

Methodology applied for the design of Outfall Systems for different types of effluents/ Metodología para el diseño de emisarios para diferentes tipos de efluentes.

D. N. Bottelli*

* Halcrow Group, Principal Engineer, Line Manager Urban Water and Waste Skill Group in Buenos Aires Office, Technical leader of Outfalls, environmental design, Buenos Aires, Argentina.

(E-mail: BottelliDN@Halcrow.com; Diego_Bottelli@yahoo.com.ar)

Teacher of Online Internet Engineering Courses(www.waterxpert.net/campus/)

Abstract

The outfall design determines its location in coastal area, its length as well as the design of the diffuser system. For the definition of these factors, hydro-dynamic and water-quality mathematical models are used. These models simulate the transport and diffusion of the pollutants carried into the sea by the outfall system, with the purpose of achieving an optimal design. This means meeting the environmental criteria adopted while minimizing the costs.

The outfall design depends strongly on the type of effluent to be mixed with the natural water ambient.

The objective of this paper is to present the methodology for the design of outfalls for different effluents. Three cases of outfall design for three different effluents are given as examples:

- Storm water outfalls in Lusail, Qatar (7m³/s).
- A brine outfall in El Morro, Chile, for the effluent of a desalination plant (1.4m³/s)
- A Sewage Outfall in Oman (3m³/s)

The methodology of design for each outfall included:

- Far field modelling applying a 2D/3D hydrodynamic and water quality modelling.
- Near field modelling for detailed design of the diffusion

Keywords

Waste Water Outfall, Brine Outfall, Storm Water Outfall, Thermal Outfall, Far field modelling, near field modelling, Outfalls design, Diffusers design.

OBJETIVO DE UN EMISARIO SUBMARINO

El objetivo de un emisario submarino es minimizar el impacto ambiental de la descarga de un efluente potencialmente contaminante en un medio acuático natural, cumpliendo los requisitos de la normativa vigente de la forma más eficiente posible, es decir minimizando al mismo tiempo los costos de inversión y operativos del sistema de descarga.

DISTINTOS TIPOS DE EFLUENTES

Los efluentes de un emisario pueden ser de distintos tipos, algunos de los más habituales son los siguientes:

- Cloacales (aguas negras preponderantemente domésticas)
- Pluviales
- Salmuera o agua hipersalina residual de una planta desalinizadora
- Agua caliente proveniente de la refrigeración de centrales térmicas o efluentes industriales.

Efluentes cloacales

Los efluentes cloacales o aguas negras preponderantemente domésticas son los más comunes para emisarios e históricamente corresponden a los primeros diseños.

El efluente cloacal se caracteriza por su relativamente importante carga contaminante, principalmente constituida por materia orgánica en descomposición, siendo su carga bacteriana uno de sus aspectos más nocivos para la salud humana.

La calidad bacteriana del efluente cloacal y de la pluma constituida en el medio natural luego de la descarga a través de un emisario, queda en general definida en base a trazadores, los cuales en los últimos tiempos corresponden principalmente a *Enterococos* intestinales y *Escherichia coli* (medidos ambos en UFC/100 ml). Las concentraciones de bacterias en un efluente cloacal dependerán del nivel de tratamiento depurador, pero siempre es conveniente analizar escenarios de emergencia con vertido de líquido crudo por falla de la planta depuradora.

En cuanto a la magnitud del caudal, los efluentes cloacales pueden variar mucho dependiendo del número de habitantes servidos, pero en general su caudal más probable oscila entre 1 y 10 m³/s, aunque hay casos extraordinarios de caudales superiores (por ejemplo el emisario actual Berazategui en Buenos Aires con 24 m³/s actuales y caudal futuro de 33.5 m³/s).

Los emisarios cloacales son en general obras prioritarias de saneamiento en países en desarrollo, por ejemplo en América Latina, ya que la realización de un pretratamiento y un emisario adecuado constituye un primer e importante paso que dará un beneficio clave en términos de saneamiento, frente a la situación actual que es común en muchos países en desarrollo de realizar vertidos directos de líquido crudo a nivel de la línea costera.

Los emisarios cloacales se caracterizan en general por ser de funcionamiento continuo, sin demasiada variación de caudal diaria y estacional, de gran longitud para alejarse suficientemente de la costa y alcanzar aguas relativamente profundas, y constar de zonas de difusión relativamente extendidas. Un tema crítico en los emisarios cloacales es evitar la contaminación bacteriana (coliformes) de las aguas costeras sujetas a diversos usos.

