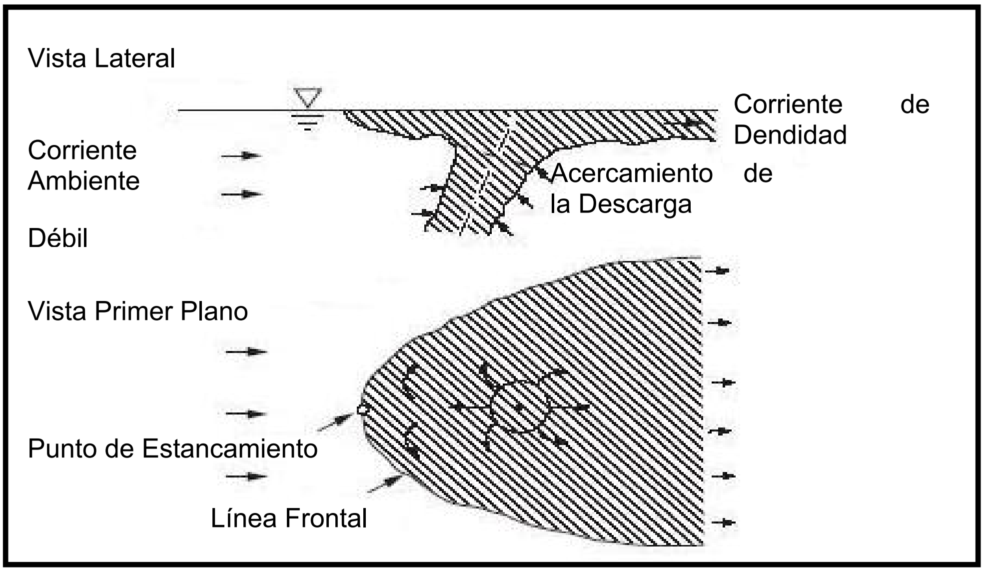


Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
CORMIX 5.0gtr
2007

Sin embargo, una descarga que afecta normalmente o cercana a lo normal en un límite puede separarse rápidamente en todas las direcciones. Las condiciones de mezcla en este punto del choque pueden tomar una de las siguientes formas:

Si el flujo tiene suficiente flotabilidad formara en última instancia una capa estable en la superficie. En presencia de un ambiente débil el fluido será conducido a una intrusión aguas arriba contra la corriente del ambiente.

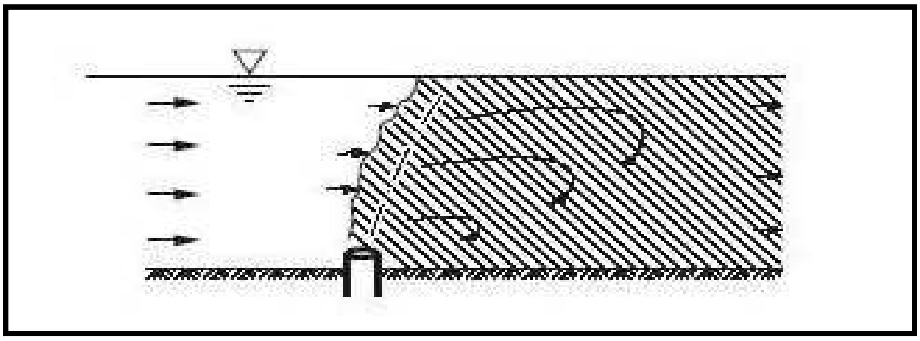
Figura 3.11 Superficie afectada con flotabilidad distribuida aguas arriba



Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
CORMIX 5.0gtr
2007

Si la flotabilidad del flujo del efluente es débil o su ímpetu muy alto, fenómenos de recirculación inestable pueden ocurrir en la descarga de los alrededores. Esta recirculación local conduce al re-arrastre del agua ya mezclada nuevamente dentro de la región flotante de la descarga.

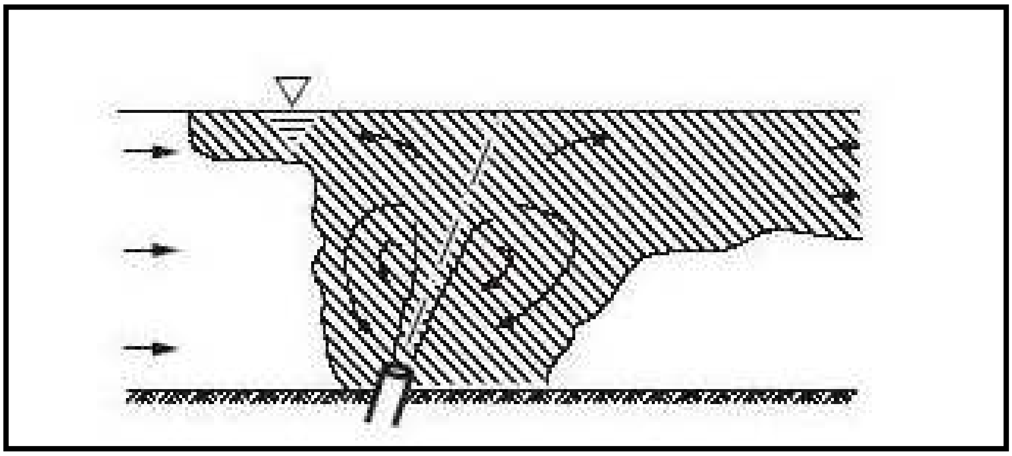
Figura 3.12 Superficie afectada por una mezcla vertical total en aguas poco profundas.



Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
CORMIX 5.0gtr
2007

En el caso intermedio, una combinación de mezcla localizada vertical y extensión aguas arriba puede resultar.

Figura 3.13 Superficie afectada con mezcla local vertical flotabilidad distribuyéndose aguas arriba y estratificándose.



Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
CORMIX 5.0gtr
2007

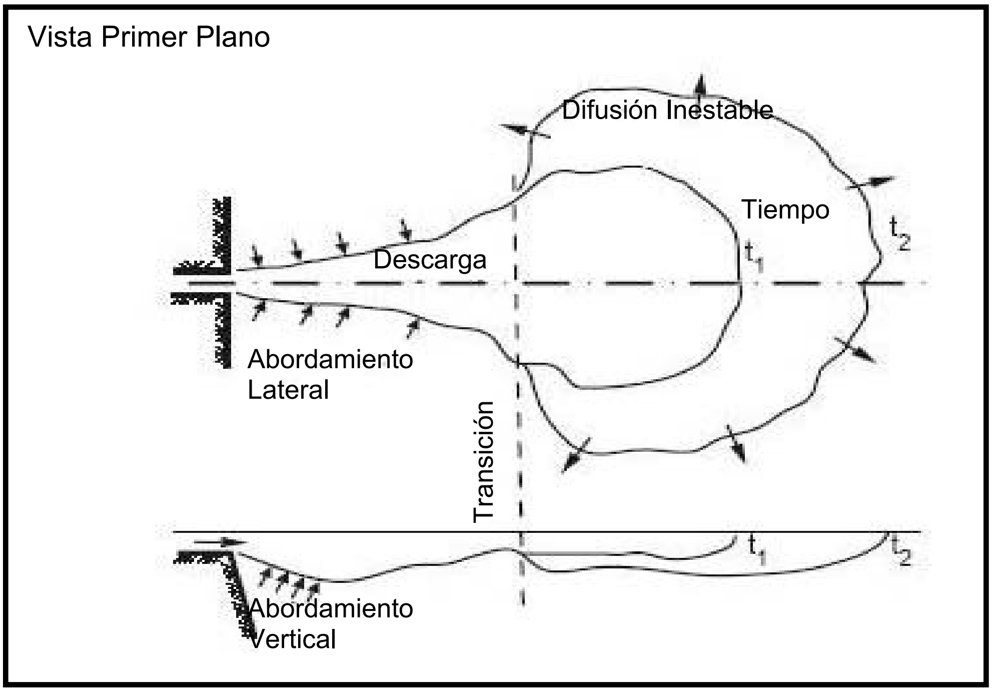
Otro tipo de proceso de interacción de interés son las plumas forzadas sumergidas que descargan en los alrededores del fondo de un ambiente acuático estancado o fluido.

Dos tipos de procesos dinámicos de la interacción pueden ocurrir que conducirán al acceso rápido de la pluma del efluente al fondo del agua, Estas son estelas forzadas al acoplamiento por el cruce de corrientes de las aguas receptoras o acoplamiento de coanda forzado por la demanda del arrastre de la descarga del mismo efluente. El último es debido a los efectos de la presión baja en la periferia de la descarga cuando esta cercana al fondo del cuerpo receptor.

Mezcla de la pluma forzada en superficie.

Realmente las plumas forzadas descargadas horizontalmente a lo largo de la superficie del agua proveniente de una entrada lateral de un canal o de una tubería, guardan algunas semejanzas a la más clásica de las plumas forzadas sumergidas. Para una distancia inicial relativamente corta, el efluente se comporta como una descarga impetuosa que se separa lateral y verticalmente debido a mezcla turbulenta. Después de esta etapa, el arrastre vertical comienza a inhibirse debido a la acción de los movimientos turbulentos y la descarga experimenta una separación lateral muy fuerte durante condiciones de ambiente estancadas, en última instancia es razonable pensar que se puede formar en la superficie del receptor del agua una capa delgada; esa capa puede experimentar la trascendencia de la distribución de la flotabilidad de los movimientos.

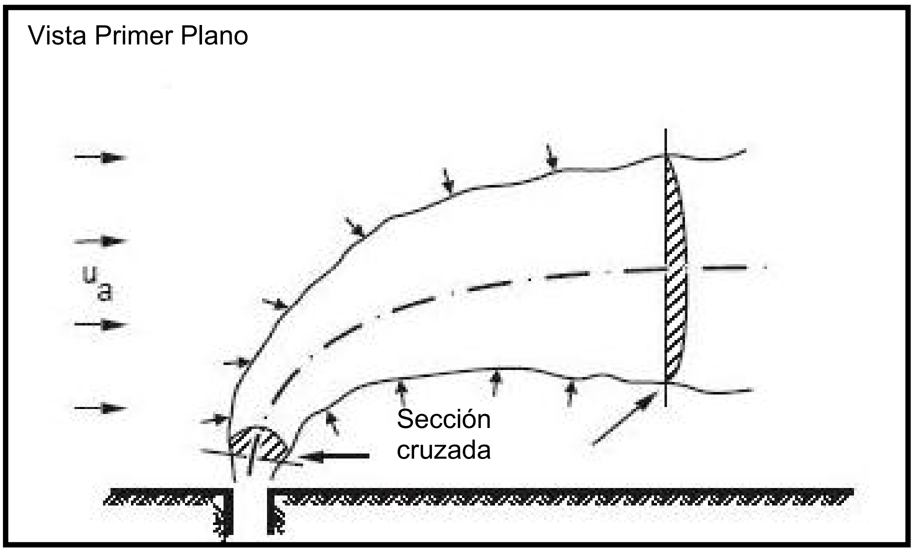
Figura 3.14 Descarga flotante de superficie en un ambiente estancado.



Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
CORMIX 5.0gtr
2007

En la presencia de un ambiente con cruces de corrientes, las descargas superficiales flotantes pueden exhibir uno de los siguientes tres tipos de características de flujo: Pueden formar una descarga débilmente desviada que no actuara recíprocamente con el litoral

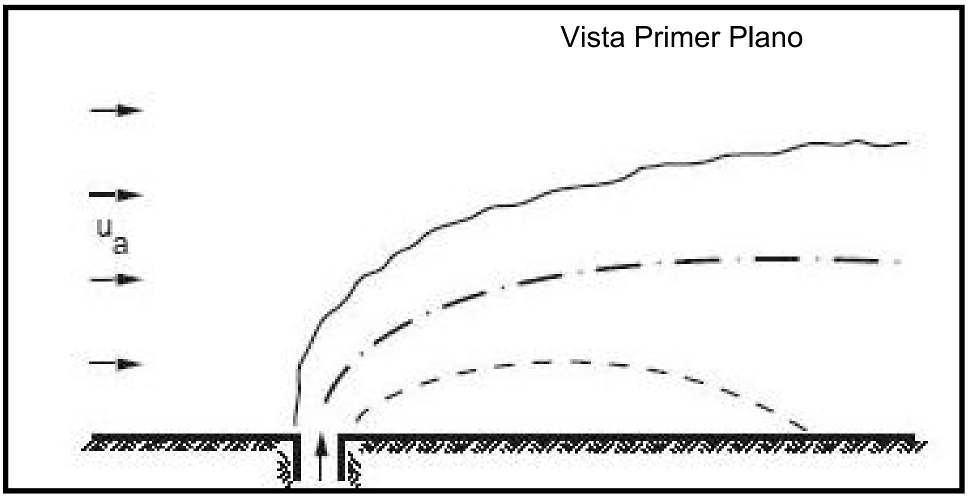
Figura 3.15 Desviación por cruce de corrientes



Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
CORMIX 5.0gtr
2007

Cuando el cruce de corrientes es fuerte, ellos pueden unirse al límite descendente formando una pluma que abraza la costa

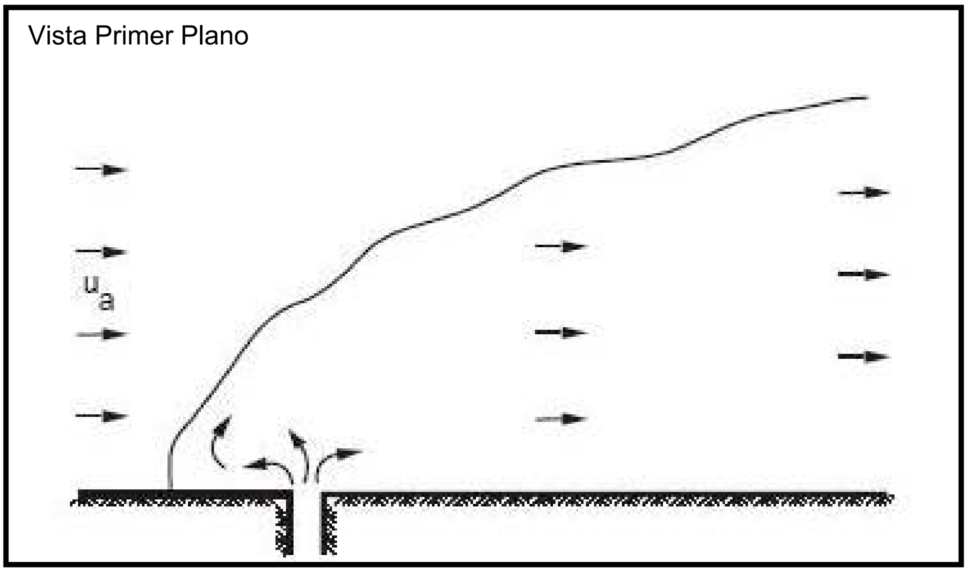
Figura 3.16 Pluma arrastrada a la costa por la corriente.



Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
CORMIX 5.0gtr
2007

Cuando una gran descarga de flujo flotante se combina con un cruce de corrientes débil, el efecto de difusión puede ser muy fuerte tanto que la flotabilidad aguas arriba introducen la pluma que es formada que también está cerca a la línea de costa

Figura 3.17 Introducción de una pluma en un cruce de corriente aguas arriba



Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
CORMIX 5.0gtr
2007

Efectos del campo intermedio para descargas de difusores multipuerto.

Algunas instalaciones de difusores multipuertos inducen los flujos dentro de aguas poco profundas que extienden más allá de la región de la descarga

Cercana. Las plumas que resultan están a veces referidas al campo intermedio porque ellas interactúan recíprocamente con las aguas que se reciben en distancias que son substancialmente mayores que el agua de profundidad; el orden de la magnitud de la profundidad del agua se utiliza típicamente para definir las dimensiones de la región de la descarga cercana.

Los campos intermedios pueden ocurrir cuando un difusor Multipuerto representa una fuente grande de ímpetu con un efecto de flotabilidad relativamente débil. Tal difusor tendrá una descarga cercana inestable con condiciones bajas del agua. Para la seguridad de difusores geométricos fuertes movimientos deben inducirse en el ambiente de aguas poco profundas en la forma de corrientes verticalmente mezcladas que arrastran lateralmente el agua del ambiente y puede extenderse a largas distancias antes de que re-estratifiquen o disipen su ímpetu.

Otro tipo de proceso que interesa es la de interacción de descargas flotantes sumergidas que descargan en los alrededores del fondo de ambientes de cuerpos de agua estancados o fluidos.

Dos tipos de procesos dinámicos de la interacción pueden ocurrir que conducen a la rápida unión de la pluma efluente al fondo del agua. Éstos son acoplamiento de estela, forzada por la recepción del cruce de corrientes del agua, o acoplamiento de Coanda forzado por la demanda del arrastre de la descarga del efluente mismo. El último es debido a los efectos de la presión baja como la periferia de la descarga está cerca del fondo del agua.

Procesos de descarga lejana

Los procesos de mezcla de la descarga lejana son caracterizados por adveccion longitudinal del efluente mezclado por la velocidad de las corrientes del ambiente.

Procesos flotantes de separación.

Éstos se definen como la separación horizontal transversa de la mezcla del flujo del efluente mientras que está siendo mezclado río abajo por la corriente del ambiente. Tales procesos que se separan se presentan debido a las fuerzas flotantes causadas por la diferencia de la densidad del flujo mezclado concerniente a la densidad ambiente. Pueden ser eficaces mecanismos de transporte que pueden separar rápidamente en un efluente mezclado lateralmente a distancias grandes en dirección transversal, particularmente en casos de fuerte estratificación en el ambiente.

En esta situación, efluente de considerable grosor vertical en el nivel terminal puede colapsar en una capa fina pero muy amplia a menos que esto sea prevenido por límites laterales. Si la descarga es no flotante, o débilmente flotante, y el ambiente es no estratificado, esta no será una región de separación flotante, sino una región de difusión pasiva.

Dependiendo del tipo de flujo de la descarga cercana y ambiente de estratificación, varios tipos de separación flotante pueden ocurrir. Éstos incluyen:

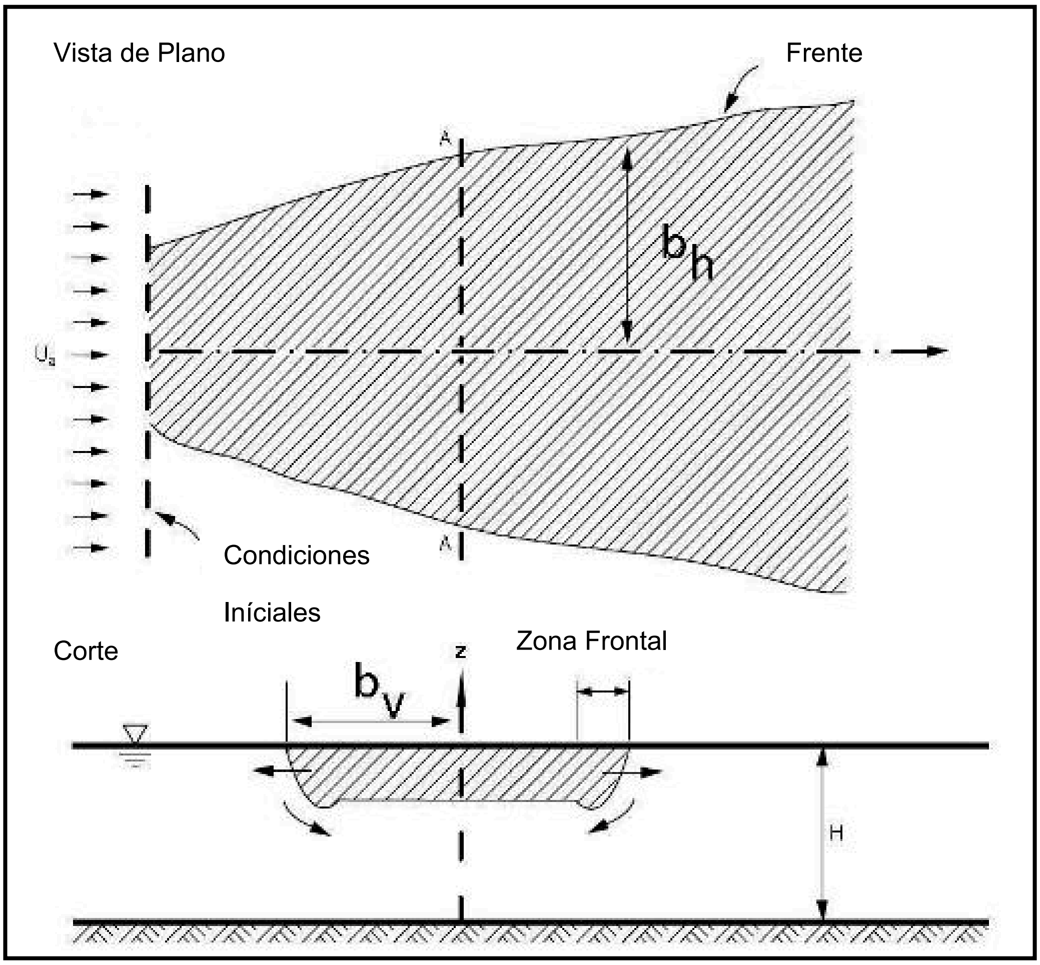
• Separación en la superficie del agua.

• Separación en el fondo.

• Separación en un interfaz interno agudo (pycnoclina) con un salto de la densidad.

• Separación continua en el nivel terminal en un ambiente liquido estratificado.

Figura 3.18 Proceso de difusion flotante aguas abajo o cerca de la region de descarga



Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
CORMIX 5.0gtr
2007

La separación lateral del fluido se comporta como una corriente de densidad y arrastra algo de líquido del ambiente en la "región cabeza" de la corriente. Durante esta fase, la razón de mezcla es usual y generalmente pequeña, el grueso de la capa puede disminuir, y una interacción subsecuente con un litoral o un banco puede afectar los procesos de separación y mezcla.