Efluentes pluviales

Si bien el efecto ambientalmente nocivo de los efluentes pluviales es en general considerado de prioridad secundaria frente a los cloacales, se debe tener en cuenta que importantes cargas contaminantes son vertidas durante eventos pluviales, dado que el agua de lluvia al entrar en contacto con la infraestructura urbana se contamina con toda clase de desechos: materia orgánica, grasas y aceites, flotantes, metales pesados, etc. Esto hace que el agua recolectada por desagües naturales y artificiales conduzca cargas importantes de contaminación que degradarán el medio ambiente. Las aguas de los primeros momentos de lluvia son en general las más contaminadas ya que producen el “lavado” de calles, tejados, etc.

Los emisarios de aguas pluviales se caracterizan en general por ser de funcionamiento esporádico, con caudales de diseño importantes (del orden de 10 veces los cloacales), de longitudes menores a los cloacales, con zonas de difusión relativamente cortas, y en general con mayores velocidades de diseño que los cloacales. Un tema crítico será evitar las sedimentaciones en su interior y el parámetro principal de contaminación a considerar son los Sólidos Suspendidos y metales pesados. En sistemas unitarios pueden tener relativamente elevadas cargas bacterianas.

Efluentes de aguas hipersalinas provenientes de plantas desalinizadoras

Como residuo del tratamiento de desalinización de agua de mar se obtiene una solución concentrada de agua salina: mientras el agua de mar normal tiene una salinidad del orden de 35 psu, el agua de rechazo de una planta desalinizadora está en el orden del doble, es decir 70 psu.

En estos casos, la salinidad será el parámetro de referencia para el análisis de la calidad de agua. En normas internacionales y en estudios sobre efluentes de plantas desalinizadoras (“Comportamiento y efectos de los vertidos hipersalinos al mar. Planes de vigilancia y control. Centro de Estudios y Experimentación de Puertos y Costa” del CEDEX, España) se establece para vertidos hipersalinos

en medios marinos que la salinidad no podrá superar en los mismos los 40 psu en más del 5% de las observaciones que se realicen.

Los emisarios de agua hipersalina se caracterizan en general por ser de caudales moderados, del mismo orden que los cloacales, pero con longitudes menores y zonas de difusión más cortas debido a que las diluciones requeridas son menores a la de los emisarios cloacales. Un aspecto a tener en cuenta en el diseño es la mayor densidad del efluente con respecto al agua de mar que tiende a que la pluma baje al fondo; esto obliga a hacer diseños especiales de los difusores que en general descargan hacia arriba, con ángulos del orden de 45° con respecto a la horizontal y con velocidades relativamente importantes. Un condicionante muy importante en el diseño es evitar la recirculación entre toma y descarga.

Efluentes de aguas térmicas

Proviene principalmente de procesos de refrigeración de centrales térmicas o nucleares. Si una pluma térmica no es correctamente diluida puede ocasionar problemas a la flora y fauna marina por aumento de la temperatura del mar.

Por otro lado, cuando las aguas de mar, ríos o estuarios son usadas para refrigeración, siempre habrá también una toma de agua que operará no demasiado lejos de la descarga. La posición óptima relativa entre ambos es en general la que corresponde a la mínima separación admisible, para evitar la recirculación entre agua caliente descargada y agua captada por la toma. A fin de prevenir esta recirculación y a la vez obtener una solución óptima en términos técnico-económicos, se deben realizar en general detallados estudios de modelación que pueden incluir, además de modelación matemática, modelación física.

Características particulares de los emisarios de aguas térmicas son sus importantes caudales (del orden de 10 veces el de un emisario cloacal), menores diluciones requeridas, descargas en aguas poco profundas y mayor posibilidad de aprovechar el “momentum” del efluente para facilitar la mezcla. Un condicionante muy importante en el diseño es evitar la recirculación entre toma y descarga.

Resumen aspectos diferenciales de los emisarios según el tipo de líquido vertido

La Tabla 1 resume aspectos cualitativos diferenciales de los emisarios según el tipo de líquido.

Tabla 1

Tipo de líquido	Caudal	Distancia de la descarga a la costa	Longitud de zona de difusión	Parámetro crítico	Característica especial del diseño
Cloacal	Medio	Grande	Grande	Coliformes	Lograr calidad bacteriológica aceptable
Pluvial	Alto	Media	Media	SS	Calidad bacteriológica, turbiedad, impacto visual
Hipersalino	Medio	Baja	Pequeña	Salinidad	Evitar recirculación con toma
Térmico	Alto	Baja	Pequeña	Temperatura	Evitar recirculación con toma, aprovechar momentum de la descarga

ETAPAS DEL DISEÑO

El diseño ambiental de un emisario consiste fundamentalmente en determinar la localización de su área de descarga dentro del medio marino litoral, la longitud de la zona de difusión del emisario y diseñar en detalle el sistema difusor. Para ello se debe aplicar una metodología compleja que incluye aspectos oceanográficos, ambientales, de dispersión de contaminantes, e hidráulicos.