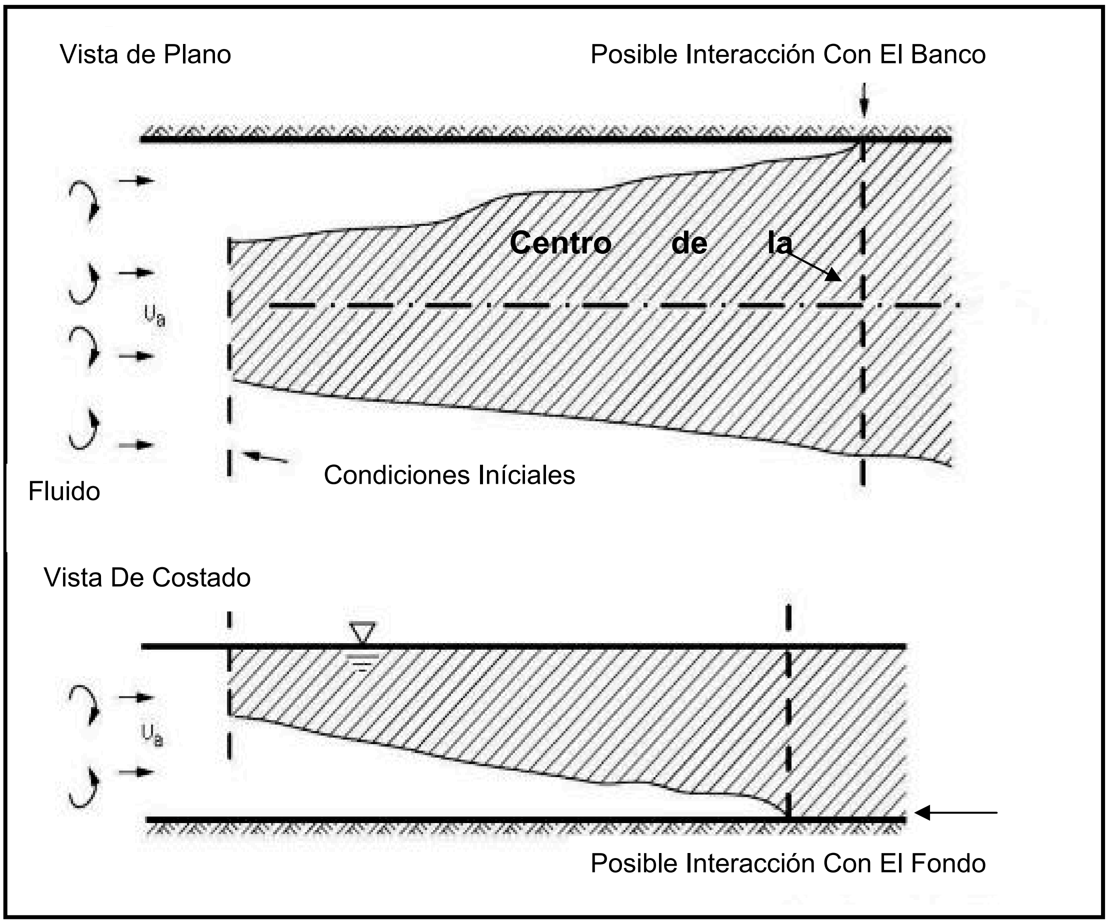
Procesos de difusión en ambientes pasivos.

La turbulencia existente en el entorno ambiental se convierte en el mecanismo de mezcla dominante en distancias suficientemente grandes del punto de la descarga, la difusión pasiva del flujo crece generalmente en amplitud y en grosor hasta que interactúa con el fondo del canal y/o bancos.

La fuerza de la difusión del mecanismo en el ambiente depende de un número de factores relacionados principalmente a la geometría del flujo, al corte del ambiente y a la cantidad de estratificación del ambiente. En el contexto de teoría clásica de la difusión, el proceso del gradiente de difusión en los flujos limitados de los ríos o estuarios estrechos se puede describir por constantes de difusividad en la dirección vertical y horizontal que dependen de la intensidad de la turbulenta y la profundidad o ancho del canal como de las escalas de la longitud.

En cambio, anchos “ilimitado” que caracterizan a los canales o áreas costeras producen plumas que dependen de las características de difusión para un crecimiento acelerado descrito En presencia de un ambiente de estratificación estable, la difusión de la mezcla vertical generalmente es fuertemente sofocada.

Figura 3.19 Procesos de difusión en un ambiente pasivo con adveccion en la descarga lejana



Fuente: Manual de Usuario CORMIX
Robert L. Doneker &
Gerhard H. Jirka
CORMIX 5.0gtr
2007

3.1.3 REGULACIONES DE LA ZONA DE MEZCLA.

La descarga del agua de desecho en un cuerpo de agua puede considerarse a partir de dos posiciones ventajosas con respecto a cómo afectara la calidad del agua del ambiente. En una escala más grande, considerando el cuerpo de agua receptor, el cuidado podría tomarse en las condiciones de la calidad de agua que se protegen para alcanzar a las aplicaciones beneficiosas señaladas.

En una escala local, o en la descarga inmediata circundante, las precauciones adicionales se deben tomar para asegurar que las altas concentraciones iníciales del agente contaminador sean reducidas al mínimo y obligado a las zonas pequeñas, áreas, o volúmenes.

La definición genérica de estas zonas, designadas comúnmente como "zonas de mezcla", se incorpora en regulaciones federales de la calidad del agua y es citado a menudo en las regulaciones del permiso que conceden autoridades. Como fueron indicadas previamente, las zonas de mezcla son incorporadas en regulaciones federales, las zonas de mezcla son construcciones independientes de los procesos hidrodinámicos de mezcla.

3.1.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA CORMIX.

Esta sección proporciona una descripción general de las características comunes dentro del CORMIX (un sistema de ayuda para diseño computarizado de las salidas y el análisis de las zonas de mezcla)

El sistema contiene varias herramientas integradas de software (subsistemas) para la especificación, simulación, visualización, y documentación de zonas de mezcla de un punto de descarga. Estas funciones del subsistema están disponibles en varias herramientas de pre-procesamiento y post- procesamientos descritos dentro de este capítulo.

La selección del modelo de la simulación en CORMIX es controlada por el interfaz grafica del usuario (GUI) y mezclada en base a las reglas de la zona.

Basado en datos de entrada, de la descarga y del ambiente especificado, CORMIX emplea la base de la regla para ejecutar el apropiado modelo hidrodinámico de la simulación. Los usuarios incorporan datos a través de un GUI.

En CORMIX, las formas de datos son series de "lengüetas" puestas como "carpetas" en el interfaz de escritorio. Cada lengüeta representa un grupo de datos, características de efluentes, condiciones ambiente, características de las descarga, el usuarios completa secuencialmente cada lengüeta para ejecutar una simulación.

El sistema CORMIX representa una robusta y versátil metodología para la predicción de características cualitativas y cuantitativas de los procesos de mezcla hidrodinámicos, resultantes de diferentes tipos de descarga en todo tipo de ambientes acuáticos incluyendo pequeños estrechos, largas riveras, lagos, reservorios, estuarios y aguas costeras.

3.1.5 CAPACIDAD Y MAYOR ASUNCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN.

En esta sección se describirá los modelos de simulación hidrodinámicos.

Modelos de simulación hidrodinámica del cormix

CORMIX 1: Predice la geometría y las características de dilución de un efluente resultante de una descarga de un difusor simple, de la densidad arbitraria (boyantes positiva, negativa o neutral) y la ubicación y geometría arbitraria, dentro de un ambiente receptor que puede ser estancado o fluido que puede tener un ambiente estratificado o de diferentes tipos.

CORMIX 2: Aplica los 3 tipos comunes de difusores usados de multipuertos, difusores y descargas bajo los mismos efluentes generales y condiciones ambientales como el CORMIX 1, analiza unidireccionalmente, escenarios, y alternativas de diseño de difusores multipuertos y permite el alineamiento arbitrario de la estructura de los difusores con el cuerpo de agua y para el arbitrario arreglo y orientación de los puertos individuales.

<u>CORMIX3:</u> Analiza descargas flotantes superficiales, resultado de cuando un efluente entra en un gran cuerpo de agua de manera lateral, a través de un canal, un cauce, o una tubería próxima a la superficie. En contraste con CORMIX1 y 2, que están limitados a efluentes positiva o neutralmente boyantes.

Las diversas geometrías y orientaciones de la descarga pueden analizarse incluyendo el ras o las bocas salientes del canal, orientaciones normales, oblicuas, o paralelas al banco.

<u>DHYDRO</u>: Simula las descargas de la salmuera y/o el sedimento densos de puertos simples, difusores múltiples, o fuentes superficiales en ambientes costeros lateralmente ilimitados con pendientes.

CORMIX 1, 2, 3 requieren que la sección transversal actual del cuerpo de agua sea descrito como un canal recto rectangular y uniforme que puede ser limitado lateralmente o ilimitado, la velocidad del ambiente se asume en uniformidad dentro de ésa sección transversal.

Además para un ambiente de densidad positivas uniforme CORMIX1 y 2 permiten tres tipos de perfiles genéricos de 2 capas de estratificación en el ambiente, perfiles que son usados para la aproximación de la distribución actual de la densidad.

Todos los subsistemas de CORMIX son en principio en estado estático, nuevos progresos permiten el análisis de ambientes de mezcla de marea inestable

Todos los sistemas de CORMIX pueden predecir mezclas para procesos conservadores y procesos de decaimiento del primer orden, y puede simular traspaso térmico de las plumas térmicas.

Para las descargas boyantes fuertemente negativas tales como las salmueras y sedimentos, DHYDRO permite fondos que se inclinan en ambientes costeros lateralmente ilimitados. Además, DHYDRO permite hasta 3 capas en la especificación de la densidad.

3.1.6 HERRAMIENTAS DEL PROCESAMIENTO PREVIO: CORSPY Y CORGIS.

CorSpy: Es un preprocesador grafico tridimensional interactivo para la especificación de salidas. Los usuarios pueden visualizar difusores simples, difusores multipuertos, y la geometría de las salidas de superficie (litoral), incluyendo límites entre ambientes. El sistema coordinado, origen, ángulos de la orientación de salidas, y los detalles de la alineación portuaria todos se demuestran con la cámara fotográfica interactiva y los controles de posición de objeto.

CorGIS: Es una herramienta del preprocesador que liga la Base de datos de las cuencas del USEPA a CORMIX para la ayuda con especificaciones de los datos de entrada. CorGIS es una vía de escritura que se carga como extensión de ArcView en las cuencas. Dentro de los CUENCAS, el usuario selecciona el sitio de la descarga y el ambiente del cuerpo de agua, entonces la extensión crea un archivo de salida que pueda ser cargado directamente en CORMIX.

Datos ambiente disponibles para la carga en CORMIX incluyen la profundidad media, índice de flujo de la descarga, temperatura ambiente, numero de Manning.

3.1.7 HERRAMIENTAS DEL POST-PROCESAMIENTO: CORJET, CORVUE, CORSENS, CORVAL Y FFL.

CorJet: Es el modelo integral de la descarga flotante de Cornell, es un modelo integral que predice las características de la trayectoria y de la dilución de las descargas; de una sola descarga redonda o de una serie de emisiones combinadas echa en un difusor múltiple con descarga arbitraria, dirección y flotabilidad positiva, neutral o negativa en un ambiente general. Las condiciones del ambiente pueden ser altamente no uniformes con corrientes intensas, dirección y densidad en función de la distancia vertical. Generalmente Corjet se puede utilizar como realce a las predicciones de la descarga cercana proporcionadas por CORMIX 1 o 2 para investigar los detalles locales que han sido simplificados dentro de la representación de CORMIX.

La limitación más importante del CorJet es mentir en la asunción de un cuerpo de agua de recepción infinito, similar al resto de modelos de tipo integral de descarga disponible. Así, CorJet se debe utilizar solamente después de que la clasificación inicial del CORMIX ha demostrado que los puertos simples o múltiples de la descarga portuaria está hecha del en lo profundo, es decir hidrodinámica estable, sin límite ni interacciones.

CorVue: Es una herramienta de post-procesamiento tridimensional interactivo que visualiza los procesos en las zonas de mezcla y el comportamiento de las plumas de aguas residuales. La herramienta visualiza la dirección de interacción del límite de la pluma, la descarga cercana, los accesorios dinámicos, inestabilidades, densidad de las corrientes, separación flotante aguas arriba, y formación de densidad-estratificadas en capas terminales, las visualizaciones se apoyan para todos los modelos de la simulación y clasificación de fluidos dentro de CORMIX.

CorSens: Es una herramienta de post-procesamiento que varía la cantidad de descarga y los parámetros ambientales, para un modelo de análisis de la sensibilidad porque estos no son coeficientes ajustables por los usuarios dentro del CORMIX, para cambios en ambiente y descarga las condiciones pueden influenciar el comportamiento de la zona que se mezcla. CorSens automáticamente crea una serie de simulaciones y presenta salidas gráficas y tabuladas de los resultados de la simulación.

FFL: El localizador de la Pluma del Campo lejano, utiliza el método de la descarga acumulada para delinear la Pluma de descarga lejana predicha por el CORMIX dentro de la actual e irregular geometría del canal, río o estuario con la distribución desigual del flujo del ambiente.

CorVal: Es el post procesador que proporciona la validación del modelo para una simulación dada de CORMIX. CorVal tiene como base de datos varios cientos de experimentos de la dilución de la pluma. La base de datos de dilución se deriva de laboratorios publicados y estudios realizados en el campo de las descargas flotantes que se mezclan y la dilución de la pluma. CorVal proporciona estadística de la regresión y gráficos de predicción contra valores medidos.

3.1.8 CARACTERÍSTICAS DE LA ENTRADA DE DATOS DEL CORMIX.

Todos los datos son ingresados interactivamente en forma base de entrada de datos. La secuencia sugerida de la entrada de datos es indicado por un "toque de luz amarillo" en la apropiada pestaña de la entrada de datos. Las formas de entrada de datos permiten determinar la especificación del ambiente físico de la descarga, así como las consideraciones de regulación aplicable para la situación que experimenta el análisis.

Una simulación de CORMIX es conducida completamente por seis formas de entrada de datos ("lengüetas") en seis tópicos que se incitan secuencialmente en este orden: descripción de sitio/caso, características del efluente, condiciones del ambiente, características de la salida, definición de las regulaciones de la zona de mezcla, y control de la salida del programa. Aunque la secuencia sugerida de la entrada de datos es dirigida por el sistema, el usuario puede incorporar datos en cualquier secuencia deseada.

3.1.9 ELEMENTOS LÓGICOS DEL CORMIX: CLASIFICACIÓN DEL FLUJO

Para hacer predicciones de la dilución de una descarga de efluente y la trayectoria de la pluma, CORMIX combina típicamente las soluciones de varios patrones de flujo simple para proporcionar un análisis completo de la localización del efluente hasta el final del campo lejano.

El lógico procesamiento de elementos del CORMIX identifica qué soluciones se deben combinar para proporcionar el análisis completo. Este proceso, llamado clasificación del flujo, desarrolla un genérico cualitativo de la descripción del flujo de la descarga y se basa en relaciones conocidas entre los patrones del flujo y ciertos parámetros físicos calculados.

La regla base del parámetro es el elemento del programa que procesa parámetros físicos relevantes incluyendo: las varias escalas de la longitud, flujos, y otros valores necesitados para la ejecución de otros elementos del programa. Las escalas de la longitud son medidas calculadas de la longitud de la influencia dinámica de varios procesos físicos.

Cuando la clasificación del flujo ha sido asignado, una descripción de una clase de fluido en particular está disponible para el usuario con la función de la clase del flujo (FC-tree) en el Post-procesamiento en la parte baja del menú; éstas descripciones también se encuentran en manual.

<u>Elementos de la simulación de CORMIX: predicción del flujo.</u>

Los módulos de la simulación son basados en la semejanza de la teoría de la boyantes de la descarga flotante, modelos integrales de la descarga flotante, teoría de la difusión en el ambiente, la teoría del flujo estratificado, y en análisis dimensional simple. El principio básico de la metodología de la simulación es arreglar una secuencia de los módulos relativamente simples de la simulación que cuando se ejecutan juntos, pueden predecir la trayectoria y características de la dilución de un flujo complejo. Cada uno de los modelos de simulación usa los valores finales para aplicaciones del módulo anterior como “condiciones iníciales”.

<u>Documentación del modelo, características del diseño, análisis de la sensibilidad y herramientas de la validación.</u>

Además de la generación de menús emergentes que ayudan al usuario durante entrada de datos, el sistema del CORMIX proporciona estos tipos de documentación en la pantalla y/o adentro impresión:

Informe de la sesión.- que es un resumen narrativo, sobre todo para la evaluación reguladora, de toda la descarga datos de entrada y características globales de la pluma, incluyendo la conformidad con regulaciones de la zona que se mezclan

Archivo de predicción.- Que es un listado detallado de todas las características de la pluma según lo predicho por el programa FORTRAN de simulación hidrodinámica.

Descripción de la clase del flujo.- Que es una descripción cualitativa de los procesos físicos de la controlando la interacción de la descarga/del ambiente.

El árbol de la clase del flujo.- Es una representación gráfica de la clasificación de la lógica usada para la selección del protocolo apropiado de la simulación. Recomendaciones de diseño.- Que son consejos generales para la optimización de las condiciones de descarga y ejecución de estudios de la sensibilidad.

Expediente de procesamiento.- demuestra las conclusiones alcanzadas por la regla base al procesar la entrada datos y ejecución de la clasificación del flujo.

Buscador de la regla base.- muestra la estructura lógica del árbol de las conclusiones de la regla base para los datos específicos y clasificación del flujo.

CorSpy- Representación interactiva de los gráficos de manera tridimensional; plan, lado, vistas de la geometría de las salidas y especificación de los datos de ambiente.

CorVue.- Representación interactiva de los gráficos de manera tridimensional; plan, lado, y vistas de la trayectoria y distribución de la concentración del pluma predicha.

CorSens.- es un generador de la simulación de caso para análisis de la sensibilidad, puede también producir los gráficos de una serie de simulación que dan lugar a un análisis más sensible.

Informe de la sesión de CORMIX

El sumario de los elementos de la regla base interpreta los resultados hidrodinámicos de la simulación para el caso bajo consideración. La salida de la sesión del CORMIX se arregla adentro de tres grupos:

El resumen del sitio; da la información de identificación del sitio, descarga y datos del ambiente, y escalas de la longitud de la descarga.

Zona hidrodinámica de la simulación y resumen de la zona de mezcla enumera condiciones en el final de la región del descarga cercana (NFR), condiciones de las regulaciones de la zona de mezcla (RMZ), condiciones tóxicas de la zona de la dilución (TDZ), condiciones de la región de interés (ROI), información de la intrusión contra corriente, accesorio de localización de bancos y un resumen de la difusión pasiva de ala mezcla.

El Usuarios debe reconocer cuatro zonas sus definiciones, y siglas asociadas:

Región del descarga cercana (NFR): El NFR es simplemente zona de la mezcla inicial fuerte, No tiene ninguna implicación reguladora cualesquiera Sin embargo, la información sobre tamaño y las condiciones de mezcla en el

Borde del NFR se dan como una guía útil al diseñador de la descarga porque la mezcla en el NFR es generalmente sensible a las condiciones de diseño, y por lo tanto algo controlable.

Regulación de la zona mezcla (RMZ): El RMZ corresponde a la regulación de la zona de mezcla con dimensiones especificadas del tamaño, o a una oferta preliminar para una zona de mezcla.

Zona tóxica de la dilución del • (TDZ): El TDZ corresponde a la definición de la EPA de donde las concentraciones producto químico tóxico pueden exceder el valor CMC

Región del interés (ROI): El ROI es una región definida por el usuario donde se analiza las condiciones de mezcla en el cuerpo receptor de agua. Se especifica como la distancia máxima del análisis en la dirección del flujo efluente mezclado y es particularmente importante cuando las restricciones de zona de mezcla legal no existen o cuando no hay información sobre un área de interés más grande.

Archivo de la predicción de CORMIX

El archivo de la predicción de CORMIX es un listado detallado de todos los datos de entrada de la simulación así como características predichas de la pluma (distribuciones, formas y concentración de la pluma) dispuestas por el flujo individual módulos que forman la parte de la simulación.

Descripción De La Clase Del Flujo

Después de que el flujo haya sido clasificado por la regla base, una descripción cualitativa del flujo está disponible en texto salida. Esta descripción describe procesos los procesos físicos dentro de la zona que de mezcla. Ediciones por ejemplo estabilidad de la descarga, intrusiones por aguas flotantes aguas arriba, y se discuten los procesos de la interacción del límite. La descripción de la clase del flujo facilita el entender de los procesos de mezcla físicos y de los métodos de simulación que preceden el comportamiento de mezcla.

Decisión de la clasificación del árbol de flujo

Esta función documenta gráficamente la decisión de la clase de árbol de flujo usado por la reglas base para asignar una clasificación al flujo dado. Se entregan las imágenes al usuario en línea vía el web browser. Este árbol muestra perfiles genéricos de un flujo, e ilustra resultados de la zona de mezcla tales como inestabilidad del descarga cercana, actuales intrusiones de la densidad aguas arriba, y flujo interno atrapado debido a la estratificación de la densidad.

Recomendaciones del diseño

El archivo de la predicción de CORMIX es un listado detallado de todos los datos de entrada de la simulación así como las características predichas para la pluma (formas de la pluma y distribuciones de concentración) dispuestas por módulos de fluido individual que forman la parte de la simulación. Información adicional, tal como regulaciones locales de la zona de mezcla, contacto de la pluma con el fondo o litoral, etc.se enumeran en la salida.

Proceso del expediente

Como la ejecución de conocimientos de la regla de base de datos, los detalles sobre el comportamiento de la pluma, procesos de la zona de mezcla, y selección modelo son concluidos. El expediente de procesamiento da al usuario consejos adicionales sobre la entrada, especificación de los datos, selección, y posible elección de futuros parámetros de interacción para el análisis en la zona de mezcla.

Buscador de la base de datos

El buscador de la regla-base resume la simulación lógica usada en las regla-bases para verificar datos de entrada y clasificar los flujos. El buscador muestra la estructura lógica de un árbol mostrando la hipótesis y las condiciones concluidas para ser verdad en regla base.

CorSpy: gráficos de salida

CorSpy genera planos interactivos de tres y dos dimensiones y vistas laterales de puertos simples, difusor del multipuertos, y configuraciones superficiales de salida. Las salidas se muestran con respecto al sistema coordinado, origen, superficie del agua, y límites del ambiente. Los gráficos pueden ser exportado como archivo de postproceso o guardados con una "impresión Pantalla" (print screen) como gráficos de memoria de imagen.

CorVue: gráficos de la zona de mezcla.

CorVue genera planos interactivos en dos y tres dimensiones, y vistas laterales de los resultados de la simulación de modelo hidrodinámicos. CorVue puede graficar archivos de predicción de CORMIX1, 2 3, y CorJet, puertos simples, difusor del múltiples, y configuraciones de salidas superficiales. La pluma es mostrada con respecto al sistema coordinado, origen, superficie del agua, y límites del ambiente. Zonas de mezcla y procesos físicos tales como intrusión flotante aguas arriba, inestabilidad de la descarga cercana, y accesorios en fondos dinámicos son ilustrados.

Localización de zonas de dilución tóxica (TDZ) y las regulaciones de la zona de mezcla son demostradas. Los gráficos se pueden exportar como archivo de postproceso o guardados como una “pantalla de impresión” como gráficos de memoria de imagen.

3.1.10 CORMIX ENTRADA DE DATOS.

La entrada de datos del CORMIX esta arreglada in seis tópicos o lengüetas, que son:

- ✓ Descripción del proyecto
- ✓ Propiedades del efluente
- ✓ Condiciones ambientales
- ✓ Condiciones de descarga
- ✓ Zona de mezcla
- ✓ Salida

Procesamiento (función solo de ejecución) que no requiere datos de entrada los datos pueden ser agregados en un formato abierto sin interesarse en los decimales, el sistema revisa que los datos entrantes sean consistentes con el tipo de pregunta (ejemplo un carácter alfabético en profundidad), errores físicos y posibles inconsistencias con entradas previas, y situaciones fuera del rango normal de aplicación

Ventana de proyecto.

La primera pestaña es la de proyectos determina la información básica que necesita el programa para operar, datos almacenados y nivel de simulación para usar después. El primer paso en una nueva simulación es usar el comando "save" este comando crea el nombre para un nuevo proyecto. Luego el usuario necesita cambiar el nombre del archivo del proyecto (fn) arriba de 256 caracteres de largo y sin extensión, el CORMIX usara el nombre que especifico el usuario, creara, transferirá o almacenara datos intermedios o finales con el mismo nombre pero con extensiones diferentes, el más importante de los datos de entrada es (fn.cmx) y los archivos de salida como los reportes de predicción (fn.prd) y sesión (fn.ses).

Se recomienda también especificar el caso de diseño y el nombre de los niveles para facilitar la rápida identificación al momento de la impresión y un buen almacenamiento.

Ventana Del Efluente.

Esta ventana es usada específicamente para especificar las propiedades del efluente, el tipo de efluente ingresado es usado subsecuentemente en las pestañas de entrada para modificar los valores buscados por el sistema para completar la simulación

Ventana del tipo de contaminante.

En general el CORMIX permite 5 tipos de descargas contaminantes:

Contaminantes conservativos: contaminantes que no sufren ningún decaimiento o proceso de crecimiento, típicamente muchas descargas serán especificadas como conservativas.

Contaminantes no conservativos: el contaminante sufre un decaimiento o crecimiento de primer orden, aquí se necesita especificar el coeficiente de decaimiento (numero positivo) o de crecimiento (numero negativo) en unidades por día.

Descarga caliente: descarga que experimenta perdida de calor a la atmosfera in los casos donde la pluma entra en contacto con la superficie del agua, esto es importante para las descargas termales para predecir el comportamiento de la pluma aguas a fuera, esto es necesario para especificar las condiciones de descarga en términos de exceso de temperatura (delta T) sobre el ambiente (grados Celsius) y el coeficiente de intercambio de calor superficial Wm^2, degC. Los valores de intercambio de calor dependen de la temperatura del agua y de la velocidad del viento

Descarga salina: estas resultan de la desalinización concentrada de desechos o recursos de otras industrias, el CORMIX asume siempre que las descargas salinas tienen densidades mayores que las del ambiente en donde se realiza la descarga, las descargas salinas tienen una fuerte boyante negativa.

Para descargas de mayor densidad en difusores simples y multidifusores es altamente recomendable que el comportamiento de mezcla sea valorado primero como un efluente de tipo conservativo para especificar el grado de densidad de la descarga comparado con el del ambiente receptor . En análisis subsecuentes el tipo de descarga salina debe ser especificado para detalles adicionales del comportamiento de mezcla después de la interacción con los límites de mezcla, además en casos de descargas salinas detalles adicionales del ambiente pueden ser requeridos.
Si la lengüeta de salinidad es seleccionada, el usuario puede también ingresar el trazador de concentración de salinidad CO que puede ser conservativo, no conservativo, caliente.

Descarga de sedimentos: descargas con sedimentos suspendidos son típico resultado de operaciones de dragado, en el CORMIX todas las descargas de sedimentos son asumidas con densidades mucho mayores que las del ambiente. Cinco tipos de sedimentos son soportados (sólidos grandes y gruesos, arena, sedimento grueso, sedimento fino y arcilla) y la sedimentación es modelada usando los ajustes de Stokes, aquí también se puede usar trazadores de contaminantes conservativos y no conservativos.

Para todos los efluentes, la masa y la flotabilidad del flujo del contamínate es requerido, otros puntos importantes son la velocidad de descarga del efluente (Q0) o velocidad de la descarga (U0), densidad de la descarga o temperatura de la descarga para cuando se descarga en agua dulce y la concentración de la descarga del material de interés

Las variables Q0 y U0 son relacionadas a través de la sección transversal del puerto y el programa de analiza y presenta los valores alternativos permitiendo la verificación e inspección del usuario, para efluentes de aguas dulces la densidad de las descargas son relacionadas directamente con la temperatura por medio de una ecuación de estado desde la adición de cualquier contaminante o trazador que tenga un efecto de densidad sin importancia.

En todos los casos la descarga de una concentración de trazador (C0) del material de interés (contaminantes, trazadores o temperatura) es definido como el exceso de concentración arriba de cualquier concentración de fondo en un ambiente del mismo material, el usuario puede especificar la cantidad en cualquier unidad, al final las predicciones del CORMIX serán interpretadas en las mismas unidades, si los datos del contaminante no están disponibles es conveniente especificar C0=100%.

Ventana de datos del ambiente.

Las condiciones del ambiente son definidas por la geometría y las características hidrodinámicas en los alrededores de la descarga. Dos de los efectos significantes de las interacciones en los límites de los procesos de mezcla, los datos requeridos del ambiente para situaciones lateralmente limitados o sin límites.

El análisis del CORMIX, como todas las zonas de evaluación, son cargados usualmente bajo la asunción de estado estático, esta asunción es adecuada desde que los procesos de mezcla son totalmente rápidos relativos a la escala de tiempo de las variaciones hidrodinámicas. En estados altamente afectados por el flujo de marea, la asunción no es muy larga y valida una concentración significante puede ocurrir. CORMIX puede entrar en esta situación y procesar algunas entradas efectos sobre el comportamiento de la pluma.

CORMIX requiere que la sección cruzada del cuerpo de agua sea descrito como un canal rectangular que puede o no tener límites laterales, además el canal es asumido como si tuviera una dirección de corriente rio abajo, seguido de la media del fluido del actual cuerpo de agua que puede ser no uniforme o con meandros, el procesos de descripción de recepción de un cuerpo de agua receptor con un cuerpo geométrico con secciones rectangulares cruzadas es llamada esquematización.

El primer paso hacia la especificación de las condiciones ambientales es determinar si un cuerpo receptor de agua podría ser considerado con o sin límites, para hacer esto es bueno responder otra pregunta sobre la geometría del ambiente , esto es usualmente necesario para tener acceso a los diagramas de cortes seccionales de los cuerpos de agua. Estos deberían enseñarnos el área normal del ambiente de la dirección del fluido y el sitio de descarga y la ubicación mas allá de río abajo. Si el cuerpo de agua es obligado por ambos sentidos por bancos tales como en ríos, arroyos, estuarios estrechos y otros recursos de agua estrechos, estos deberían ser considerados como cuerpos de aguas con limites, como sea en algunos casos las descarga es localizada cercana a un banco o una orilla mientras que el otro banco es para prácticos propósito muy lejos. Cuando la pluma del efluente interactúa con otros bancos u orillas es imposible o poco probable que la situación podría ser considerada sin límites, ahí es donde incluimos las descargas en lagos amplios, estuarios amplios y áreas costeras, si el tipo de efluente es marino o sedimento, luego una región transversal sin límites es asumida en toda la simulación

Sección transversal con límites

Tanto los datos de la geometría (batimetría) como le hidrografía (ambiente de la descarga) deberían ser usados para definir l sección transversal apropiada. Esta esquematización puede ser completamente evidente para canales y riveras regulares o canales artificiales.

Para secciones transversales altamente irregulares, esto puede requerir más juicio y quizás algunas interacciones del análisis para obtener mejores resultados sobre la sensibilidad de los resultados de la forma de la sección transversal.

Sección transversal sin límites

Hidrografía e información geométrica están estrechamente ligadas en este caso para lagos y reservorios elevados o de datos de estado de marea, determina la profundidad por el análisis de condiciones de recepción de aguas.

Condiciones ambientales opuestos a la marea

Cuando las predicciones son deseadas en un ambiente inestable fluido, información acerca de los ciclos de marea deben ser suministrados. En general estuarios o aguas costeras pueden exhibir considerable complejidad con variaciones en ambas magnitudes de velocidad, dirección y profundidad de agua. La velocidad de la marea cambia de dirección 4 veces durante el día

Especificaciones de la densidad ambiental

Información acerca de la distribución de la densidad en el cuerpo de agua es muy importante para una correcta predicción del comportamiento de la pluma descargada, el primer parámetro requerido es saber si es agua dulce o no, el sistema da apertura a colocar la temperatura del ambiente y así calcular mediante la ecuación de estado la densidad del cuerpo de agua.

El usuario también debe especificar la temperatura del ambiente para poder considerarlo como un ambiente uniforme o no, para condiciones uniformes el porcentaje de densidad ambiental o de temperatura debe ser especificado.

Cuando las condiciones no son uniformes el programa requiere que las mediciones actuales de la distribución vertical de la densidad se aproximada a una de las 3 esquematizaciones de estratificación.

- ✓ Tipo a perfil de densidad linear
- ✓ Tipo b sistema de dos capas con constantes de densidad y densidad fluctuante.
- ✓ Tipo c contantes de densidad de la capa superficial con perfiles de densidad linear en las capas del fondo separadas por densidad fluctuante.
- ✓ Tipo d perfiles de densidad en 3d, disponibles para salmuera costera y/o solo este tipo de sedimentos.

Rapidez del viento.

Cuando se especifica la rapidez del viento (UW) sobre las condiciones de diseño se debe mantener en mente que el viento no es importante para las condiciones de mezcla de la descarga cercana pero podría afectar críticamente en el comportamiento de la pluma en el descarga lejana esto es especialmente importante para descargas calientes en la región de difusión flotante, usualmente los datos de estaciones meteorológicas son suficientes, El viento es a direccional en el programa, es usado solo para la transferencia de calor en la superficie y la mezcla en el ambiente

Ventana de descarga.

Las propiedades de descarga son ingresadas en esta ventana, consta de 3 opciones: puerto simple, difusor multipuertos y especificación de recursos en superficie.

Descarga de datos: puerto simple (CORMIX 1)

Geometría de la descarga: permitir el establecimiento del sistema coordenado de referencia y orientación de la descarga a la que se hace referencia, CORMIX 1 requiere la especificación de la geometría de las salidas

Ubicación de bancos cercanos

Distancia de los bancos cercanos

Diámetro del puerto

Para descargas sumergidas, altura de los puertos (H0)

Para descargas sobre la superficie altura de los puertos además aquí se debe especificar el tipo de fluido si es como chorro, reflectada o como espray

Angulo vertical de la descarga (THETA), este ángulo debe estar entre 45° y 90°

Angulo horizontal de la descarga (SIGMA)

Descarga de datos: difusores multipuertos

Un difusor multipuertos es una estructura linear que cosiste de muchos más o difusores menos cerrados que inyectan una serie de plumas turbulentas a una alta velocidad en un ambiente receptor o cuerpo de agua, estos puertos pueden estar conectados por ascensos verticales adjuntos a una tubería de fondo o túnel o puede ser más simples abiertos en una tubería pegada al fondo.

Línea de difusor es la línea que conecta el primer puerto con el último puerto, generalmente la línea del difusor coincidirá con la tubería de conexión o túnel, CORMIX 2 podrá asumir una difusor en línea recta, si la tubería actual del difusor tiene curvas o cambios de dirección esta debería aproximarse más a un difusor recto.

El largo del difusor es la distancia desde el primer puerto hasta el último. El origen del sistema de coordenadas usado por CORMIX es localizado en el centro de la línea del difusor, la única excepción es cuando la línea del difusor empieza en la orilla, cuando el origen es localizado directamente en la orilla.

El CORMIX puede analizar descargas de tres tipos mayores de difusores usados en la práctica de la ingeniería.

El difusor unidireccional donde todos los puntos del puerto están a un costado de la línea del difusor y son más o menos orientados de una manera normal de la línea del difusor y más o menos horizontal

Difusor de plataforma. Donde todos los puntos de puertos siguen generalmente una dirección la línea del difusor con pequeñas desviaciones también a un costado de la línea del difusor y estar más o menos horizontal.

Difusor alternante donde los puertos no hacen puntos en una dirección cercana horizontal en el último caso

Geometría del difusor

CORMIX asume condiciones de descarga uniformes a lo largo de la línea del difusor. Esto incluye la profundidad del agua del cuerpo receptor y los parámetros de la descarga como tamaño del puerto, espacio entre puertos y descarga por puertos etc.

CORMIX 2 asume condiciones de descarga uniforme a lo largo de la línea del difusor, esto incluye la profundidad de las aguas receptoras y los parámetros de descarga tales como tamaño del puerto, espacio entre puertos y descarga por puerto, si el cuerpo que recibe las aguas actualmente tiene profundidades variables, se deberá hacer una aproximación media de la profundidad a lo largo de la línea del difusor con una posible predisposición a condiciones de aguas poco profundas y cercanas, de forma similar valores medios deben ser usados para especificar la variabilidad de la geometría de los difusores cuando esto ocurre.

Para permitir el establecimiento de un sistema de coordenadas como referencia y orientar la descarga a la referencia CORMIX2 requiere las especificaciones siguiendo las siguientes entradas.

- ✓ Ubicación de los bancos cercanos (especificando si es izquierda o derecha) como seria visto por un observador rio abajo en dirección del fluido
- ✓ Porcentaje de distancia de los bancos cercanos de las descargas de los puertos
- ✓ Porcentaje del diámetro de los puertos
- ✓ Radio de contracción para el puerto es requerido. (Este rango puede ser de 1 para puertos bien redondos y bajo los 0.6 para orificios puntiagudos
- ✓ Porcentaje de altura del centro del puerto por encima del puerto (H0)
- ✓ Porcentaje del ángulo vertical de descarga (THETA) entre las líneas centrales y el plano horizontal (45° y 90°)
- ✓ Solo para difusores unidireccionales y de plataforma, el porcentaje del ángulo de descarga horizontal (SIGMA) medido en el sentido contrario de las manecillas del reloj desde la dirección de la corriente

en el ambiente a la proyección de las líneas centrales del puerto. (0° a 360°)

- ✓ Una línea recta aproximada a lo largo del difusor existe entre el primer y el último puerto.
- ✓ Distancia entre la orilla cercana y el primero y último puerto de la línea del difusor.
- ✓ Numero de puertos o ascensos y el número de puertos por ascenso si los ascensos están presentes.
- ✓ Porcentaje del ángulo de alimentación medido contra las manecillas del reloj desde la dirección de la corriente del ambiente a la axisa del difusor (0° a 180°).

Para el difusor de plataforma y unidireccional, relación relativa del ángulo medido también contra las manecillas del reloj del porcentaje de proyección del plano de la línea central de puerto cercano a la axisa del difusor

Ya que el CORMIX siempre asume un espacio uniforme entre ascensos o puertos y formas redondas alrededor de la sección de cruce

Descarga de datos: descarga en superficie (línea de costa)

CORMIX3

En general CORMIX 3 permite diferentes tipos de estructura de fluidos, variedad de canales simples horizontales rodeados de tuberías que pueden estar localizadas cerca de la superficie del agua, en adición a esto 3 tipos de configuraciones con permitidas relativas a los bancos, la estructura de las descargas pueden ser:

- ✓ Al mismo nivel que los bancos o la costa
- ✓ Sobresaliendo del banco
- ✓ Fluyendo en conjunto a lo largo del banco

Geometría de la descarga.

Para permitir el establecimiento de un sistema de coordenadas de referencia y orientar las descargas a la referencia CORMIX 3 requiere la especificación de 7 estradas de datos:

- ✓ Ubicación de bancos cercanos, vistos como si el observador estuviera parado frente al canal en dirección río abajo.
- ✓ Ancho del canal de descarga del canal rectangular
- ✓ Profundidad del canal de descarga
- ✓ Profundidad actual del cuerpo receptor en entrada del canal
- ✓ Pendiente del fondo en el cuerpo de agua receptor y los alrededores de la descarga
- ✓ Angulo horizontal de la descarga

<u>Ventana de zona de mezcla:</u>

El usuario tiene que especificar:

- ✓ Si se usa las definiciones de zonas de dilución toxica (TDZ) de la EPA
- ✓ Si existe un estándar de calidad ambiental

- ✓ Si existen las definiciones de regulación de zona de mezcla
- ✓ La región espacial de interés (ROI) e información deseada sobre la zona
- ✓ Numero de ubicaciones (intervalo de grillas) en el ROI para mostrar detalles de salida
- ✓ Dependiendo de las respuestas anteriores, algunos datos adicionales pueden ser requeridos

Cuando se aplica la definición de TDZ, el usuario también debe indicar el criterio de máxima concentración (CMC) y el criterio de concentración continua (CCC) con las que se intenta proteger la vida acuática de efectos crónicos o agudos

Cuando existen zonas regulatorias (RMZ) esto puede especificarse por:

- ✓ Distancia desde la ubicación de la descarga
- ✓ La sección transversal ocupada por la pluma o
- ✓ La longitud de la pluma del efluente

La región de interés (ROI) que es una región definida por un usuario donde las condiciones de mezcla van a ser analizadas estará especificada con la máxima distancia en dirección del flujo de mezcla del efluente.

Los intervalos de la grilla para exposición de controles como muchas líneas de salida de datos son escritos desde el modelo de simulación con cada modelo de simulación, estos parámetros permitirán un rango de 3 a 800 y podrán elegir valores que no afecten la exactitud de la predicción del CORMIX, los valores reducidos deben ser especificados para cálculos iníciales para minimizar las largas impresiones mientras que los grandes valores deben ser deseables para predicciones finales para resolver limites de zonas de mezcla

Ventana de salida:

Esta pestaña es el control remoto del CORMIX y sus salidas de simulación, el usuario puede presentar, imprimir, o puede presentar la variedad de resultados en reportes, descripción de fluidos, datos de procesamiento, recomendaciones de diseño. En adición a esto el usuario puede Ver los diagramas de reglas y elegir desplegarlos en los procesamientos

Ventana de procesamiento

Esta ventana permite al usuario ver los pasos de simulación del CORMIX o ejecutar las entradas una vez. El procesamiento de los datos es mostrado en una ventana de texto y se pude ver también como son ejecutadas las simulaciones basadas en los modelos, esta ventana muestra importantes mensajes acerca del caso bajo consideración y relativas conclusiones iníciales acerca del comportamiento.

Unidades de medición.

El CORMIX utiliza el sistema métrico SI para cálculos internos y reportes de programas, si los datos ingresados son una mezcla de unidades de medición el programa convierte los datos al sistema métrico, los datos de contaminantes pueden ser introducidos en cualquier unidad (mg/l, ppb, conteo de bacterias, etc.)

Considerando la exactitud del CORMIX, 3 o 4 dígitos significativos pueden ser introducidos y serán suficientes, los únicos parámetros que necesitan 5 dígitos son la densidad del ambiente y la densidad del efluente, especialmente cuando se simula descargas ha ambientes estratificados.

CAPITULO 4

4.1 APLICACIÓN DEL MODELO CORMIX EN LA ZONA DE ESTUDIO

4.1.1 METODOLOGÍA Y CRITERIOS USADOS EN EL ANÁLISIS

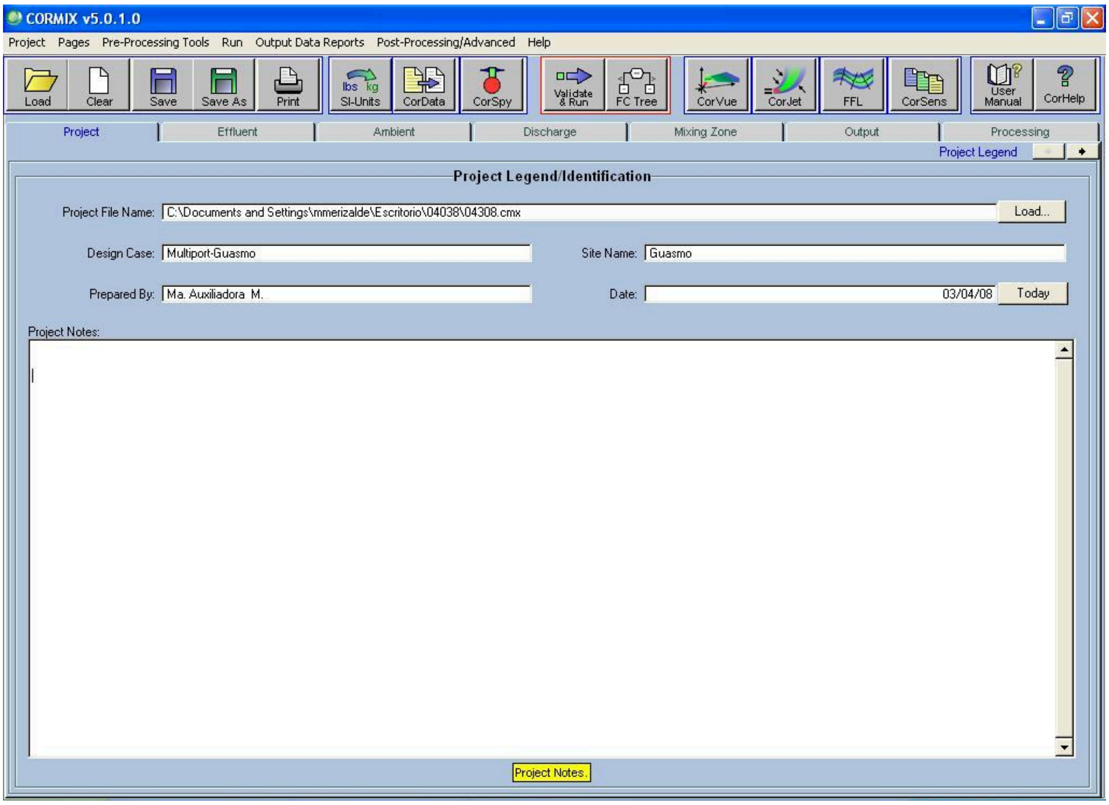
El CORMIX (Cornell Mixing Zone Expert System) es un programa que presenta al usuario una interface amigable y fácil de usar. Al momento de realizar la corrida el programa presenta siete pestañas, las cinco primeras contienen los datos del caso de estudio, la sexta es para elección de los resultados que se desean mostrar y la manera en que se los quiere obtener (desplegados en pantalla o impresos) y la ultima pestaña es para la validación de los datos que se ingresaron (se puede optar por una sola corrida o en tres pasos).

Si el programa detecta algún dato inconsistente, se podrá revisar su ubicación y los rangos entre los cuales se debe trabajar, de no ser corregidos los errores el programa no correrá.

Las pestañas presentadas en el CORMIX son las siguientes:

- ✓ Proyecto
- ✓ Efluente
- ✓ Ambiente
- ✓ Descarga
- ✓ Zona de Mezcla
- ✓ Salida de Datos
- ✓ Procesamiento.

Figura 4.1Ventana de proyecto



Fuente: Corrida Del CORMIX
Autor

Ventana de proyecto.