Simplificativamente, las etapas para el diseño de un emisario ubicado en un ambiente marino o de estuario pueden resumirse en los pasos siguientes:

- 1) Delimitación del área posible de descarga en el medio costero litoral en base a la ubicación de las instalaciones en tierra y a restricciones ambientales o de otro tipo.
- 2) Construcción y calibración de un modelo hidrodinámico y de calidad de campo lejano del área en estudio, bidimensional o tridimensional.
- 3) Aplicación de ese modelo para definir la ubicación de la descarga (longitud del emisario subacuático) y de la longitud aproximada de la zona de difusión en base a la regulación vigente y a otras restricciones que debe cumplir el diseño (por ejemplo, evitar recirculación entre descarga y toma para emisarios de aguas salinas o térmicas, etc.). Esta tarea dependerá del tipo de efluente.
- 4) Diseño a través de la aplicación de un modelo de campo cercano considerando el tipo de efluente del sistema difusor: número de risers, número de difusores, su tipo y orientación, diámetro de las boquillas, etc.
- 5) Diseño hidráulico del sistema difusor: asegurar equirpartición entre difusores, definir diseño para evitar sedimentación e intrusión salina, determinar pérdidas de carga, etc.

Se destaca que un error muy común en el diseño de emisarios a instalar en ambientes marinos o de estuarios donde hay corrientes en ambos sentidos (flujo y reflujo), es aplicar únicamente modelos de campo cercano (como Cormix y Visual Plumes, por lo menos en versiones anteriores a 2010) los cuales, si bien son muy útiles para el diseño de emisarios, deben ser aplicados cuidadosamente en estos casos. En efecto, estos modelos son de tipo estático, no teniendo en cuenta la recirculación de la masa de agua marina por sobre el sistema difusor, que por efecto de las corrientes de flujo y reflujo causadas por el régimen de mareas puede hacer que el mismo bloque de agua marina pueda pasar varias veces sobre el sistema difusor, recargándose. A causa de este error, es posible subestimar las concentraciones de contaminantes en la pluma en medio marino hasta 5 veces menos que los valores reales (en base a experiencia personal), si se aplica un modelo estático en forma inadecuada. Para este tipo de problemas, se deben aplicar modelos hidrodinámicos que tengan en cuenta estos efectos dinámicos de inversión de flujo, permitiendo determinar mejor la localización de la descarga del emisario y la longitud aproximada de la zona de difusión. Los modelos de campo cercano serán en cambio muy útiles al momento de diseñar el sistema de difusión en detalle.

Actualmente se está tendiendo a acoplar los modelos de campo cercano con los de campo lejano, lo cual constituye la mejor opción para el diseño y estudio de sistemas de emisarios.

CASOS DE ESTUDIO

Metodología seguida

Modelación Campo Lejano

Para el estudio del campo lejano en todos los casos que se presentarán a continuación se utilizó el programa MOHID (<http://www.mohid.com>), que es un sistema de modelación hidráulica bi/tridimensional desarrollado por el Centro de Investigación de Tecnología Marina y Medioambiental (MARETEC) del Instituto Superior Técnico (IST) de la Universidad de Lisboa, Portugal. El programa posee un módulo hidrodinámico baroclínico para la descripción de la columna de agua y módulos en dos y tres dimensiones para el análisis de calidad de agua.

A su vez, el programa permite abordar el análisis de calidad de agua y los procesos de mezcla mediante dos métodos diferentes: el lagrangiano, que identifica volúmenes definidos dentro de la masa fluida y realiza su seguimiento a lo largo de la simulación, y el euleriano, que calcula las propiedades de puntos fijos en el espacio de la modelación.

Para los casos en estudio, se utilizó el módulo de transporte lagrangiano, ya que permite simular procesos localizados con gradientes pronunciados, como es el caso de una descarga sumergida, con mayor precisión que el euleriano, evitando difusión numérica.

Para poder relacionar procesos físicos con escalas diferentes, se realizaron modelos anidados. Esto es, modelos con grillas cada vez más pequeñas que toman como condiciones de borde los resultados del modelo inmediatamente superior. Esto permite relacionar procesos con escalas del orden de los miles de kilómetros (como la marea), con procesos de escala en el orden de los metros, en los casos en que se requiere de gran detalle.