Datos requeridos:

Nombre del proyecto (**Emisario Subfluvial Guasmo**)

Caso de diseño (CORMIX 1,2 o 3) (**2**)

1. Nombre del evaluador
2. Nombre del sitio (**Guasmo**)
3. Fecha de la corrida.

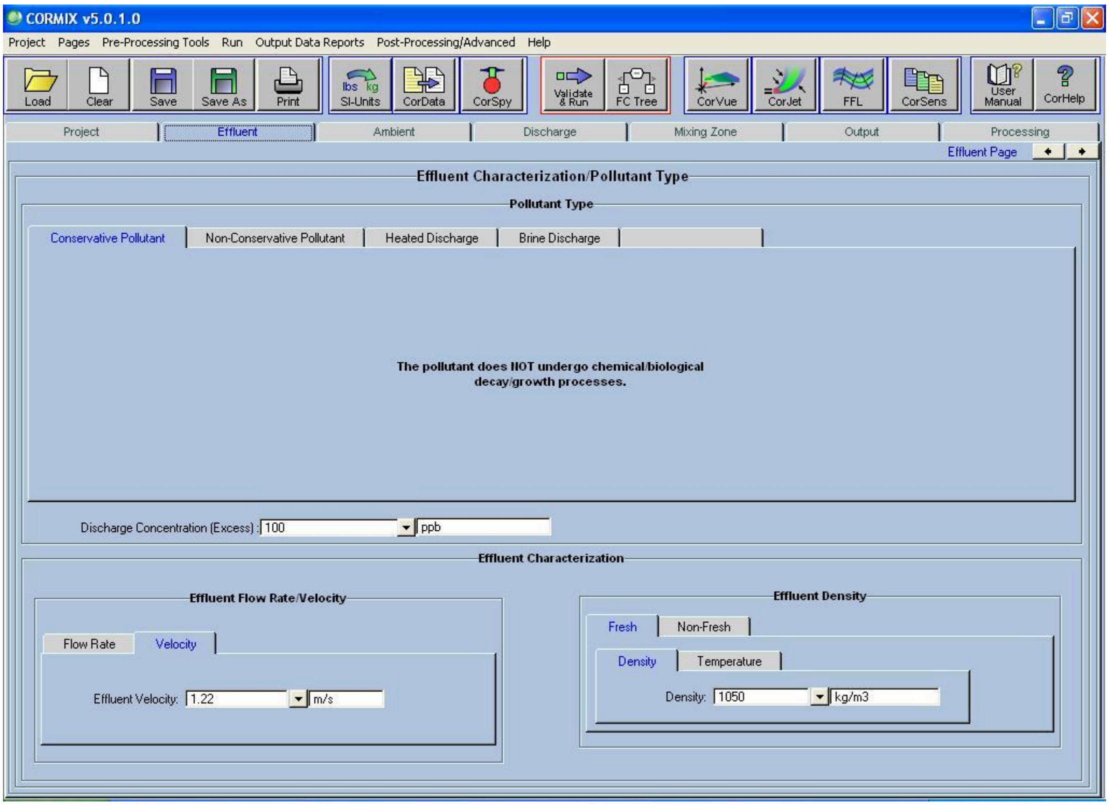
Antecedentes para la venta de proyecto.-

El sitio de estudio está ubicado en el río Guayas, a la altura de las esclusas (en el sur de la ciudad) cercano a la desembocadura del estero Cobina. El emisario subfluvial está ubicado en forma perpendicular a la línea de costa, sobre el margen derecho del río Guayas.

De acuerdo al mapa del sitio la ubicación es aproximadamente en 02º15,267' S y 079º51.791' W. En este punto se encontró profundidades máximas de 9 metros y mínimas de 5 metros según el estado de la marea.

Este emisario forma parte de la nueva infraestructura sanitaria que se está implementando en el sector del Guasmo, la colocación de un emisario subfluvial múltiple resulta como medida paliativa hasta el debido funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Figura 4.2 Ventana de efluente



Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Ventana de efluente:

Datos requeridos:

1) Densidad del efluente

   a) Dulce (∗)

   b) Salobre

2) Temperatura (28.5°C)

3) Densidad (1000 Kg/m^3)

4) Caudal (1.10 m^3/s)

5) Velocidad (1.22 m/s)

6) Tipo de contaminante

a) Conservativo (∗)
b) No conservativo
c) Descarga Caliente
d) Descarga Salina
e) Sedimentos

7) Exceso de contaminante (120 mg/l)

Antecedentes para la ventana de Efluente.

Los datos 2, 3, 4 y 5 son valores estimados de los estudios previos a la instalación del emisario subfluvial; Para la obtención del sexto dato (tipo de contaminante), primero se debió hacer una pequeña investigación acerca de cada tipo de contaminante disponible dentro de las opciones del CORMIX.

Tipos de contamínate:

- Contaminante conservativo.- Es aquel que no experimenta ningún proceso de crecimiento o caída
- Contaminante no conservativo.- Es aquel que experimenta un decaimiento o crecimiento de primer orden, en este caso se debe

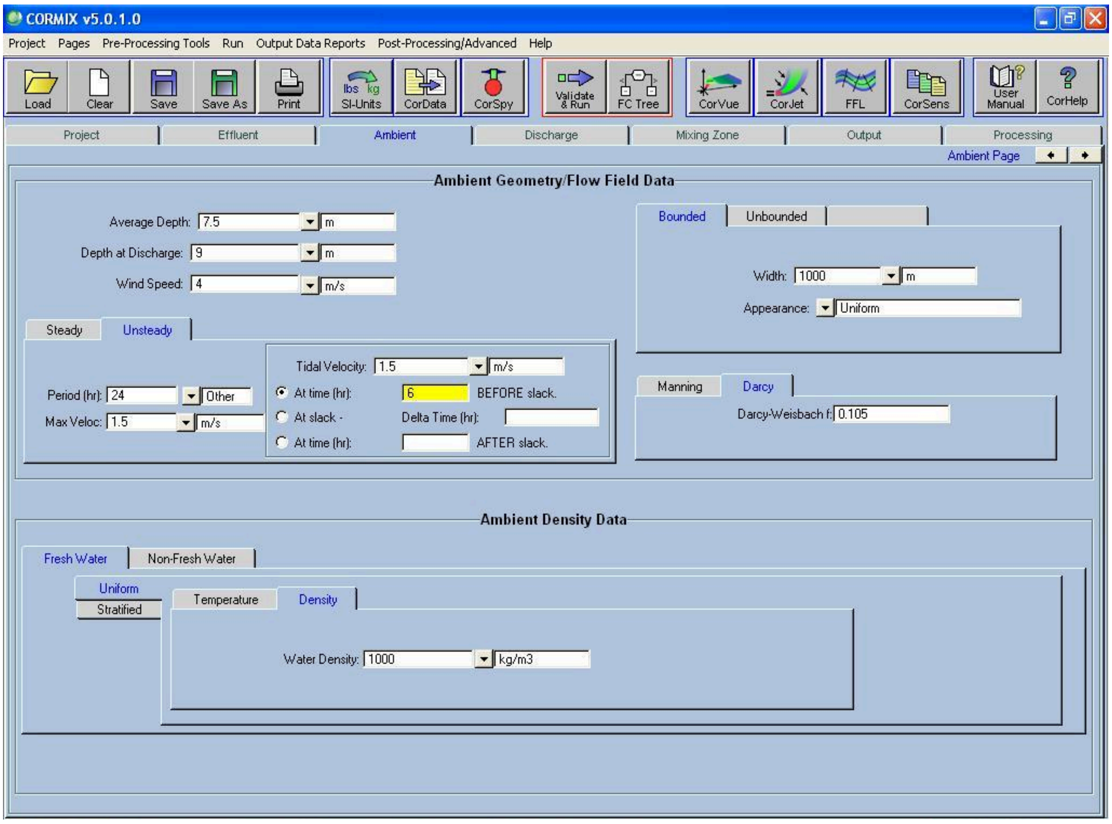
especificar el coeficiente de decaimiento (número positivo) o crecimiento (numero negativo) en unidades por día.

- Descarga caliente.- Es aquella que experimenta una pérdida de calor a la atmosfera en casos de contacto con agua superficiales, es necesario especificar el exceso de calor (delta T) y el coeficiente de intercambio de calor en superficie, la temperatura del agua y del ambiente así como la velocidad del viento son factores importantes que se deben tener en cuenta.
- Descarga salina.- es aquella que resulta como residuo del proceso de desalinización o de las descargas de otras industrias.
- Descarga de sedimentos.- es aquella con alto contenido de sedimentos suspendidos resultantes por lo general de operaciones de drenaje, esta opción permite elegir el tipo de sedimento de entre 5 categorías.

Debido a los conceptos revisados anteriormente se pudo precisar que las aguas residuales están dentro de la clasificación de contaminante conservativos.

El séptimo dato se lo obtuvo de la resta de concentración de DBO_5 típica de aguas residuales domesticas (220 mg/L) menos el límite de descarga de DBO_5 (100 mg/l) a un cuerpo de agua dulce descrita en el libro 6 anexo 1 tabla 12 del TULAS

Figura 4.3 Ventana de ambiente



Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Ventana de ambiente

Datos requeridos:

1) Profundidad de la descarga (9 m)

2) Profundidad media del cuerpo receptor (7.5 m)

3) Características físicas del cuerpo receptor:

a) Sin límites.

b) Con límites (apariencia de los limites) (∗)
- Uniforme (∗)
- Con ligeros meandros
- Totalmente irregular.

4) Estabilidad del ambiente

a) Estable
- Caudal
- Velocidad

b) Inestable (influenciado por ciclos de marea) (∗)
- Periodos (24 h)
- Máxima velocidad (1.5 m/s)
- Velocidad de la marea (1.5 m/s)
- Periodo tomado Antes, durante o después de la estoa.

5) Tipo de pendiente

a) Simple

b) Cercana y lejana (∗)

6) Coeficiente de rugosidad del fondo (1)

7) Velocidad del viento (4m/s).

8) Cuerpo de agua:

a) Dulce

b) Con salinidad (∗)

9) Tipo de densidad:

a) Uniforme (∗)

b) Estratificada

c) Salmuera y sedimentos

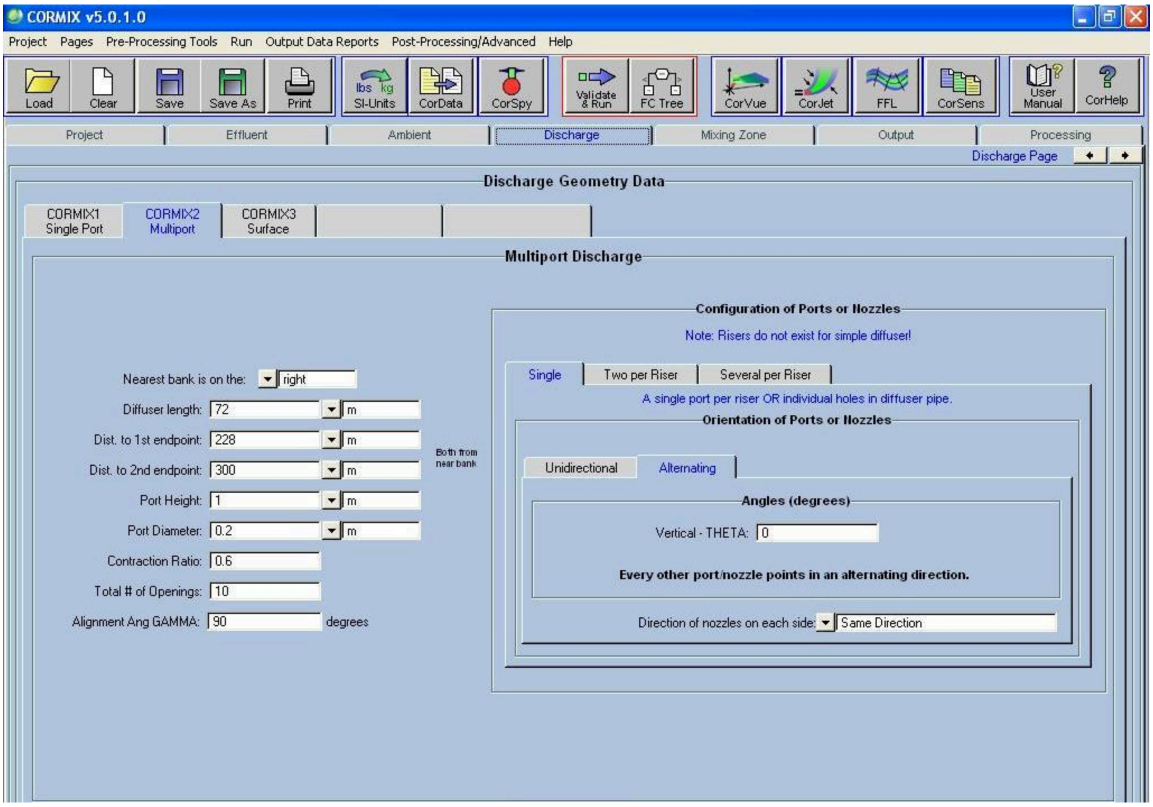
10) Temperatura del cuerpo de agua (28° C)

11) Valor de la densidad (1019 Kg/m^3)

Antecedentes para la ventana de ambiente.

Los datos 1, 2, 5 y 6 de esta sección fueron tomados de los planos de instalación del emisario subfluvial realizados previamente por INTERAGUA, los datos 3, 4, 7, 8, 9, 10,11 fueron obtenidos mediante la observación de la zona de estudio y el séptimo dato se lo obtuvo de las mediciones realizadas por espol en el 2007.

Figura 4.4 Ventana de descarga



Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Ventana de descarga

Datos requeridos

1) Banco cercano

a. Derecha (∗)

b. Izquierda

2) Tipo de puerto

a. Unidireccional (salida del flujo perpendicular a la línea del difusor)

b. En etapas (salida del flujo paralelo a la línea del difusor)

c. Alternado /vertical (∗)

3) Numero de difusores (10)

4) Largo emisario (parte donde están los difusores) (72 m)

5) Altura de los puertos (1m)

6) Diámetro de los puertos (0,20 m)

7) Radio de contracción (0.6 °)

8) Dirección de los difusores

a. Mismo sentido (∗)

b. De abanico

9) Ángulos de los difusores (90°)

La ventana de descarga permite la elección del subprograma correcto según el caso de estudio:

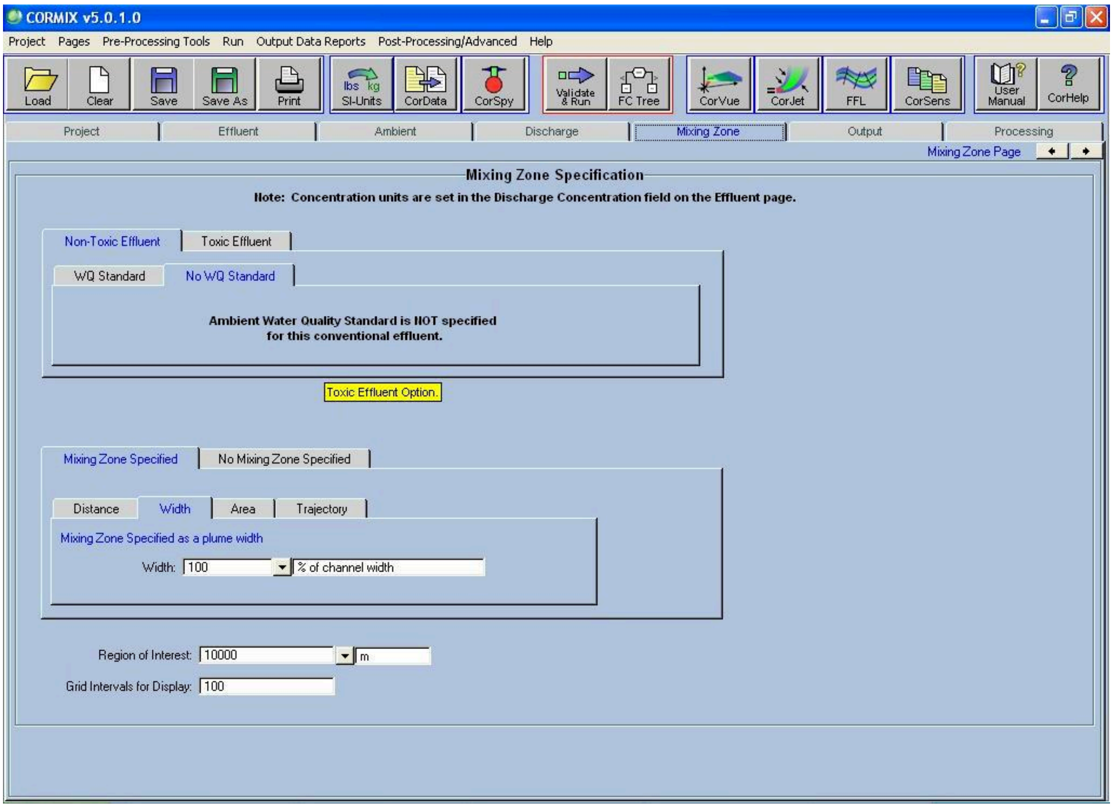
CORMIX 1: Un difusor.

CORMIX 2: Difusor Múltiple. (∗)

CORMIX 3: Descargas en superficie.

Los datos de esta sección fueron adquiridos de los planos de colocación del emisario realizados por la empresa INTERAGUA

Figura 4.5 Ventana zona mezcla



Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Ventana zona de mezcla

Datos requeridos:

1) Tipo de efluente

a. Toxico

b. No toxico (∗)

2) Estándar de calidad de agua

a. Si (∗)

b. No

3) Zona de mezcla especificada

a. Si (∗)

b. No

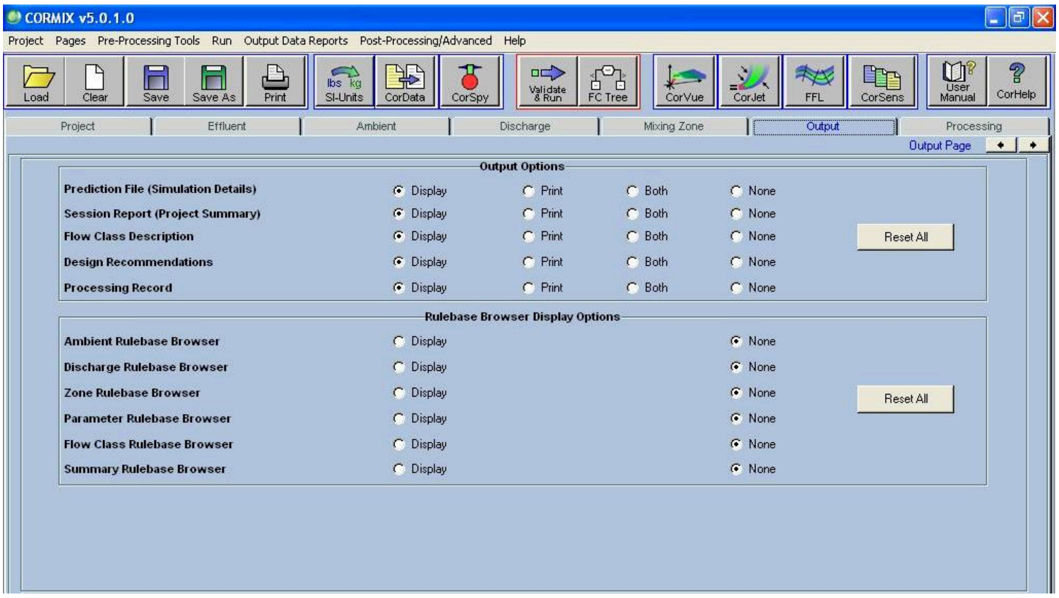
4) Región de interés (6.000 m)

5) Intervalos de grillas (1 m, 5m, 10m, 50m)

Antecedentes de la ventana de Zona de Mezcla.

El usuario se encarga de especificar los datos de la zona de mezcla con los que quiere trabajar, en este caso se tomo en cuenta el estándar de calidad de agua con respecto a la concentración de oxigeno disuelto (DBO_5) que debe tener un cuerpo hídrico para estar acto para desarrollar actividades pesqueras, tomando en cuenta que aguas abajo del lugar donde está localizado el emisario existen un sinnúmero de camaroneras que se proveen del agua del rio sin tratamiento previo.

Figura 4.6 Ventana de salida de datos



Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Ventana de salida de datos

Esta ventana permite elegir la manera en que se quiere desplegar los datos de la corrida del programa; que puede ser en una ventana emergente, impresos, ambos o ninguno.

Opciones que se pueden desplegar:

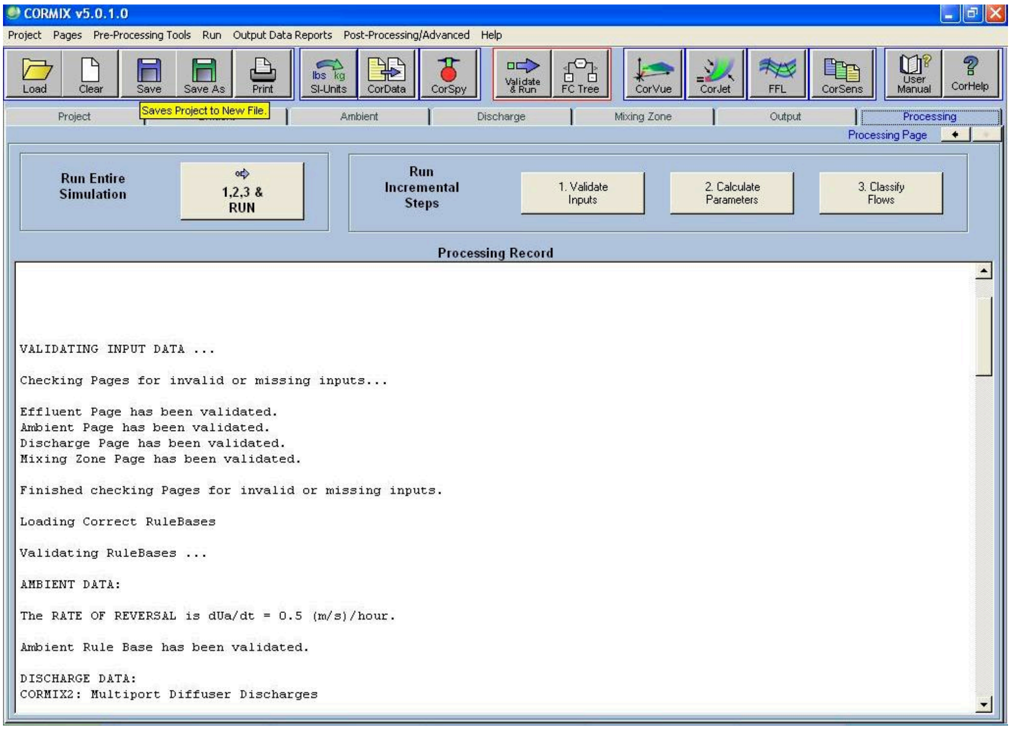
Archivo de predicción (detalles)

Reporte de la sesión (sumario del proyecto)

Recomendaciones de diseño

Registro de procesamiento

Figura 4.7 Ventana de procesamiento de datos.