Modelación del Campo Cercano

En los casos que se verá a continuación, el estudio del campo cercano, que permite evaluar la influencia del diseño de los difusores, se realizó mediante el programa Visual Plumes versión 1.0, desarrollado por la Environmental Protection Agency (E.P.A.) de los Estados Unidos (www.epa.gov/athens/research/modeling/plumes.html).

Este programa permite modelar el comportamiento del chorro de descarga de los difusores en el medio marino y de la pluma de dispersión que se genera, es decir, su trayectoria, alcance y dilución en el medio receptor.

Este programa se utiliza ampliamente para definir la zona de mezcla de efluentes en el llamado campo cercano, que abarca el proceso de dilución inicial del chorro hasta que la pluma alcanza el equilibrio con el medio o llega a la superficie. A partir de este punto, el programa pasa a aplicar un modelo de campo lejano, que predice la dilución de la pluma a medida que se aleja aún más de la fuente, según la ecuación de Brooks de difusión pasiva.

Se resalta que este modelo no tiene en cuenta el efecto de las mareas, razón por la cual para estudios de casos afectados por las mismas (como los presentes) las diluciones calculadas por este modelo son solo indicativas y son útiles solamente para optimizar el diseño de los difusores. El efecto de las mareas y profundidad es tenido en cuenta por MOHID, el otro modelo aplicado.

Casos

1) Tres emisarios pluviales en Lusail (Qatar)

La Figura 1 presenta la ubicación del área del proyecto. El estudio realizado consistió en diseñar tres emisarios pluviales para nuevos desarrollos urbanos en Lusail (Qatar).

Debido a los importantes usos, especialmente turísticos, de las aguas costeras, se decidió realizar emisarios pluviales para evitar su contaminación.



Figura 1: Ubicación del Proyecto (Golfo Pérsico)

Las características de los emisarios son dadas en la Tabla 2 donde también se indica la longitud inicial y la que resultó luego del estudio realizado.

Tabla 2

Emisario	Caudal (m ³ /s)	Largo original (m)	Largo Final (m)
Northern Outfall	3.0	1.700	2.590
Central Outfall	7.0	2.700	4.345
Southern Outfall	3.0	600	1.189

Los Sólidos Suspendidos (SS) fueron considerados como el principal parámetro indicador de contaminación causado por las aguas pluviales; el cobre (Cu) fue usado como un parámetro secundario indicador de metales pesados . La Tabla 3 presenta las concentraciones consideradas para los efluentes.

Tabla 3

Emisario	Sedimentos (mg/l))	Cu (mg/l)
Central Outfall	1166	0.175
Nouthern and Southern Southern Outfalls	500	0.04375

La Tabla 4 presenta las concentraciones admisibles a respetar el 95% del tiempo.

Tabla 4

Emisario	Sedimentos (mg/l))	Cu (mg/l)
Laguna	25	0.0025
Mar	50	0.005

Se realizó una modelación con el modelo Mohid, la cual incluyó cuatro mallas anidadas según se muestra en la Figura 2.

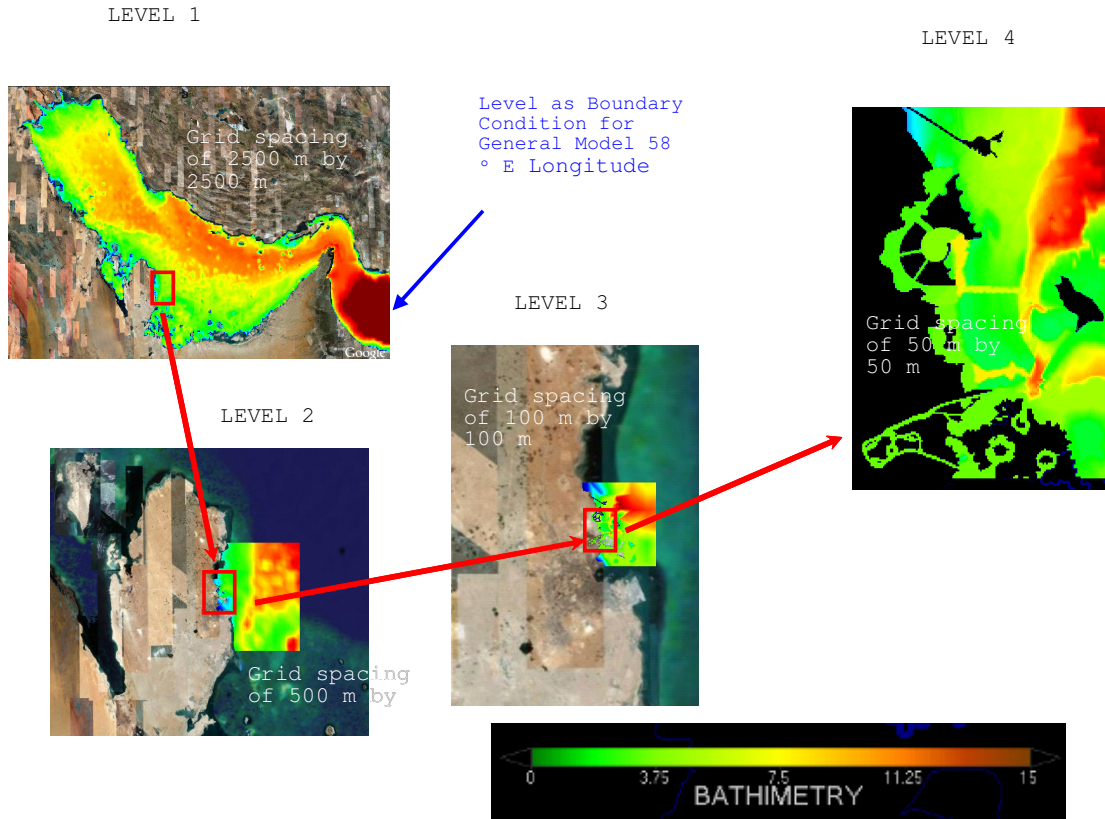


Figura 2 Estructura de la modelación, modelos anidados

La Figura 3 presenta imágenes instantáneas de las plumas de sedimentos calculadas para varios instantes de la modelación.

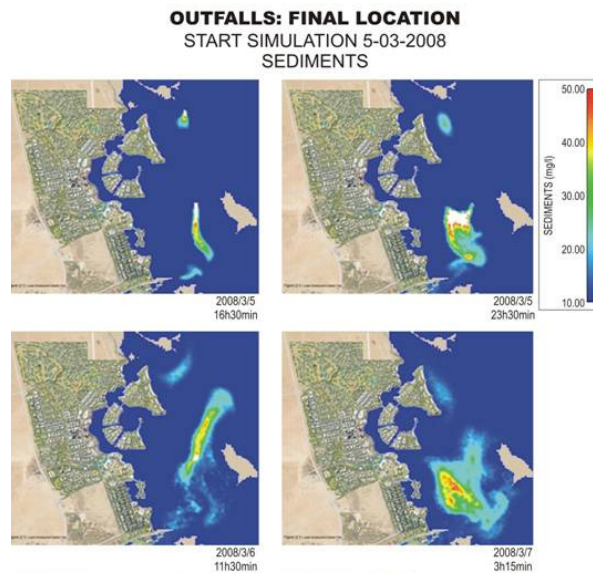


Figura 3 Plumitas de SS obtenidas para el diseño adoptado

La Figura 4 presenta análisis estadístico de la dispersión del efluente, que permite evaluar el porcentaje de tiempo total de simulación en que la concentración de sedimentos está sobre un determinado valor en el área de la descarga. La escala de colores indica porcentajes de tiempo. El color blanco indica que más del 5 % del tiempo la concentración de SS se mantiene por arriba de 50mg/l, el rojo significa que el 5% del tiempo estará arriba de 50mg/l en esa área y para otros colores según la escala gráfica.

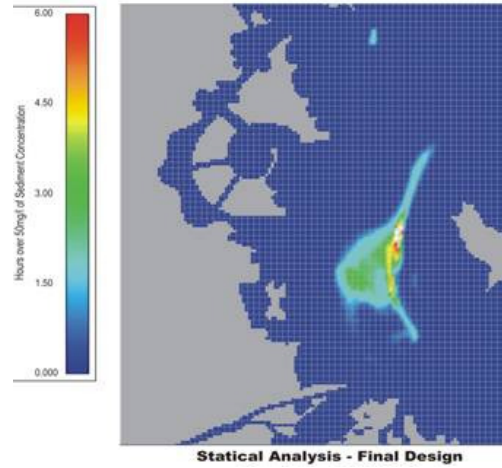


Figura 4 Percentiles de tiempo con concentraciones superiores a 50mg/l de SS

Para los difusores se adoptó un diseño tipo roseta con cuatro puertas por riser el cual fue estudiado con el modelo Visual Plumes, modelo que se utilizó para el estudio del campo cercano.

La Tabla 5 presenta a las características adoptadas para cada emisario.