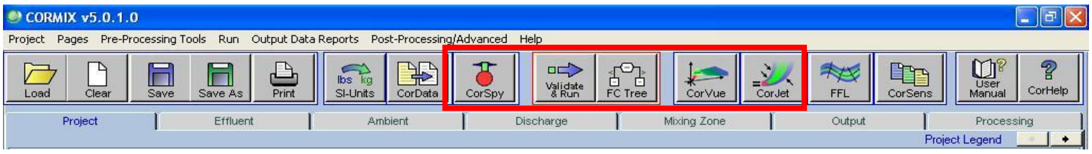


Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

4.1.1.7 **Ventana de procesamiento de datos**

En esta ventana el usuario puede elegir la manera en que desea correr el modelo, simulación entera o en pasos. Para efectos de comprobación se corrió el CORMIX de ambas maneras.

Figura 4.8 Barra de tareas del CORMIX



Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

4.1.2 HERRAMIENTAS DEL CORMIX USADAS EN EL CASO DE ESTUDIO:

CorSpy

CorVue

Fc Tree

CorJet [1]

CorSpy

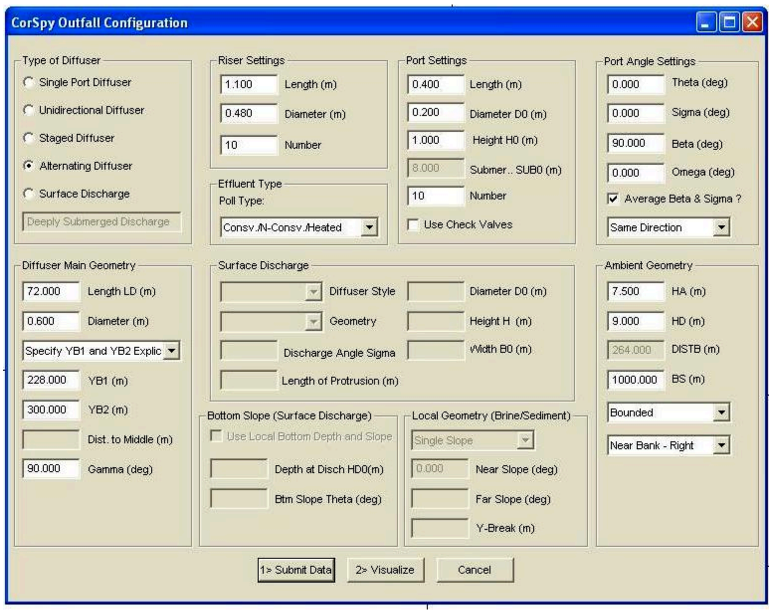
Es una herramienta usada para la representación grafica del emisor y sus difusores, se puede obtener un sinnúmero de diseños dependiendo de los datos que se ingresen en esta herramienta.

Los datos usados dentro de la pestaña de descarga son los mismos utilizados en el CorSpy, Al ingresar a esta herramienta el programa abre una ventana que visualiza los datos anteriormente mencionados y pide su validación, una vez

[1] Esta herramienta no se uso en el caso de estudio, se corrió solo para mostrar cómo trabaja

Hecha la validación, ya se puede realizar la visualización del emisario y los difusores.

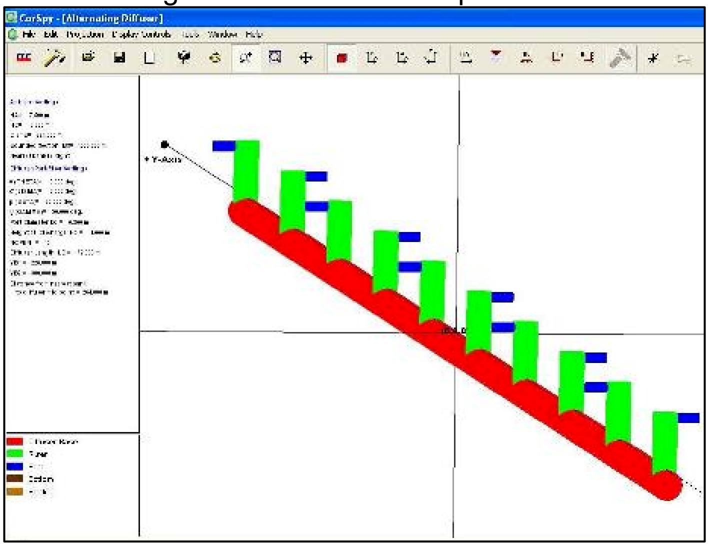
Figura 4.9 CorSpy ventana de validación de datos



Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

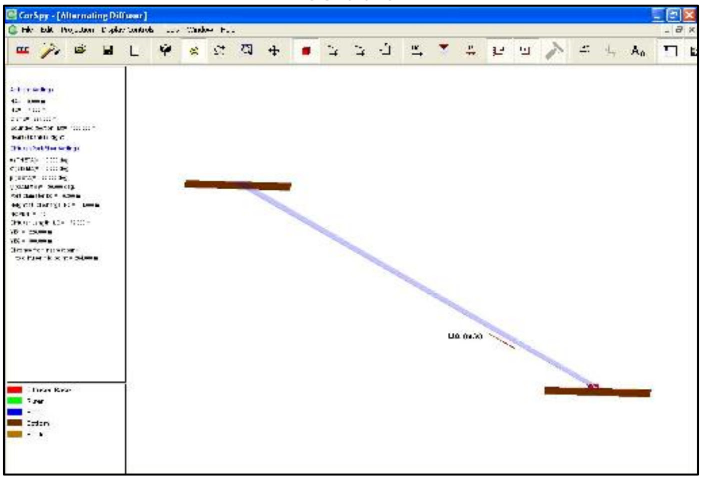
Dentro de la barra de herramientas del CorSpy se encuentran varios comandos útiles, que permiten ver el difusor en diferentes ángulos, en forma tridimensional; hay herramientas que permiten agregar o quitar las características del lugar de estudio, tales como fondo, superficie, velocidad del cuerpo receptor, orillas cercanas; CorSpy puede mostrar también los planos en los cuales esta graficado el difusor (x, y, z), contiene también una opción que permite rotar a voluntad el grafico y otro que ayuda a tomar el grafico y colocarlo en la posición que se requiera.

Figura 4.10 Difusor múltiple 3D



Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Figura 4.11 Difusor múltiple vista panorámica sitio de estudio

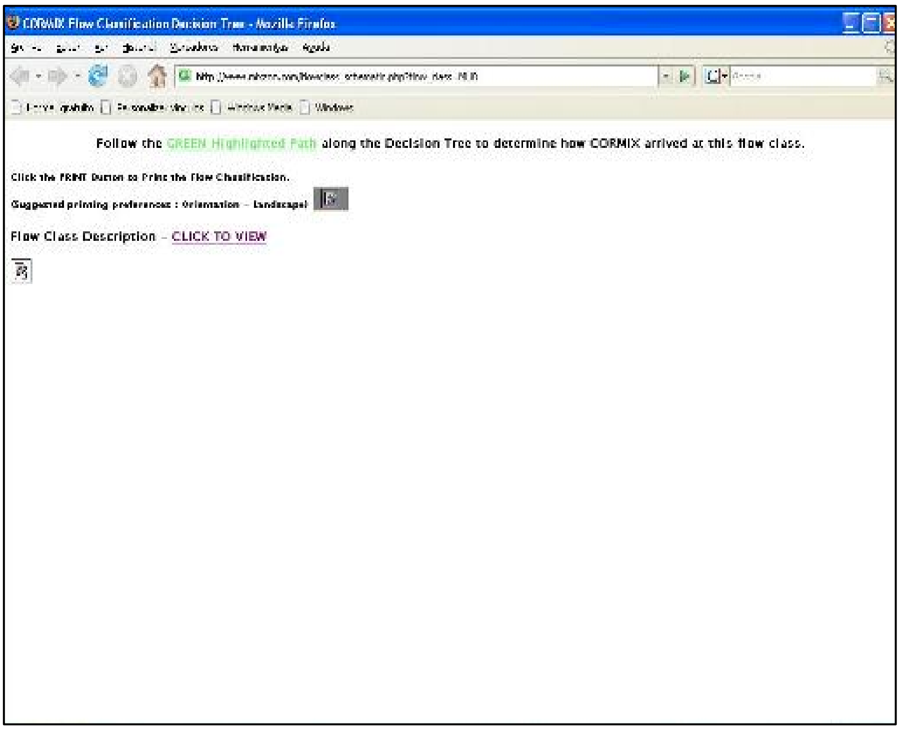


Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

FC Tree

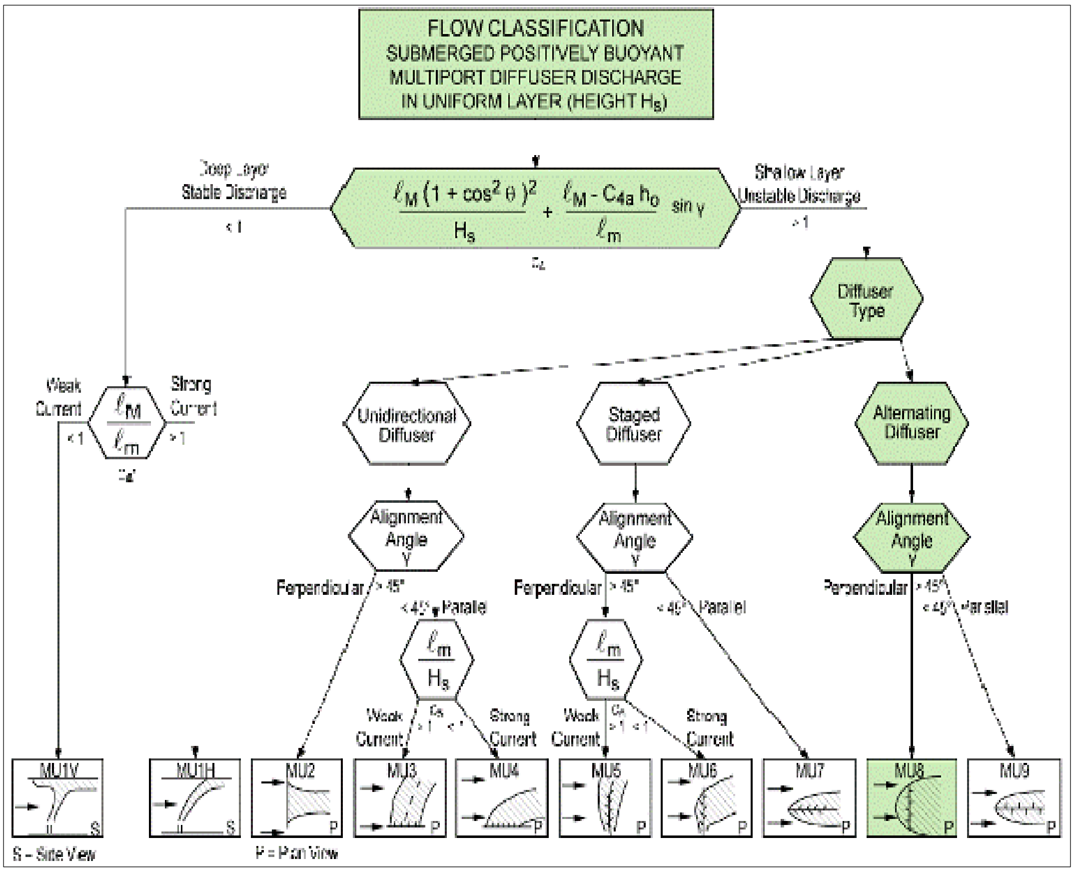
Esta herramienta está ligada al webside de Mixzon, despliega una ventana browser que da información acerca del efluente y sus características, además de un diagrama de flujo del tipo de efluente del caso que se está estudiando. Está disponible mientras haya una conexión a internet

Figura 4.12 Ventana del FC Tree



Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Figura 4.13 Fc-Tree Diagrama del Caso



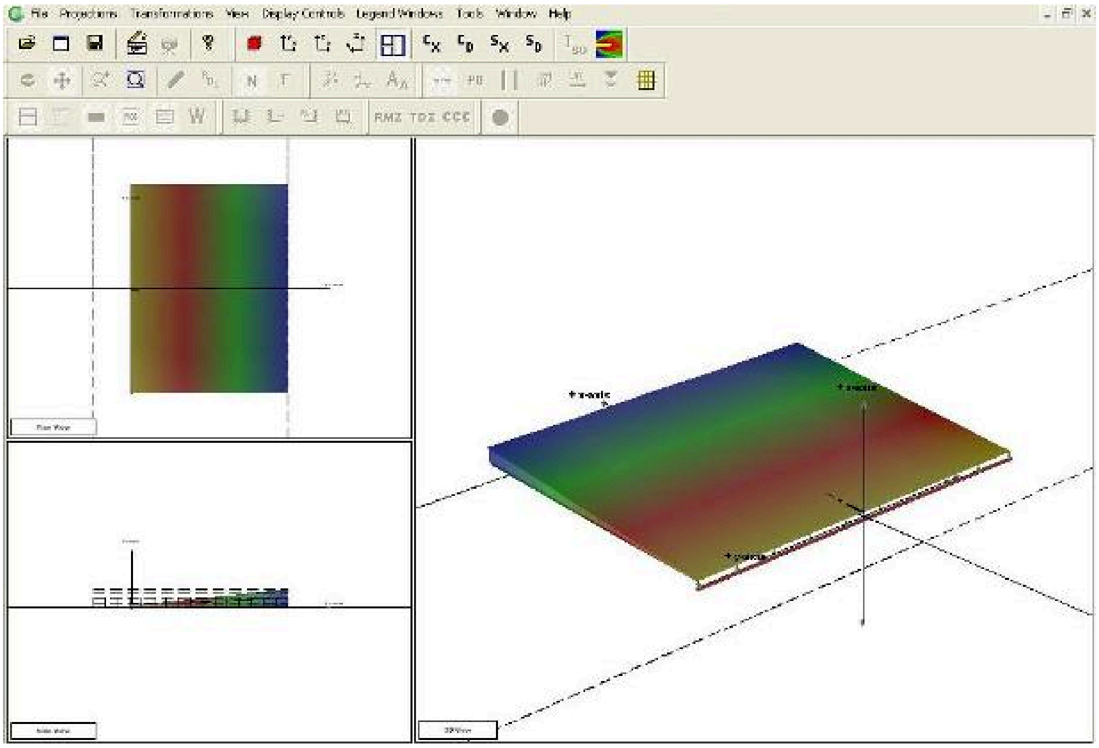
Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

CorVue

Esta herramienta permite visualizar la salida del efluente, como se despliega la pluma, como es el comportamiento de la pluma en las descargas cercanas y lejanas, la concentración del efluente de acuerdo a la calidad de ambiente previamente elegido.

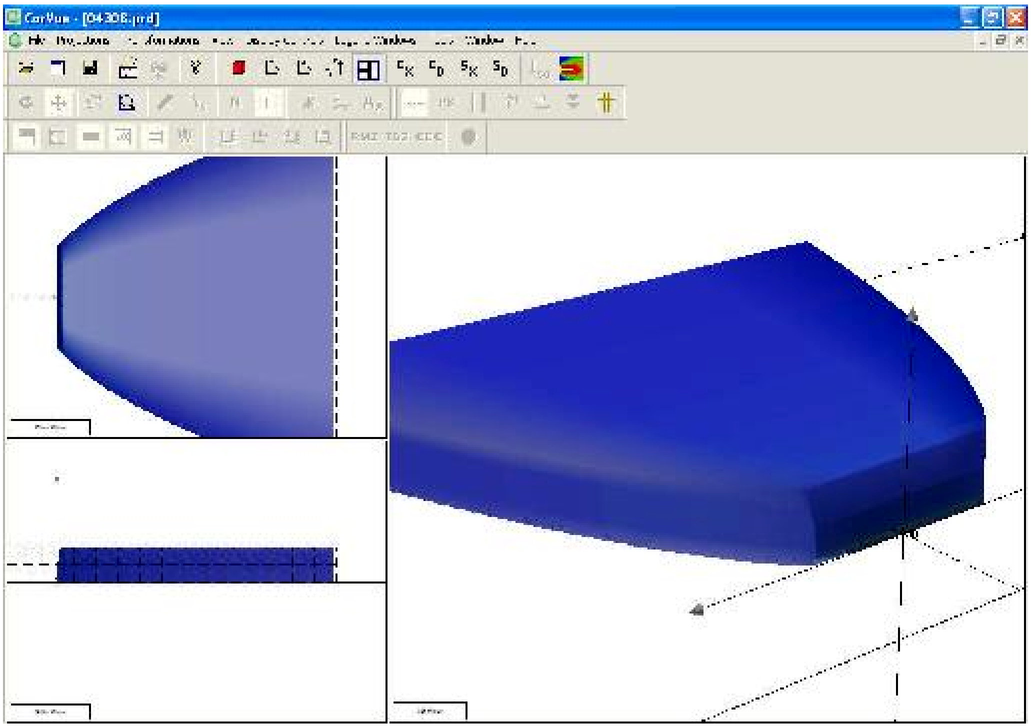
Esta opción también permite visualizar la concentración del efluente versus la distancia, la concentración versus la trayectoria de la línea central, dilución versus la distancia rio abajo, dilución versus la distancia de la línea central.

Figura 4.14 CorVue Descarga Cercana Tres Planos



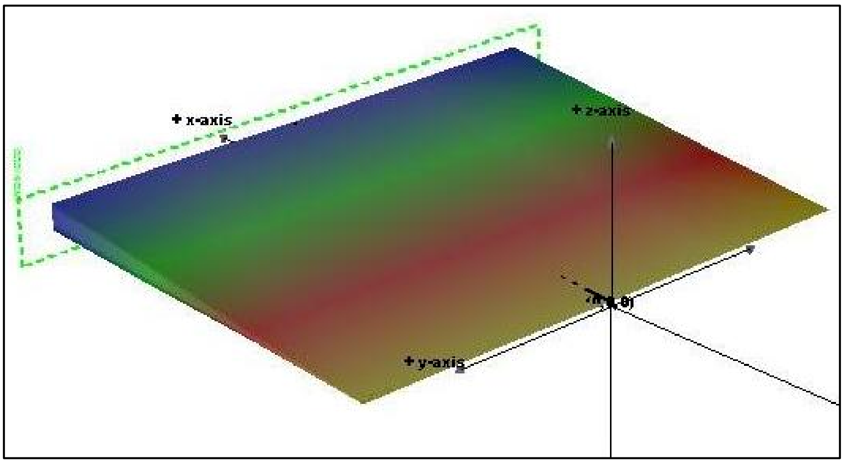
Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Figura 4.15 CorVue descarga lejana tres planos



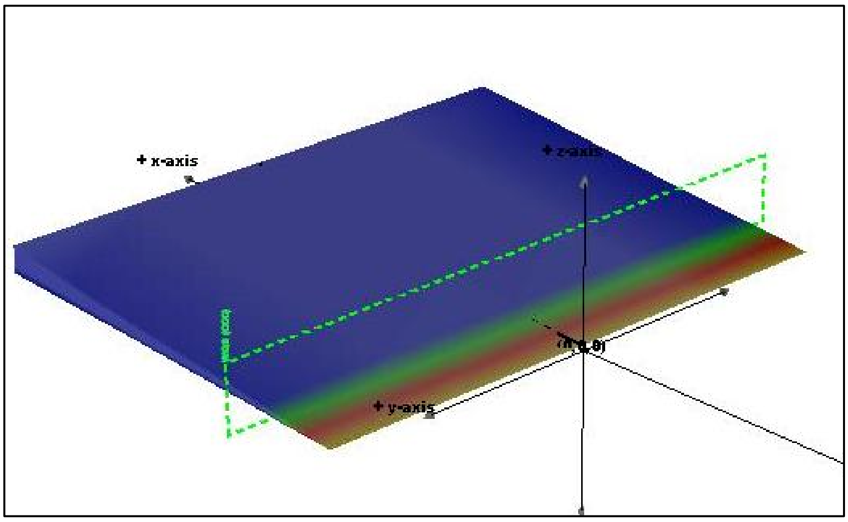
Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Figura 4.16 CorVue campo cercano grilla 1



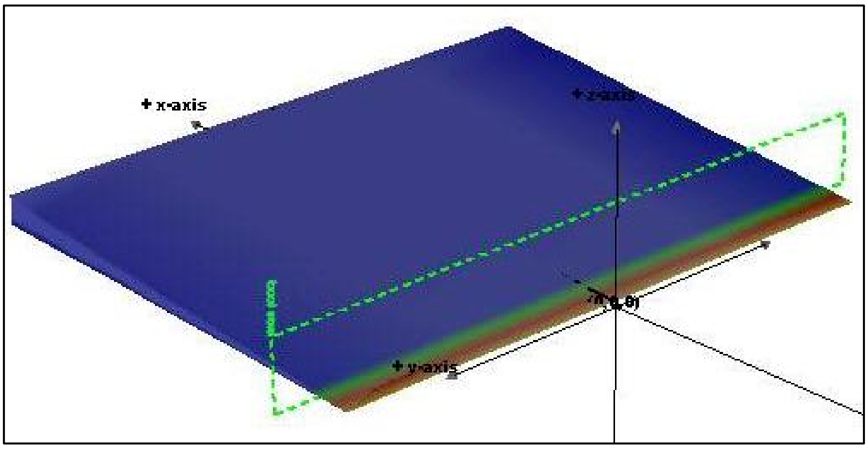
Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Figura 4.17 CorVue campo cercano grilla 5



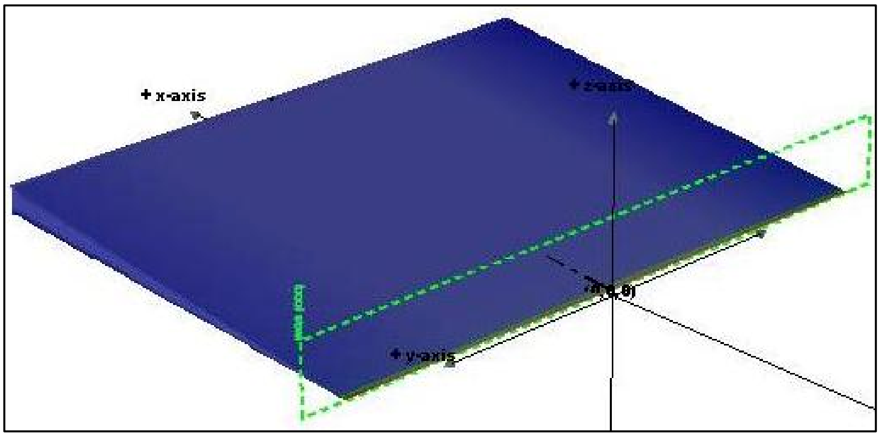
Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Figura 4.18 CorVue campo cercano grilla 10