Tabla 5

Emisario	Long. De difusión (m)	Distancia entre difusores (m)	Nro de Risers	Nro de Puertas por riser	Caudal por puerta (m ³ /s)	Diámetro del riser (m)	Diametro puerta (m)	Velocidad maxima de puerta (m/s)
Northern	50	25	3	4	0.25	0.60	0.22	6.57
Central	100	25	5	4	0.35	0.70	0.25	7.13
Southern	50	25	3	4	0.25	0.60	0.22	6.57

El diseño del sistema difusor es presentado en la Figura 5. Se realizó en forma telescópica para evitar sedimentaciones.

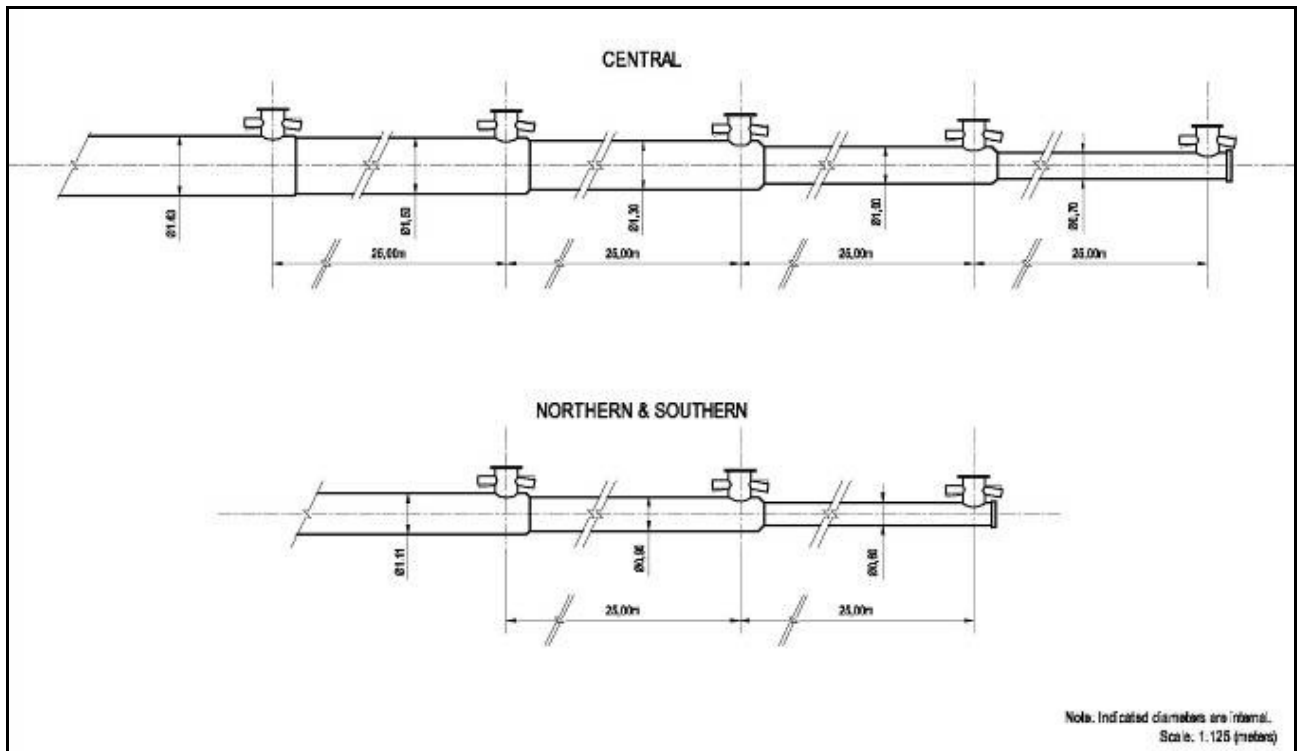


Figura 5: Diseño del sistema difusor

Se destaca que, como en el área donde se ubica este emisario las lluvias son poco frecuentes, más aún la lluvia de diseño, el dimensionamiento se realizó considerando velocidades muy altas para los caudales de diseño en el emisario, para evitar sedimentación para caudales menores y disminuir las inversiones (los gastos de energía son bajos por la mencionada poca frecuencia pluvial).

2) Emisario de agua hipersalina El Morro

El emisario de descarga del agua de rechazo de la Planta de Ósmosis Inversa El Morro se ubicará en el norte de Chile, cerca de la ciudad de Arica. La descarga se realizará a aproximadamente 345m de la costa, llegando en su punto final a una profundidad de unos 20m.

Uno de los problemas a resolver fue evitar la recirculación de agua salina desde la descarga del emisario a la toma. La Figura 6 presenta esquemáticamente la toma de agua.