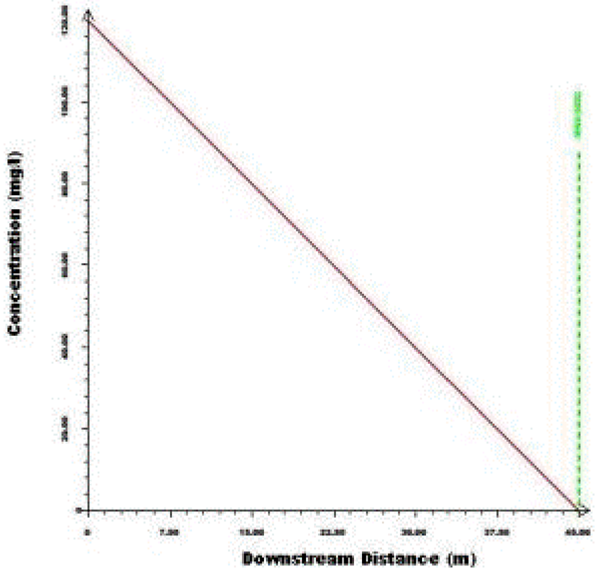
Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Figura 4.19 CorVue campo cercano grilla 50



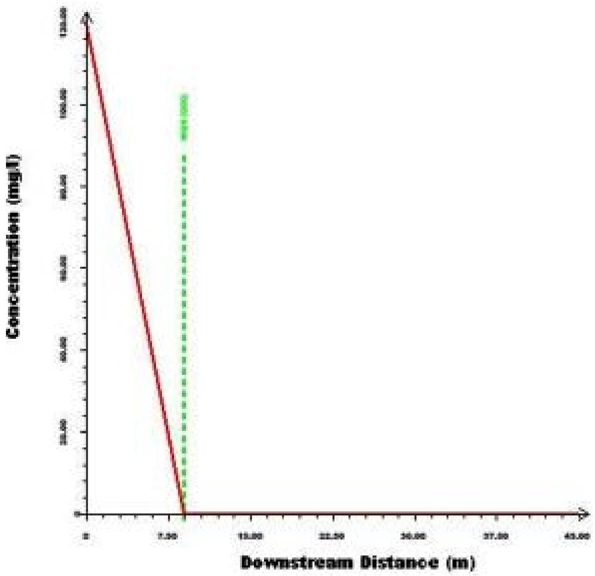
Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Figura 4.20 CorVue diagrama de concentración vs distancia aguas abajo grilla 1



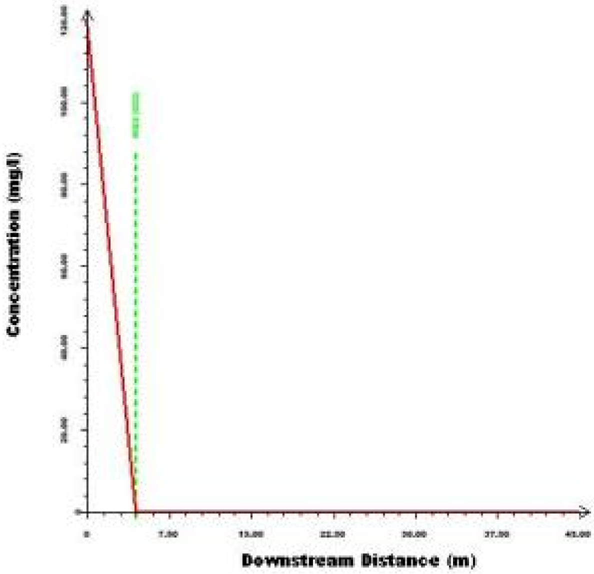
Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Figura 4.21 CorVue diagrama de concentración vs distancia aguas abajo grilla 5



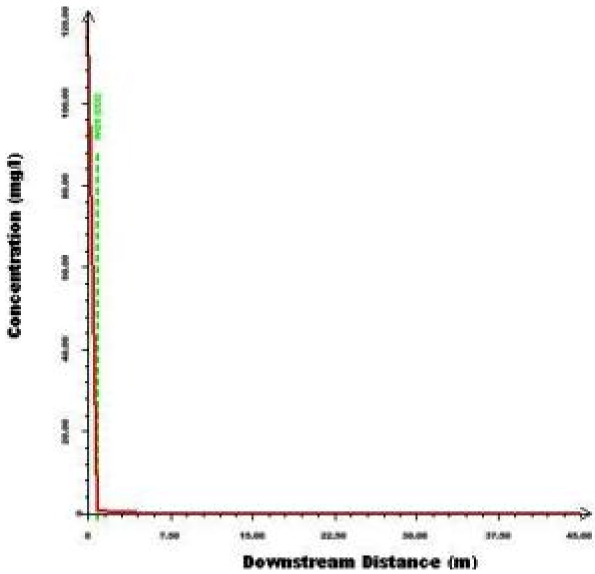
Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Figura 4.22 CorVue diagrama de concentración vs distancia aguas abajo grilla 10



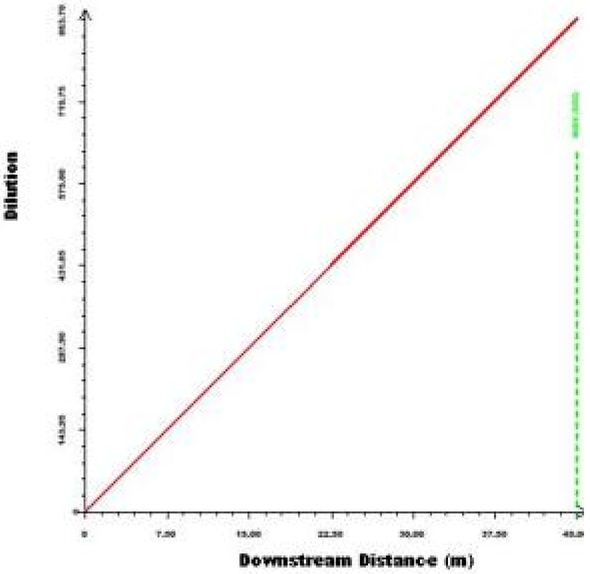
Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Figura 4.23 CorVue diagrama de concentración vs distancia aguas abajo grilla 50



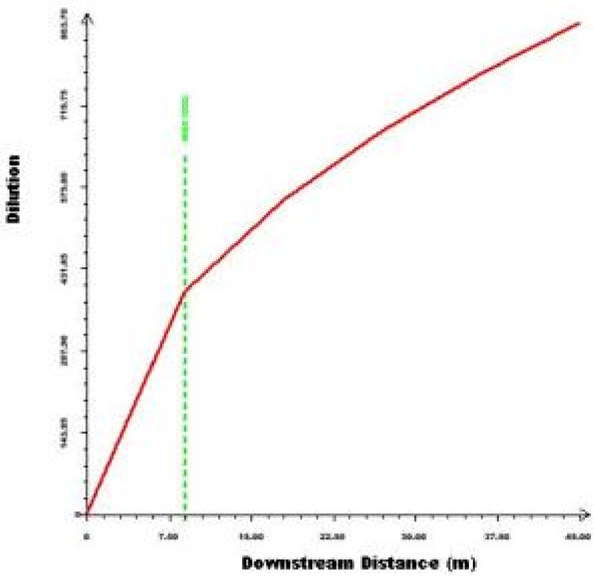
Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Figura 4.24 CorVue diagrama de dilución vs distancia aguas abajo grilla 1



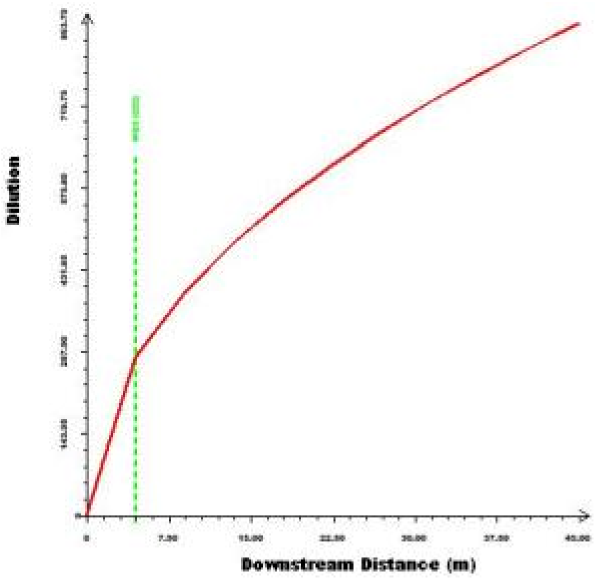
Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Figura 4.25 CorVue diagrama de dilución vs distancia aguas abajo grilla 5



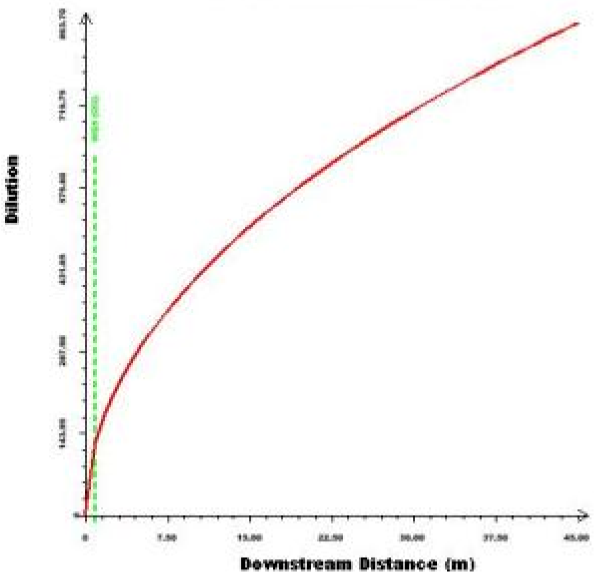
Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Figura 4.26 CorVue diagrama de dilución vs distancia aguas abajo grilla 10



Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

Figura 4.27 CorVue diagrama de dilución vs distancia aguas abajo grilla 50

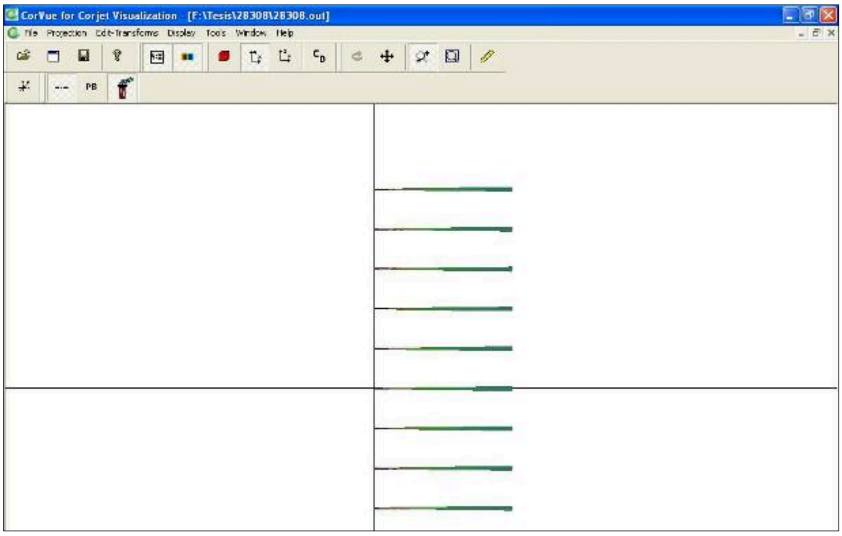


Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

CorJet

Esta herramienta permite visualizar el patrón de comportamiento de las plumas del efluente, pero sin la zona de mezcla como ocurre con el CorVue, para utilizar esta herramienta es necesario haber corrido con éxito el programa CORMIX, una vez que se tiene los resultados el Corjet puede ser usado, al correr esta herramienta produce una ventana de datos que debe ser guardada para la debida visualización de las plumas. Para la visualización de los gráficos del CorJet se debe abrir la herramienta CorVue y elegir abrir archivo, una vez que se tenga la ventana, se debe elegir la opción para la visualización que es: abrir CorVue para Corjet de esta manera se podrán observar los gráficos.

Figura 4.28 CorJet visualización de las plumas del efluente



Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

4.1.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A continuación se proceden a evaluar los resultados obtenidos para cada herramienta del CORMIX.

CorSpy.

Los gráficos obtenidos con el CorSpy a partir de los datos proporcionados por los planos de INTERAGUA son consistentes con los diseños originales del emisario, se puede observar la orientación de los difusores en ángulos de 90 grados como se encuentran colocados actualmente en la zona de las exclusas.

El CorSpy hace una representación grafica exacta de la zona de estudio; con esta herramienta se pudo apreciar claramente la configuración del emisario con respecto a las orillas, la superficie y el fondo del canal.

FcTree.

Con la ayuda de esta herramienta el programa permite categorizar el tipo de fluido y su comportamiento obedeciendo a los datos ingresados previamente en la corrida del CORMIX.

Para la realización de esta caracterización, el CORMIX consta con una base de datos que varía dependiendo del subprogramas (1,2 o 3).

Las clases de flujos que se pueden presentar en el subprograma 2 del CORMIX son las siguientes:

Tabla 3 Categorías de los Fluidos para el CORMIX 2	
CLASE MS	Flujo descargado cerca del fondo atrapado dentro de un ambiente con estratificación linear.
CLASE IMS	Flujo descargado cerca de la superficie atrapado dentro de un ambiente con estratificación linear.
CLASE MU	Flujo descargado cerca del fondo con boyantez positiva en un ambiente de densidad uniforme.
CLASE IMU	Flujo descargado cerca de la superficie con boyantez positiva en un ambiente de densidad uniforme.
CLASE MNU	Flujo descargado cerca del fondo con boyantez negativa en un ambiente de densidad uniforme.
CLASE IMPU	Flujo descargado cerca de la superficie con boyantez negativa en un ambiente de densidad uniforme.

En el caso de estudio se obtuvo para el tipo de efluente una clasificación MU8, esto quiere decir que:

Por tratarse el Río Guayas de un cuerpo de agua con una cota salina, al momento en que el efluente se pone en contacto con el ambiente se produce en primera instancia una boyantez positiva debido a que el efluente tiene una densidad menor a la del cuerpo receptor, esto induce a que el flujo se mezcle rápidamente y que no se produzca una estratificación.

Además de que la cantidad de efluente que sale del emisario no es representativa como para promover una corriente o turbulencia muy fuerte en el instante de su entrada al cuerpo receptor, y debido a que la magnitud del caudal y la velocidad de las corrientes presentes en el rio son sumamente superiores a las del efluente, se concluye que la dinámica del efluente es lo suficientemente fuerte como para interactuar con el fondo del canal y con la costa más próxima para producir una zona inestable cerca del origen del efluente.

<u>CorVue</u>

En los resultados presentados por esta herramienta se puede observar la salida del efluente al cuerpo receptor en todos los planos posibles, se visualiza también las zonas de análisis para el modelo, que son las siguientes:

La región de descarga cercana y la región de descarga lejana.

Se puede observar que para la magnitud del efluente la zona más importante para este análisis es la zona de descarga cercana, debido a que todos los procesos se realizan en este sector, según las imágenes que se obtuvieron como resultado de esta herramienta se observo que la zona de interacción del efluente cubre aproximadamente desde el inicio de la descarga dos metros y medio sobre el fondo y se extiende hasta los cuarentaicinco metros rio abajo que es la máxima distancia en la que el programa encuentra residuos del efluente, aunque la zona de análisis se haya fijado para 6 kilómetros (La zona de estudio debe ser 10 veces mayor que la zona donde se hace la descarga). La zona de descarga lejana no presenta ningún tipo de interacción con la pluma del efluente según los resultados del programa.

Según las actividades que se deseen realizar en un cuerpo de agua sea este dulce o salobre, se deben tener en cuenta parámetros específicos que garanticen su calidad, entre los parámetros generales para determinar si un cuerpo de agua está apto para actividades relacionadas con el hombre debemos tomar en cuenta las características físicas, químicas y biológicas del cuerpo de agua.

Para este estudio se tomo la demanda biológica de oxigeno (DBO_5) como parámetro estándar para calidad de agua, para el análisis del comportamiento del efluente el DBO_5 es un parámetro de contaminación orgánica, que se puede aplicar tanto en aguas residuales como en aguas superficiales, la determinación del DBO_5 está relacionado con la medición del oxigeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica.

El DBO_5 está dentro de las características químicas del agua más importantes al momento de determinar si un cuerpo hídrico esta o no apto para actividades relacionadas con el hombre, este parámetro es uno de los más empleados debido a que un descenso significativo del mismo perjudica a la vida acuática

Del cuerpo receptor y por ser el rio Guayas una fuente de recursos acuícolas permanente para los sectores asentados en sus riberas así como para las camaroneras situadas a lo largo de su cauce, se juzgo pertinente trabajar con él y según los estándares de la ley ecuatoriana la concentración de DBO_5 no debe pasar los 32 mg/l (miligramos por litro) es por este motivo que se pone este rango como cifra base para observar el comportamiento del efluente.

En los gráficos de dilución y concentración realizados por el CorVue se puede apreciar claramente como estos dos parámetros van disminuyendo a medida que siguen el cauce río abajo del rio y que el estándar de calidad de agua permanece contante y que el rio no recibe impactos significativos por la descarga del efluente.

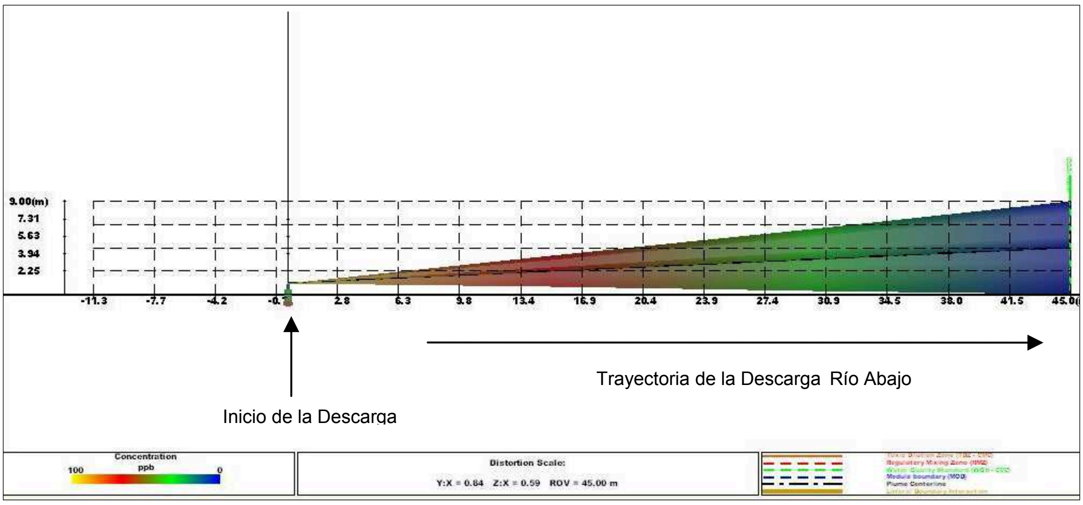
CorJet

Esta herramienta muestra el comportamiento de las plumas formadas por los efluentes momentos antes de que se mezclen para formar una sola pluma, en este caso se tomaron las imágenes previas a que el tipo de efluente fuese elegido, es solo para observación puesto que para escenarios inestables el Corjet no puede ser corrido, según las restricciones de Mizon inc.

4.1.4 RESULTADOS GENERALES

1.- Los niveles de concentración del contaminante decrecen a medida que su trayectoria avanza aguas abajo en el rio, esto se puede observar en las figura 4.29 donde la estela del contaminante empieza a desaparecer a los 38 metros a partir del punto de emisión del efluente.

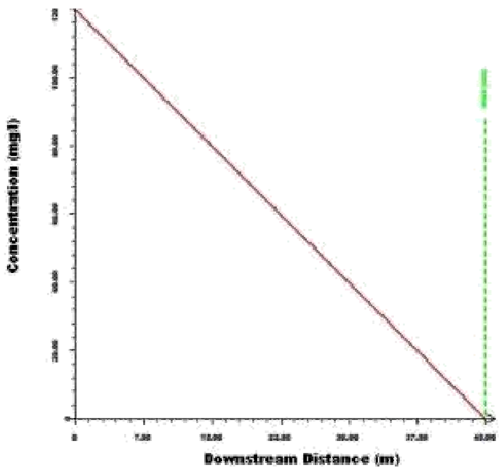
Figura 4.29 Disminución de la concentración del efluente en el río guayas vista lateral



Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

2.- La calidad de agua del cuerpo receptor se restablece completamente a los 45m rio abajo, pasa de un exceso en la norma de 120 mg\l de DBO5 al estándar permitido por el Texto Unificado de Legislación Ambiental que es de 100 mg\l. (Ver figura 4.30)

Figura 4.30 Disminución de la concentración del efluente
río abajo



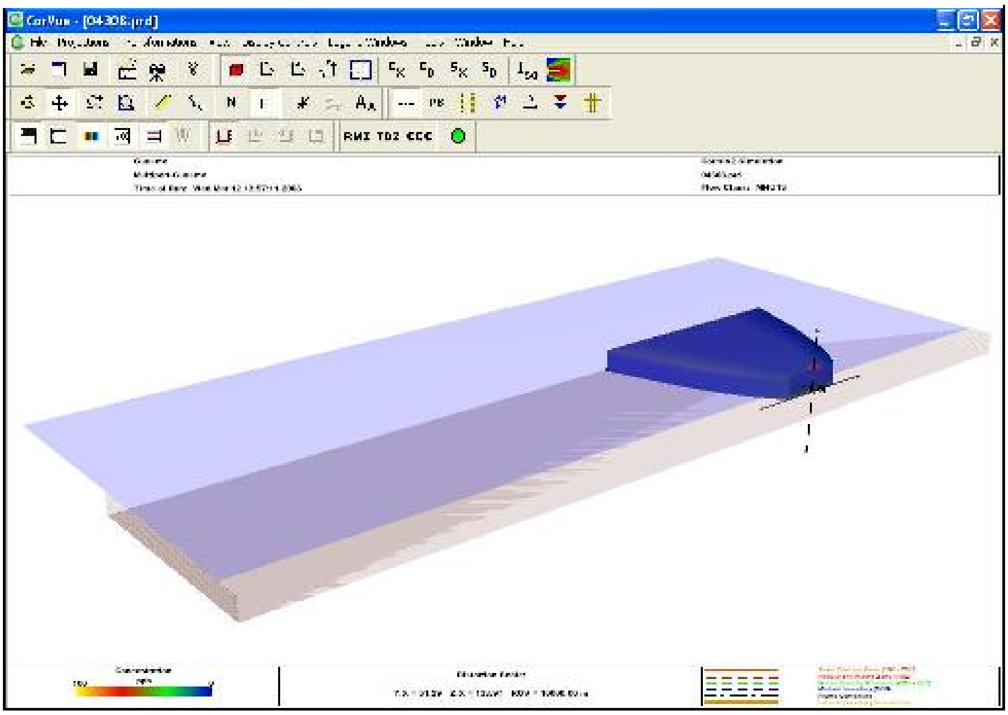
Fuente: Corrida del CORMIX
Autor

3.- La densidad del efluente es menor que la del ambiente circundante esto produce una boyantes positiva que permite que el efluente ascienda y se mezcle mejor en la columna de agua.