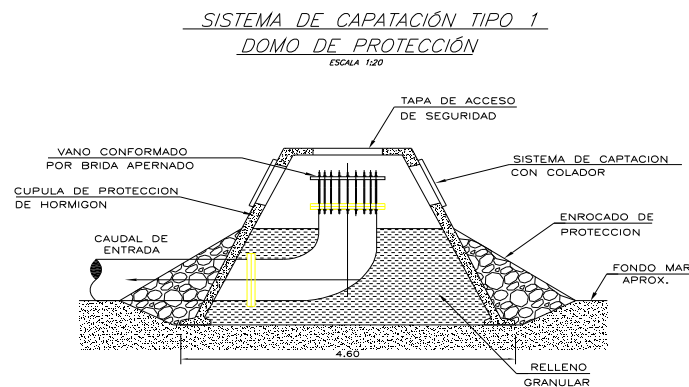


Figura 6: Toma de agua de mar

La modelación del campo cercano se realizó mediante un modelo general y 3 modelos anidados con

mallas de 5000m, 1000m, 200m y 40m.

Se realizaron simulaciones con dos configuraciones diferentes del emisario con el modelo de Campo Lejano:

Alternativa 1: longitud de zona de difusores = 40 m (una grilla)

Alternativa 2: longitud de zona de difusores = 80 m (dos grillas)

La Figura 7 muestra la posición y concentración de la pluma de dispersión para el mismo instante de la simulación de las Alternativa 1 y 2

Se indican en la escala de colores los valores de salinidad. Cuando la pluma es graficada en color blanco significa que se alcanzan valores de salinidad superiores a 40 psu, que corresponde al valor adoptado como límite admisible.

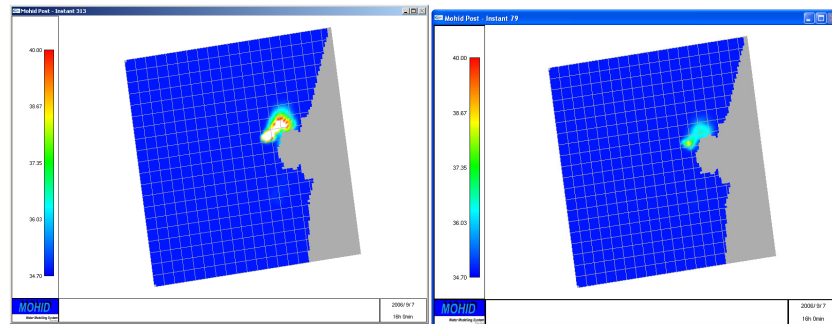


Figura 7: Salidas para las dos alternativas

Se observa que la Alternativa 1 presenta concentraciones por sobre el valor admisible de 40psu mientras que la 2 da resultados admisibles.

Consideración con respecto a haber realizado un modelo bidimensional

El modelo realizado fue bidimensional, si bien el sistema difusor se diseña para lograr una mezcla lo más uniforme posible con la profundidad, la mayor densidad del agua hipersalina puede hacer que la pluma se concentre con la profundidad. Con el objeto de estudiar la sensibilidad de los resultados al incumplimiento de la hipótesis de mezcla uniforme con la profundidad, se realizó un análisis simplificado, considerando que la mezcla solo se realiza en una fracción del total de la columna de agua; en este caso las concentraciones calculadas con el modelo deben ser corregidas según la siguiente expresión:

$$CX' = \frac{CX}{K} + CA \cdot \left(1 - \frac{1}{K}\right)$$

donde:

CX' es la concentración considerando que la mezcla solo se materializa en la profundidad $d' = K \cdot d$, d es la profundidad total de la columna de agua.

CX es la concentración de la mezcla calculada con el modelo considerando mezcla completa en toda la columna de agua.

CA es la concentración en el medio marino normal (34,80 psu en este caso)

Para saber si los resultados son admisibles para una columna de agua menor de mezcla definida como $d' = K \cdot d$ (donde d es la profundidad total, d' la profundidad de mezcla menor que d y K un coeficiente menor que 1), en base a los resultados del modelo que considera mezcla completa en d , una forma rápida de verificarlo es determinar una nueva concentración límite admisible equivalente (CLIM'), la que sería:

$$CLIM' = K \cdot \left[CLIM - CA \cdot \left(1 - \frac{1}{K} \right) \right]$$

En el caso del emisario El Morro, considerando $K = 0,50$ (mitad de la columna de agua efectiva para la mezcla) y un límite de 40 psu, se obtiene:

$$CLIM' = 0,50 \cdot \left[40 - 34,80 \cdot \left(1 - \frac{1}{0,50} \right) \right] = 37,40 \text{ psu}$$

Es decir, si consideramos que la mezcla solo se efectiviza en la mitad de la columna de agua, es necesario comparar las salidas del modelo con una salinidad límite de 37,40 psu en vez de 40 psu. Esto puede aplicarse a las zonas de mayor profundidad, en las que la mezcla requiere más tiempo para alcanzar a implicar toda la columna de agua.