4.- Existe una interacción entre el efluente y el fondo del canal que podría afectar a la fauna bentónica del lugar, esto se puede apreciar en la figura 4.29

5.- La pluma del efluente no realiza contacto con las orillas como se puede apreciar en la figura 4.31 según estos resultados se concluye que las industrias y urbanizaciones asentadas en las orillas no se verán afectadas

Figura 4.31 Simulación del área de estudio



Fuente: Corrida del CORMIX

Autor

6.- Las corrientes ejercen una gran influencia en la disminución de la concentración del efluente, se observo que en bajamar se registran los mayores valores tanto en superficie como en fondo (0.10 – 0.064 m/s), en la zona donde se encuentra asentado el emisario las corrientes fluctúan entre 1.28 m/s y 0.03 m/s dependiendo del estado de marea.

7.- El Río Guayas mueve una gran masa de agua con caudales aproximados de 230m^3/s en estación seca y 1500 m^3/s en estación lluviosa (Trabajo de procesos estuarinos 2005), esta característica provoca que los efluentes que ingresan a este cuerpo de agua se diluyan velozmente y no causen gran impacto a lo largo de su cauce.

CAPITULO 5

5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.1CONCLUSIONES

- Los cálculos de esta tesis son valores estimados sobre un escenario donde se cumplen todos los parámetros necesarios para el vertido de un efluente, sin embargo la situación no es del todo real, el emisario en el sector del Guasmo se encuentra trabajando pero no a toda su capacidad, además a estas alturas no se conoce que se haya implementado una planta o proceso de tratamiento previo a la evacuación del efluente en la zona de las exclusas y es importante recalcar que se debe por lo menos realizar un tratamiento previo a los vertidos para eliminar todas aquellas sustancias que puedan alterar al ambiente receptor.

- El modelo CORMIX dio como resultado que para los parámetros listados en el capítulo 4 de la presente tesis la descarga realizada en el Río Guayas está dentro de los estándares de calidad exigidos por la norma medioambiental de vertido de efluentes a cuerpos de agua dulce (Libro 6,anexo 1, tabla 12 del TULAS). Es pertinente aclarar que los valores con los que se trabajo son los del diseño del emisario y calculados por la empresa INTERGUA para el proyecto.

Previa a la colocación de un emisario subfluvial se debe tener en cuenta la importancia de los procesos físicos y ambientales que están envueltos en la correcta dispersión y dilución de un efluente.

- El aporte significativo que recibe el Río Guayas de los ríos Babahoyo y Daule, hace de este un cuerpo hídrico de gran caudal, a su vez las mareas que entran desde el Golfo ejercen influencia en el mismo debido a la gran cantidad de agua que se mezcla y entra en el rio, la importancia de lo antes mencionado radica en que, al ser un gran cuerpo de agua tiene un poder de dilución muy amplio, en los resultados obtenidos con el CORMIX se puede apreciar como la dilución se realiza en los primeros 45 metros después del ingreso del efluente al rio.

- Las corrientes producidas por los ciclos de marea hacen de este cuerpo hídrico un escenario ideal para la colocación de un emisario subfluvial, debido a la velocidad de las corrientes que se han registrado en el campo (entre 0,089 – 0.063 en flujo y 0,10 – 0,064 en reflujo), este parámetro es importante para la dispersión de un contaminante debido a que la velocidad de las corrientes que alcance el cuerpo hídrico determinara el tiempo de mezclado haciendo el proceso más o menos eficiente, a mayor velocidad más rápida será la incorporación del contaminante y menor su percepción rio abajo hasta llegar al mezclado total.

- La densidad se encuentra estrechamente asociada con la temperatura y la salinidad, es dentro de las características ambientales del cuerpo receptor la más importante, la diferencia de densidad entre el efluente y el Río Guayas da paso a que el afloramiento del contaminante se realice más rápido y que la mezcla se haga de una manera más eficiente.

- En el Río Guayas la temperatura juega otro papel importante dentro de la dilución de los efluentes, por estar situado el Ecuador en una zona tropical las temperaturas que encontramos en el aire y el agua son relativamente altas, esto ayuda a que los procesos de descomposición sean más rápidos y por ende que los efluentes se vayan degradando.

- La salinidad que está presente en el río Guayas debido a la influencia de la marea es mínima, generalmente en concentraciones altas como en mar abierto esto ayuda a que los agentes biológicos contaminantes tengan un tiempo corto de vida, pero en el caso del Río Guayas al sumarse con la densidad, la temperatura y los procesos físicos da como resultado un cuerpo de agua dulce con un gran poder de dilución.

- El DBO5 presenta una disminución significativa a medida que el efluente se diluye y se dispersa, según los gráficos del CORMIX se aprecia que este parámetro de calidad de agua nunca sobrepasa los valores estipulados por la norma de calidad ambiental.

5.1.2 RECOMENDACIONES

- Para la colocación de un emisario subfluvial es necesario realizar un estudio de los parámetros que influyen en el comportamiento del cuerpo receptor entre ellos están: Influencia de la marea, corriente, densidad, temperatura, salinidad (usados en esta tesis) y además otros parámetros no usados como: presión, transparencia, calor especifico, absorción de energía, tiempo de mezcla, etc.

- Se debe tomar un parámetro de calidad ambiental (DBO5, Coliformes Fecales, Amoniaco, Alcalinidad, Ph, etc.) asociado con la zona de estudio y las actividades que en esta zona se realicen.

- Es recomendable mantener un monitoreo constante de la calidad de agua de la zona en donde se realiza la descarga del efluente y las áreas aledañas, con la finalidad de proteger a las especies nativas de la zona de cualquier tipo de riesgo.

- Con el fin de evitar impactos negativos en la salud de las personas que habitan en las zonas aledañas, la empresa responsable del emisario debe realizar por lo menos los tratamientos:

  Primario.- Eliminación de sólidos por sedimentación y tamizado.

Secundarios.- Procesos biológicos aerobios y anaerobios y físico-químicos (floculación) para reducir la mayor parte de la DBO.

Con la finalidad de garantizar la salud de los habitantes de las zonas aledañas.

- Con el fin de que las corridas sean más reales se debe buscar una herramienta extra que tome en cuenta datos de sedimentos en suspensión y su naturaleza mineralógica.

ANEXOS

Anexo A:

Salidas Del Modelo CORMIX 5.0

Date: 05/13/08

Time: 12:01:03

Design Case: Multiport-Guasmo

Site Name: Guasmo- Guayaquil

Prepared By: María Merizalde

Project Notes:

VALIDATING INPUT DATA ...

Checking Pages for invalid or missing inputs...

Effluent Page has been validated.

Ambient Page has been validated.

Discharge Page has been validated.

Mixing Zone Page has been validated.

Finished checking Pages for invalid or missing inputs.

Loading Correct RuleBases

Validating RuleBases ...

AMBIENT DATA:

The RATE OF REVERSAL is dUa/dt = 0.25 (m/s)/hour.

Ambient Rule Base has been validated.

DISCHARGE DATA:

CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges

Diffuser center (mid-point of diffuser line) is located 264 m from right bank/shore.

Average spacing between the individual ports/nozzles = 8 m.

This spacing is of the order of, or less than, the discharge water depth of 9 m. Therefore, significant lateral interaction of adjacent jets in the near field is expected, forming essentially two-dimensional near-field conditions as if the discharge would issue from a two-dimensional slot.

CORMIX2 is FULLY APPLICABLE for this situation and will analyze this discharge using two-dimensional prediction models in the near field.

Effective port/nozzle diameter D0 = 0.1549 m

Effective port X-sectional area A0 = 0.0188 m^2

This is a Deeply Submerged Discharge, where the height of the discharge port (H0 = 1 m), above the bottom, does NOT Exceed one-third of the local ambient water depth (HD = 9 m)

Note: For special advice on this limitation please consult Section 5.3 of the CORMIX2 technical report (Akar and Jirka, 1991); yet more detail can be found in the CORMIX1 report, Doneker and Jirka, 1990

1. Because of the alternating arrangement of the opposing nozzles/ports, the AVERAGE VERTICAL ANGLE (THETA) will be set to +/-90 deg in the flow simulation. This represents a ZERO NET HORIZONTAL MOMENTUM FLUX for the entire diffuser.

The present diffuser type is ALTERNATING WITH PERPENDICULAR ALIGNMENT.

Discharge velocity U0 = 5.836 m/s.

Note:

Discharge Velocity (U0) < 2.5 m/s may in some cases be recommended to avoid possible adverse conditions for sensitive fish populations.

Effective discharge velocity U0 = 5.84 m/s

The submergence of the port below the water surface is SUB0 = 8 m.

Discharge Rules for CORMIX2 have been validated.

MIXING ZONE SPECIFICATION:

REGULATORY MIXING ZONE (RMZ) Specifications:

In general practice, there are two possible interpretations for the RMZ:

Interpretation 1: The RMZ is a spatially defined (by State/Federal agencies) restricted region at whose boundary a specified water quality standard for conventional pollutants - or the CCC for toxic pollutants - has to be met.

Interpretation 2: The applicant or the State/Federal agency may propose on an ad-hoc basis and RMZ as that region at whose boundary a water quality standard - or CCC - has been demonstrated to be met. That demonstration is usually made by means of a mixing zone prediction.

CORMIX will evaluate the RMZ conditions on the basis of both interpretations.

Mixing Zones Rule Base has been validated.

Finished validating RuleBases.

Calculating Parameters.

FLOW PARAMETERS AND LENGTH SCALES:

Relative density differences between discharge and ambient:

The effluent density (1000 kg/m^3) is less than the surrounding ambient water density at the discharge level (1019 kg/m^3). Therefore the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Flow bulk parameters:

(Bulk variables are defined on a 2-D basis, i.e. per unit diffuser length)

Ambient momentum flux ma = 20.25 m^3/s^2

Discharge volume flux q0 = 0.01528 m^2/s

Discharge momentum flux m0 = 0.08916 m^3/s^2

However, the net horizontal component of this flux is zero due to the alternating port/nozzle design.

Discharge buoyancy flux j0 = 0.00279 m^3/s^3

Flow length scales:

(Length scales are defined on a 2-D basis, i.e. per unit diffuser length)

Discharge length scale lq = 0.0026 m.

Jet-to-crossflow length scale lm = 0.04 m.

Jet-to-plume transition length scale lM = 4.49 m.

Length scale of tidal reversal Lu = 45.21 m

Time scale of tidal reversal Tu = 0.22 hours

Minimum jet to crossflow length scale Lmin = 1.69 m

Build-up paramater f(t) = 0.5

Non-dimensional parameters:

Slot densimetric Froude number FR0 = 266.72

Equivalent slot width B0 = 0.0026m

CORMIX2 uses the equivalent two-dimensional slot diffuser concept to classify the actual three-dimensional diffuser dynamics.

For the dilution predicted however, CORMIX2 models the flow from each port or, if applicable, collectively from each riser group.

Port/nozzle densimetric Froude number FRD0 = 30.52

Jet/crossflow velocity ratio R = 3.89

Parameters for CORMIX2 have been calculated.

Classifying Flows.

FLOW CLASSIFICATION:

CORMIX2 includes FIVE MAJOR CLASSES of possible flow configurations:

Classes MS, IMS: Flows trapped in a layer within linear ambient stratification.

Classes MU : Near Bottom, Positively buoyant flows in a uniform density layer.

Classes IMU : Near Surface, Negatively buoyant flows in a uniform density layer.

Classes MNU : Near Bottom, Negatively buoyant flows in uniform density layer.

Classes IMPU : Near Surface, Positively buoyant flows in uniform density layer.

The NEAR FIELD FLOW will have the following features:

The discharge near-field behavior is dominated by either the positive buoyancy of the discharge or the upward vertical orientation of the discharge port.

There is the possibility of dynamic bottom attachment.

The discharge flow will experience INSTABILITIES WITH FULL VERTICAL MIXING in the near-field. There may be benthic impact of high pollutant concentrations.

The following conclusion on the flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site:

*** FLOW CLASS = MU8 ***

Applicable layer depth HS = 9 m.

Flow has been classified.

Executing the simulation... FORTRAN simulation complete.

Generating Session Report... Session Report complete.CORMIX SESSION REPORT:

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX Version 5.0GT

HYDRO2:Version-5.0.1.0 December,2007

SITE NAME/LABEL: Guasmo- Guayaquil

DESIGN CASE: Multiport-Guasmo

FILE NAME: F:\Tesis\Mayo 8\multip.prd

Using subsystem CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges

Start of session: 05/13/2008--12:01:03

****

SUMMARY OF INPUT DATA:

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = bounded

Width BS = 600 m

Channel regularity ICHREG = 1

Ambient flowrate QA = 6750 m^3/s

Average depth HA = 7.5 m

Depth at discharge HD = 9 m

Darcy-Weisbach friction factor F = 0.105

Wind velocity UW = 4 m/s

TIDAL SIMULATION at time Tsim = -6 hours

Instantaneous ambient velocity UA = 1.5 m/s

Maximum tidal velocity UaMAX = 1.5 m/s

Rate of tidal reversal dUA/dt = 0.25 (m/s)/hour

Period of reversal T = 24 hours

Stratification Type STRCND = U

Surface density RHOAS= 1019 kg/m^3

Bottom density RHOAB= 1019 kg/m^3

DISCHARGE PARAMETERS: Submerged Multiport Diffuser Discharge

Diffuser type	DITYPE	= alternating perpendicular
Diffuser length	LD	= 72 m
Nearest bank		= right
Diffuser endpoints	YB1	= 228 m; YB2 = 300 m
Number of openings	NOPEN	= 10
Number of Risers	NRISER	= 10
Ports/Nozzles per Riser	NPPERR	= 1
Spacing between risers/openings	SPAC	= 8 m
Port/Nozzle diameter	D0	= 0.2 m
With contraction ratio		= 0.6
Equivalent slot width	B0	= 0.0026 m
Total area of openings	TA0	= 0.1885 m^2
Discharge velocity	U0	= 5.84 m/s
Total discharge flowrate	Q0	= 1.1 m^3/s
Discharge port height	H0	= 1 m
Nozzle arrangement	BETYPE	= alternating without fanning

Diffuser alignment angle GAMMA= 90 deg

Vertical discharge angle THETA = 90 deg

Actual Vertical discharge angle THEAC = 90 deg

Horizontal discharge angle SIGMA = 0 deg

Relative orientation angle BETA = 90 deg

Discharge density RHO0 = 1000 kg/m^3

Density difference DRHO = 19 kg/m^3

Buoyant acceleration GP0 = 0.1829 m/s^2

Discharge concentration C0 = 120 mg/l

Surface heat exchange coeff. KS = 0 m/s

Coefficient of decay KD = 0 /s

FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:

Discharge (volume flux) q0 = 0.015278 m^2/s

Momentum flux m0 = 0.089156 m^3/s^2

Buoyancy flux j0 = 0.002794 m^3/s^3

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

LQ = 0.00 m Lm = 0.04 m LM = 4.49 m

lm' = 99999 m Lb' = 99999 m La = 99999 m

UNSTEADY TIDAL SCALES:

Tu = 0.2241 hours Lu = 45.21 m Lmin= 1.69 m

(These refer to the actual discharge/environment length scales.)

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Slot Froude number FR0 = 266.72

Port/nozzle Froude number FRD0 = 30.52

Velocity ratio R = 3.89

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge = no

Water quality standard specified = yes

Water quality standard CSTD = 100 mg/l

Regulatory mixing zone = yes

Regulatory mixing zone specification = distance

Regulatory mixing zone value = 600 m (m^2 if area)

Region of interest = 6000 m

****

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

FLOW CLASS = MU8 |

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water Depth at the discharge site.

Applicable layer depth = water depth = 9 m

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the bottom below the port center:

264 m from the right bank/shore.

Number of display steps NSTEP = 1 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS:

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory Implication. However, this information may be useful for the discharge Designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the

Discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge c = 0.1388 mg/l

Dilution at edge of NFR s = 864.8

NFR Location: x = 45 m

(Centerline coordinates) y = 0 m

z = 9 m

NFR plume dimensions: half-width (bh) = 36.04 m

Thickness (bv) = 9 m

Cumulative travel time: 59.9339 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water

Density at the discharge level.

Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards The surface.

Near-field instability behavior:

The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing in the near-field.

There may be benthic impact of high pollutant concentrations.

FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed ALREADY IN NEAR-FIELD at 45 m

Downstream and continues as vertically mixed into the far-field.

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in bounded section does not contact bank.

UNSTEADY TIDAL ASSESSMENT:

Within the region of interest (ROI), the location and trajectory of flow

Is well represented using steady-state analysis and are not limited by

Any tidal restrictions.

For this condition BEFORE TIDAL REVERSAL, extensive re-entrainment

Of previously discharged is unlikely.

To determine the minimum dilution, perform additional simulations

After slack tide.

*********************** TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY ******************

No TDZ was specified for this simulation.

********************REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY *****************

The plume conditions at the boundary of the specified RMZ are as follows:

Pollutant concentration c = 0.139461 mg/l

Corresponding dilution s = 860.5

Plume location: x = 600 m

(Centerline coordinates) y = 0 m

z = 9 m

Plume dimensions: half-width (bh) = 41.78 m

Thickness (bv) = 9 m

Cumulative travel time: 429.8736 sec.

At this position, the plume is NOT IN CONTACT with any bank.

Furthermore, the specified water quality standard has indeed been met

Within the RMZ. In particular:

The ambient water quality standard was encountered at the following

Plume position:

Water quality standard = 100 mg/l

Corresponding dilution s = 1.2

Plume location: x = 7.51 m

(Centerline coordinates) y = 0 m

z = 1.58 m

Plume dimensions: half-width (bh) = 36.01 m

Thickness (bv) = 1.50 m

********************* FINAL DESIGN ADVICE AND COMMENTS *********************

CORMIX2 uses the TWO-DIMENSIONAL SLOT DIFFUSER CONCEPT to represent

the actual three-dimensional diffuser geometry. Thus, it approximates

The details of the merging process of the individual jets from each

Port/nozzle.

In the present design, the spacing between adjacent ports/nozzles

(or riser assemblies) is of the order of, or less than, the local

Water depth so that the slot diffuser approximation holds well.

Nevertheless, if this is a final design, the user is advised to use a

Final CORMIX1 (single port discharge) analysis, with discharge data

For an individual diffuser jet/plume, in order to compare to

The present near-field prediction.

DIFFUSER DESIGN DETAILS: Because of the alternating arrangement

Of the opposing nozzles/ports, the AVERAGE VERTICAL ANGLE (THETA)

Has been set to 90 deg. This represents a ZERO NET HORIZONTAL

MOMENTUM FLUX for the entire diffuser.

REMINDER: The user must take note that HYDRODYNAMIC MODELING by any known

Technique is NOT AN EXACT SCIENCE.

Extensive comparison with field and laboratory data has shown that the

CORMIX predictions on dilutions and concentrations (with associated

Plume geometries) are reliable for the majority of cases and are accurate

To within about +-50% (standard deviation).

As a further safeguard, CORMIX will not give predictions whenever it judges

The design configuration as highly complex and uncertain for prediction.

CORMIX2 PREDICTION FILE:

22222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222
222222222222222

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

Subsystem CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges

CORMIX Version 5.0GT

HYDRO2 Version 5.0.1.0 December 2007

CASE DESCRIPTION

Site name/label: Guasmo- Guayaquil

Design case: Multiport-Guasmo

FILE NAME: F:\Tesis\Mayo 8\multip.prd

Time stamp: Tue May 13 12:01:04 2008

ENVIRONMENT PARAMETERS (metric units)

Bounded section

BS   =   600.00 AS   =   4500.00 QA   =   6750.00 ICHREG= 1

HA   =   7.50 HD   =   9.00

Tidal Simulation at TIME =   -6.000 h

PERIOD=   24.00 h UAmax =   1.500 dUa/dt=   0.250 (m/s)/h

UA = 1.500 F = 0.105 USTAR =0.1718E+00

UW = 4.000 UWSTAR=0.4609E-02

Uniform density environment

STRCND= U RHOAM = 1019.0000

DIFFUSER DISCHARGE PARAMETERS (metric units)

Diffuser type: DITYPE= alternating_perpendicular

BANK = RIGHT DISTB = 264.00 YB1 = 228.00 YB2 = 300.00

LD = 72.00 NOPEN = 10 SPAC = 8.00

D0 = 0.200 A0 = 0.031 H0 = 1.00 SUB0 = 8.00

Nozzle/port arrangement: alternating_without_fanning

GAMMA = 90.00 THETA = 90.00 SIGMA = 0.00 BETA = 90.00

U0 = 5.836 Q0 = 1.100 =0.1100E+01

RHO0 = 1000.0000 DRHO0 =0.1900E+02 GP0 =0.1829E+00

C0 =0.1200E+03 CUNITS= mg/l

IPOLL = 1 KS =0.0000E+00 KD =0.0000E+00

FLUX VARIABLES - PER UNIT DIFFUSER LENGTH (metric units) q0 =0.1528E-01 m0 =0.8916E-01 j0 =0.2794E-02 SIGNJ0= 1.0

Associated 2-d length scales (meters)

lQ=B = 0.003 lM = 4.49 lm = 0.04

lmp = 99999.00 lbp = 99999.00 la = 99999.00

FLUX VARIABLES - ENTIRE DIFFUSER (metric units)

Q0 =0.1100E+01 M0 =0.6419E+01 J0 =0.2011E+00

Associated 3-d length scales (meters)

LQ = 0.18 LM = 8.99 Lm = 1.69 Lb = 0.06

Lmp = 99999.00 Lbp = 99999.00

Tidal: Tu = 0.2241 h Lu = 45.213 Lmin = 1.689

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS

FR0 = 266.72 FRD0 = 30.52 R = 3.89 PL = 83.

(Slot) (port/nozzle)

RECOMPUTED SOURCE CONDITIONS FOR ALTERNATING JETS OR RISER GROUPS:

Momentum fluxes: m0 =0.8916E-01 M0 =0.6419E+01

lQ=B = 0.003 lM = 4.49 lm = 0.04 lmp = 99999.00

LQ = 0.434 LM = 8.99 Lm = 1.69 Lmp = 99999.00

Properties of riser group with 1 ports/nozzles each:

U0 = 5.836 D0 = 0.200 A0 = 0.031 THETA = 90.00

FR0 = 266.72 FRD0 = 30.52 R = 3.89

(slot) (Riser group)

FLOW CLASSIFICATION

222222222222222222222222222222222222222222

2 Flow class (CORMIX2) = MU8 2

2 Applicable layer depth HS = 9.00 2

222222222222222222222222222222222222222222

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION / REGION OF INTEREST PARAMETERS

C0 =0.1200E+03 CUNITS= mg/l

NTOX = 0

NSTD = 1 CSTD =0.1000E+03

REGMZ = 1

REGSPC= 1 XREG = 600.00 WREG = 0.00 AREG = 0.00

XINT = 6000.00 XMAX = 6000.00

X-Y-Z COORDINATE SYSTEM:

ORIGIN is located at the bottom and the diffuser mid-point:

264.00 m from the RIGHT bank/shore.

X-axis points downstream, Y-axis points to left, Z-axis points upward.

NSTEP = 1 display intervals per module

BEGIN MOD201: DIFFUSER DISCHARGE MODULE

Due to complex near-field motions: EQUIVALENT SLOT DIFFUSER (2-D) GEOMETRY

Profile definitions:

BV = Gaussian 1/e (37%) half-width, in vertical plane normal to trajectory

BH = top-hat half-width, in horizontal plane normal to trajectory

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

X	Y	Z	S	C	BV	BH
0.00	0.00	1.00	1.0	0.120E+03	0.00	36.00

END OF MOD201: DIFFUSER DISCHARGE MODULE

BEGIN MOD277: UNSTABLE NEAR-FIELD ZONE OF ALTERNATING PERPENDICULAR DIFFUSER

Because of the strong ambient current the diffuser plume of this crossflowing

Discharge gets RAPIDLY DEFLECTED.

A near-field zone is formed that is VERTICALLY FULLY MIXED over the entire

Layer depth. Full mixing is achieved at a downstream distance of about

Five (5) layer depths.

Profile definitions:

BV = layer depth (vertically mixed)

BH = top-hat half-width, measured horizontally in Y-direction

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

X	Y	Z	S	C	BV	BH
0.00	0.00	1.00	1.0	0.120E+03	0.00	36.00

** WATER QUALITY STANDARD OR CCC HAS BEEN FOUND **

The pollutant concentration in the plume falls below water quality standard

or CCC value of 0.100E+03 in the current prediction interval.

This is the spatial extent of concentrations exceeding the water quality

Standard or CCC value.

45.00 0.00 4.50 864.8 0.139E+00 9.00 36.04

Cumulative travel time = 59.9339 sec

Plume centerline may exhibit slight discontinuities in transition

to subsequent far-field module.

END OF MOD277: UNSTABLE NEAR-FIELD ZONE OF ALTERNATING PERPENDICULAR DIFFUSER

** End of NEAR-FIELD REGION (NFR) **

BEGIN MOD241: BUOYANT AMBIENT SPREADING

Discharge is non-buoyant or weakly buoyant.

Therefore BUOYANT SPREADING REGIME is ABSENT.

END OF MOD241: BUOYANT AMBIENT SPREADING

Due to the attachment or proximity of the plume to the bottom, the bottom

Coordinate for the FAR-FIELD differs from the ambient depth, ZFB = 0 m.

In a subsequent analysis set "depth at discharge" equal to "ambient depth".

BEGIN MOD261: PASSIVE AMBIENT MIXING IN UNIFORM AMBIENT

Vertical diffusivity (initial value) = 0.309E+00 m^2/s

Horizontal diffusivity (initial value) = 0.387E+00 m^2/s

The passive diffusion plume is VERTICALLY FULLY MIXED at beginning of region.

Profile definitions:

BV = Gaussian s.d.*sqrt (pi/2) (46%) thickness, measured vertically

= or equal to layer depth, if fully mixed

BH = Gaussian s.d.*sqrt (pi/2) (46%) half-width,

Measured horizontally in Y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

Plume Stage 1 (not bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL
45.00	0.00	9.00	864.6	0.139E+00	9.00	36.04	9.00	0.00

** REGULATORY MIXING ZONE BOUNDARY **

In this prediction interval the plume DOWNSTREAM distance meets or exceeds

the regulatory value = 600.00 m.

This is the extent of the REGULATORY MIXING ZONE.

6000.00	0.00	9.00	1863.8	0.644E-01	9.00	78.24	9.00	0.00

Cumulative travel time = 4029.2869 sec

Simulation limit based on maximum specified distance = 6000.00 m.

This is the REGION OF INTEREST limitation.

END OF MOD261: PASSIVE AMBIENT MIXING IN UNIFORM AMBIENT

CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges End of Prediction File

22222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222

************************* FLOW CLASS DESCRIPTION**************************

The following description of flow class MU8 applies to the FULL WATER DEPTH at the discharge site.

FLOW_CLASS_MU8

An alternating multiport diffuser with predominantly perpendicular

Alignment is discharging into an ambient flow. For this diffuser

Configuration the net horizontal momentum flux is zero so that

No significant diffuser-induced currents are produced in the water

Body. However, the local effect of the discharge momentum flux is

Strong in relation to the layer depth and in relation to the stabilizing

Effect of the discharge buoyancy, so that the discharge configuration is

Hydrodynamically "unstable".

The following flow zones exist:

1) Alternating perpendicular diffuser with unstable near-field zone: The

Destabilizing effect of the discharge jets produces an unstable near-

Field zone. For stagnant or weak cross-flow conditions, a vertical

Recirculation zone is being produced leading to mixing over the full

Layer depth: however, the flow tends to re-stratify outside this zone

That extends a few layer depths around the diffuser line. For strong cross-flow, additional destratification and mixing are produced.

or, alternatively, a second possibility exists for strongly buoyant Discharges:

1) Near-vertical surface impingement, upstream spreading, vertical mixing, and buoyant restratification: The destabilizing effect of the discharge Jets produces an unstable near-field zone. For stagnant or weak cross-flow Conditions, a vertical recirculation zone is being produced leading to Mixing over the full layer depth: however, the flow tends to re-stratify Outside this zone that extends a few layer depths around the diffuser line. In particular, upstream spreading will occur due to the strong buoyancy of The discharge.

*** The zones listed above constitute the NEAR-FIELD REGION in which strong initial mixing takes place. ***

2) Buoyant spreading at layer boundary: The plume spreads laterally along the layer boundary (surface or pycnocline) while it is being

advected by the ambient current. The plume thickness may decrease during this phase. The mixing rate is relatively small. The plume may interact with a nearby bank or shoreline.

3) Passive ambient mixing: After some distance the background Turbulence in the ambient shear flow becomes the dominating mixing Mechanism. The passive plume is growing in depth and in width. The Plume may interact with the channel bottom and/or banks.

*** Predictions will be terminated in zone 2 or 3 depending on The definitions of the REGULATORY MIXING ZONE or the REGION OF INTEREST. ***

SPECIAL CASE: If the ambient is stagnant, then advection and Diffusion by the ambient flow (zones 2 and 3) cannot be considered. The mixing is limited to the near-field region (zone 1) and Predictions will be terminated at this stage.

Such stagnant water predictions may be a useful initial mixing indicator For a given site and discharge design.

For practical final predictions, however, the advection and diffusion of

The ambient flow - no matter how small in magnitude - should be considered.

END OF FLOW CLASS DESC

******************** CORMIX2 **

DESIGN RECOMMENDATIONS: MULTIPORT DIFFUSER DISCHARGES:

A reliable environmental analysis and mixing zone prediction is possible

Only if each design case is evaluated through several iterations of CORMIX2.

Small changes in ambient or discharge design conditions can sometimes

Cause drastic shifts in the applicable flow configuration (flow class) and

The size or appearance of mixing zones. Iterative use of CORMIX2 will give

Information on the sensitivity of predicted results on design and ambient

Conditions.

Each predictive case should be carefully assessed as to:

- size and shape of RMZ,
- Conditions in the TDZ (if present),
- bottom impact of the discharge flow,

- water surface exposure,
- bank attachment, and other factors.

In general, iterations should be conducted in the following order:

A) Diffuser design changes (geometry variations),

B) Sensitivity to ambient conditions, and

C) Discharge flow changes (process variations).

When investigating these variations the CORMIX2 user will quickly appreciate the fact that mixing conditions at short distances (near-field) are usually quite sensitive and controllable. In contrast, mixing conditions at large distances (far-field) often show little sensitivity unless the ambient conditions change substantially or drastic process variations are introduced.

A) DIFFUSER DESIGN CHANGES (GEOMETRY VARIATIONS):

Most of the following recommendations are motivated by the desire for improving conditions in the applicable mixing zones (i.e. minimizing concentrations and/or areal extents):

1) Diffuser location: Consider moving the outfall further offshore to a larger water depth in order to delay flow interaction with the bank/shore, and to improve near-field mixing.

2) Diffuser type: The diffuser type is dictated by its nozzle/port arrangement (angles THETA and BETA with or without fanning) and its alignment (angle GAMMA) relative to the current. Many combinations are possible (see also the advice on discharge conditions in DATIN). No hard and fast rules can be given on the most desirable type and arrangement. The diffuser choice is often dictated by local bathymetry and other conditions, e.g. clearances for navigation or fishing.

PERFORMANCE FEATURES for the three major types are:

A. UNIDIRECTIONAL DIFFUSER:

This type has a directed net momentum input. It tends to produce strong currents in the receiving water, especially under shallow conditions, often associated with benthic impacts. A fanned-out port/nozzle design (variable BETA) usually gives somewhat improved dilutions.

Perpendicular alignment ("co-flowing diffuser"): This is the preferred type for non-reversing flows, as in rivers and in some coastal conditions. Note that in riverine situations the river flow provides an upper limit on the achievable dilution.

Parallel alignment ("tee diffuser"): This alignment may be acceptable for weak reversing coastal flows to provide offshore transport for the diffuser plume. It provides poor mixing under strong current conditions.

B. STAGED DIFFUSER:

This type also provides a directed momentum input. Hence, it can lead to strong induced currents, with plume contact at the bottom.

Perpendicular alignment: This is a good arrangement for shallow water conditions in the coastal environment under weak or strong reversing currents. Under weak currents it gives good offshore transport, and it efficiently captures the ambient flow under strong current conditions.

Parallel alignment: Generally not advantageous.

C. ALTERNATING DIFFUSER:

This type has no directed net momentum input. Its dilution efficiency is mostly dictated by its buoyancy flux and by the ambient current. It usually has the least benthic impact. A fanned-out (variable BETA) will give somewhat improved dilutions especially under shallow water conditions.

Perpendicular alignment: This is the preferred arrangement for deep water (e.g. sewage) diffusers in coastal environments with variable currents and stratification. It may also be advisable for more shallow conditions if minimal influences on the ambient regime current are desired.

Parallel alignment: May be desirable because of bathymetric or navigational reasons.

3) Diffuser length: By and large, a longer diffuser will give better dilutions. However, this may not be the case for diffusers in parallel alignment, especially with strong ambient currents. Also keep in mind the

dilution limitations given by the total flow in riverine situations. Typically, an alternating type will require a longer diffuser than the unidirectional or staged type in order to achieve the same near-field mixing.

4) Number of ports/nozzles and port/nozzle diameter (discharge velocity): Remember that for a given discharge flow rate the port area and discharge velocity are inversely related: a small discharge port implies a high discharge velocity, and a consequently high discharge momentum flux. Typically, a high velocity discharge will maximize near-field mixing. Note, however, that high velocity discharges a) may lead to unstable near-field flow configurations perhaps involving undesirable mixing patterns, and b) usually have little, if any, effect on dilutions over the far-field where a LMZ may apply. Discharge velocities in typical engineering designs may range from 3 m/s to 8 m/s. Very high velocities may lead to excessive pumping energy requirements. Very low velocities (less than 0.5 m/s) may lead to undesirable sediment accumulation within

the discharge pipe or tunnel.

5) Port/riser spacing: Given the other constraints on diffuser mixing (i.e. diffuser length and discharge velocity) the spacing is a dynamically unimportant variable that has a limited effect on overall mixing. However, the spacing plays a role in the merging process of the individual jets/plumes, and thus may affect the very initial mixing, e.g. as of interest in toxic dilution zone (TDZ) predictions. As a rough rule, merging takes place after a distance along the plume path of about three to five spacings. If the TDZ is encountered before then, additional single jet/plume predictions, using CORMIX1, may be needed.

6) Port height: In most cases, this is a dynamically unimportant parameter. However, there are important exceptions: For negatively buoyant discharges, the port height may control the amount of initial mixing prior to benthic contact. More generally, for deep water discharges the port height to water depth ratio has some effect on initial mixing. Finally, in the presence of crossflow, the port height influences

the stability of the discharge, i.e. the distinction between deep and shallow water discharges.

B) SENSITIVITY TO AMBIENT CONDITIONS:

Variations - of the order of 25 percent - of the following ambient design conditions should be considered:

- ambient velocity (or ambient flowrate),
- ambient depth (or river/tidal stage), and
- ambient density structure (notably density differences).

Such variability is important for two reasons:

1) the usual uncertainty in ambient environmental data, and

2) the schematization employed by CORMIX.

Please refer to the detailed advice on the specification of environmental data, including the density structure, that is available during data input. In particular, note the advisory comments on stagnant ambient conditions.

C) DISCHARGE FLOW CHANGES (PROCESS VARIATIONS):

Actual process changes can result in variations of one or more of three parameters associated with the discharge: flowrate, density, or pollutant concentration. In some cases, such process changes may be difficult to achieve or too costly. Note, that "off-design" conditions in which a discharge operates below its full capacity also fall into this category.

1) Pollutant mass flux: The total pollutant mass flux is the product of discharge flow (m**3/s) times the discharge pollutant concentration (in arbitrary units). Thus, decreasing the pollutant mass flux will, in general, decrease the resulting pollutant concentration in the near-field and far-field. This occurs, of course, during off-design conditions.

2) Discharge flow: For a given pollutant mass flux, an increase in discharge flow implies an increase in discharge pollutant concentration, and vice versa. For the variety of flow classes contained in CORMIX2 there is no universal rule whether high or low volume discharges are preferable for optimizing near-field mixing. Mostly, the sensitivity is small, and even more so for far-field effects. Note that a change in

discharge flow will influence, in turn, the discharge velocity and hence the momentum flux.

3) Discharge density: The actual density of the discharge flow controls the buoyancy effects relative to the ambient water. Occasionally, the discharge density is controllable through the amount of process heating or cooling occurring prior to discharge. Usually, near-field mixing is enhanced by maximizing the total density difference (positive or negative) between discharge flow and ambient water. In most cases, however, this effect is minor.

END OF DESIGN RECOMMENDATIONS

ANEXO B

TULAS CAPITULO 1 ANEXO 6 SECCION 4

Normas De Descarga De Efluentes A Un Cuerpo De Agua O Receptor: Agua Dulce

Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce.

Los puertos deberán contar con un sistema de recolección y manejo para los residuos sólidos y líquidos provenientes de embarcaciones, buques, naves y otros medios de transporte, aprobados por la Dirección General de la Marina Mercante y la Entidad Ambiental de Control. Dichos sistemas deberán ajustarse a lo establecido en la presente Norma, sin embargo los municipios podrán establecer regulaciones más restrictivas de existir las justificaciones técnicas.

Se prohíbe todo tipo de descarga en:

Las cabeceras de las fuentes de agua.

Aguas arriba de la captación para agua potable de empresas o juntas administradoras, en la extensión que determinará el CNRH, Consejo Provincial o Municipio Local y todos aquellos cuerpos de agua que el Municipio Local, Ministerio del Ambiente, CNRH o Consejo Provincial declaren total o parcialmente protegidos.

Los regulados que exploren, exploten, refinen, transformen, procesen, transporten o almacenen hidrocarburos o sustancias peligrosas susceptibles de contaminar cuerpos de agua deberán contar y aplicar un plan de contingencia para la prevención y control de derrames, el cual deberá ser aprobado y verificado por la Entidad Ambiental de Control.

Las normas locales para descargas serán fijadas considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. Las normas guardarán siempre concordancia con la norma técnica nacional vigente, pudiendo ser únicamente igual o más restrictiva y deberán contar con los estudios técnicos y económicos que lo justifiquen.

En los tramos del cuerpo de agua en donde se asignen usos múltiples, las normas para descargas se establecerán considerando los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uno.

Para el caso de industrias que capten y descarguen en el mismo cuerpo receptor, la descarga se hará aguas arriba de la captación.

Para efectos del control de la contaminación del agua por la aplicación de agroquímicos, se establece lo siguiente:

Se prohíbe la aplicación manual de agroquímicos dentro de una franja de cincuenta (50) metros, y la aplicación aérea de los mismos, dentro de una franja de cien (100) metros, medidas en ambos casos desde las orillas de todo cuerpo de agua, La aplicación de agroquímicos en cultivos que requieran áreas anegadas artificialmente, requerirá el informe y autorización previa del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Además de las disposiciones contenidas en la presente Norma, se deberá cumplir las demás de carácter legal y reglamentario sobre el tema, así como los listados referenciales de la Organización para la Agricultura y Alimentos de Naciones Unidas (FAO).

Toda descarga a un cuerpo de agua dulce, deberá cumplir con los valores establecidos a continuación (ver tabla 12).

TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN^-	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl^-	mg/l	1 000

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		[2]Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	$D.B.O_5$.	mg/l	100

[2] Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno Estaño	Dicloroetileno Sn	mg/l mg/l	1,0 5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración órganoclorados	mg/l	0,05
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	$SO_4^{=}$	mg/l	1000
Sulfitos	SO_3	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	^oC		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

* La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida.

ANEXO C

FORMULAS USADAS PARA PROCESOS DE MEZCLA

A continuación formulas típicas usadas para la determinación de dilución mínima de un efluente:

$$Sm = 0.27 \frac{b^{1/3} h}{q}$$

Donde:

Sm = dilución mínima

b = boyantez por unidad de longitud del difusor, m3/s3h

h = profundidad del agua, m

q = descarga por unidad de longitud del difusor, m3 / (s) (m)

la unidad de flujo de boyantez puede ser determinado por la ecuación:

$$b = \left[\frac{\rho a - \rho w}{\rho w} \right] g \times q$$

Donde:

ρa =densidad del agua del ambiente, Kg/m3

ρw =densidad del agua residual, Kg/m3

g =aceleración de la gravedad, m/s2

Determinación de la Dilución mínima con los datos del emisario del Guasmo:

Sm= Dilución mínima	**1.30**	
Factor de Dilución mínima	0,27	
h= profundidad del agua	9	m
q= caudal m3\s	1,1	m^3/s
b = boyantez por unidad de longitud del difusor	**0,20482**	
ρa =densidad del agua del ambiente, Kg/m3	1019	Kg/m^3
ρw =densidad del agua residual, Kg/m3	1000	Kg/m^3
g =aceleración de la gravedad, m/s2	9,8	
1/3	0,3333333	

Determinación de concentración de DBO_5 a partir de los datos del emisario del Guasmo:

$$\textbf{Máx. concentración superf.} = \frac{DBO_5 \text{ inicial}}{Sm}$$

Sm= 1.30 (de los datos del problema anterior)

El estándar de calidad dice que el limite permisivo de concentración de DBO_5 para efluentes es de 100 mg/l, sin embargo la concentración típica promedio de DBO_5 en aguas residuales domesticas es 220, es así como se toma para el desarrollo del ejercicio el exceso a la norma 120 mg/l

MCS= 120/1.30= 92.30 mg/l

Ecuaciones para procesos de mezcla por turbulencia en los ríos.

Coeficientes de mezcla:

Vertical $\square_v$= 0,0067 du*

Transversal $\square_t \cong$ 0,15 du*

Longitudinal $\square_L$ >0,15 du*

Donde:

d= profundidad de la masa de agua

u*= velocidad de cizalladura ≈ $\sqrt{gds}$

Donde:

S= pendiente del lecho del canal

g= gravedad

Para un penacho que se extiende la concentración en la línea central se tiene la siguiente ecuación:

$$C_{max} = \frac{QC_O}{Ud} \frac{1}{\sqrt{4\Pi\varepsilon_t \, {}^{x}/_{\overline{U}}}}$$

Donde:

Q= Caudal, m^3/s

C_o= Concentración inicial en ppm

X= Distancia aguas abajo

$\overline{U}$= velocidad promedio m/s

Calculo de la longitud aguas abajo para une mezcla completa de un vertido situado en una línea central:

$$L \cong 0{,}1\, {}^{\overline{U}W^2}/_{\varepsilon_t}$$

Donde:

W= ancho del rio

Determinación: de la mezcla completa de un vertido y concentración máxima

t= coeficiente de mezcla transversal	59,59	m2/s
d= profundidad masa de agua	9	m
u*= velocidad de cizalladura	**44**	**m/s**
g= gravedad	9,81	
s= pendiente del lecho del canal	0,5	
Q= caudal	1,1	m3/s
Co= concentración Inicial	0,00012	ppm
x= distancia aguas abajo	1000	m
U= velocidad promedio m/s	1,22	m/s
W= ancho del rio	1000	m
L= Longitud aguas abajo	**2**	**Km**

Cmax= Concentración Máxima	**0,0094 mg/l**

B I B L I O G R A F I A

1. DONEKER ROBERT, JIRKA GERHARD, Manual de Usuario del CORMIX, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de Portland, 2007.

2. METCALF & EDDY, Ingeniería de Aguas residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización, Tercera Edición, Tomo I, Editorial Mc.Graw Hill, 1995, Págs. 17 - 29

3. METCALF & EDDY, Ingeniería de Aguas residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización, Tercera Edición, Tomo II, Editorial Mc.Graw Hill, 1995, Págs. 1353 -1376.

4 KIELY GERARD Ingeniería Ambiental Tomo II, Editorial Mc.Graw Hill, 1999, Págs.436 – 437.

5. FIMCM ESPOL, Apuntes de Clases Curso de Contaminación Marina, 2007.

6. MINISTERIO DEL AMBIENTE, Texto Unificado de Legislación Ambiental 2002, Libro VI Anexo 1.

7. CAAM, Desarrollo y Problemática Ambiental del área del Golfo de Guayaquil. 1991, Pág. 275

8. ENVIROSOFT, Estudio de Impacto Ambiental preparado para INTERAGUA, Proyecto De Expansión Del Sistema De Alcantarillado Sanitario - GUASMO SUR, 2005.

9. ESPOL, Caracterización del Rio guayas, Sector LAS SCLUSAS, preparado para INTERAGUA, 2007.

10. INOCAR, Estudio de Impacto ambiental del Malecón 2000,1998.

11. INOCAR, Estudio de Impacto ambiental en el Área del Estero El Muerto frente a la Base Naval Sur. 2001.

12. CEMA - ESPOL, Estudio de Impacto ambiental por la construcción de un nuevo muelle en FERTISA 1998.

13. EFFICACITAS, Estudio de Impacto Ambiental de la Remodelación del Terminal Terrestre de la Ciudad de Guayaquil, preparado para la Fundación Terminal Terrestre, 2003.

14. TRABAJO DE PROCESOS ESTUARINOS, Características físicas, químicas y biológicas del Río Guayas,2005

15 INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR, Carta Topográfica CT-NV-A3, 3687 III, Guayaquil, 1989