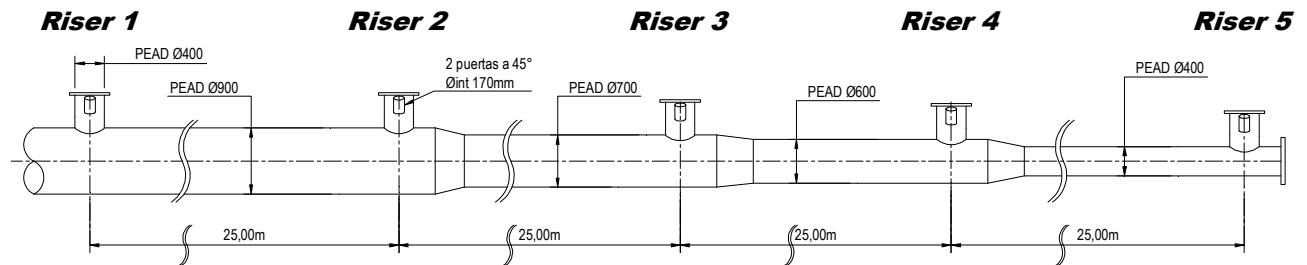
Diseño de los difusores

El diámetro adoptado para los difusores debe asegurar una velocidad de salida para el caudal de diseño suficientemente alta para optimizar la mezcla, recomendándose como valor mínimo 3 m/s y como máximo 7 a 8 m/s. Sin embargo, velocidades muy altas generan grandes pérdidas de carga, por lo que se debe tener en cuenta la energía disponible para el escurrimiento en el emisario.

La Figura 8 presenta un corte transversal de las alternativas de configuración para los difusores, el cual fue realizado aplicando el modelo Visual Plumes.

GEOMETRÍA DE LA ZONA DE DIFUSORES

5 risers - 2 puertos por ramal



CONFIGURACIÓN DE DIFUSORES

Corte transversal

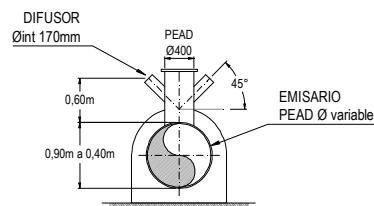


Figura 8: Sistema difusor adoptado para El Morro

3) Emisario aguas cloacales en Muscat (Oman)

La figura siguiente presenta la zona de proyecto que se encuentra en Oman.



Figura 9 Ubicación de la zona de proyecto

El primer emisario se encuentra en Darsait, localizado en el área de Greater Mutrah. El segundo, en Auzaibah a unos 15km del anterior, ambos en la Provincia de Muscat, en Oman. El sistema de saneamiento en el cual se incluyen los dos emisarios consta de un tratamiento cloacal terciario y un rehuso del agua para riego. No obstante lo anterior, los emisarios deben dimensionarse teniendo en cuenta una eventual indisponibilidad del tratamiento, por lo que la situación de diseño crítica para los emisarios surge de considerar un eventual vertido de líquido crudo.

Los datos principales de cada escenario son presentados en la Tabla 6.

Tabla 6

Emisario	Caudal (m ³ /s)	SS (mg/l)	DBO5 (mg/l)	Coliformes fecales (UFC/100ml)
Darsait	1.81	400	312	3.45 10 ⁸
Auzaibah	3.15	412	312	3.45 10 ⁸

Modelación

Este estudio está todavía en una etapa preliminar razón por la cual solo se modelizó el campo lejano mediante la aplicación del modelo MOHID siguiendo una aproximación bidimensional

Luego de un proceso iterativo, se adoptó la siguiente configuración para los emisarios:

Darsait: Descarga a 1.7km de la costa a 30m de profundidad,

Auzaibah: Descarga a 3km de la costa a 15m de profundidad.

Para la descarga se consideró como parámetros principales a modelar: SS, Coliformes Fecales y DBO. Como es un vertido de líquido crudo de emergencia, se consideró una duración del mismo de 5 días

La Figura 10 presenta la pluma de coliformes generada para ambos emisarios. Se observa que la misma no toca la costa (que es lo que se quería evitar).



Figura 10 Plumas preliminares de coliformes en ambos emisarios

En esta primera etapa de los estudios, la longitud de los emisarios se diseñó para cumplir las restricciones principales siguientes: La pluma debe tocar la costa con menos de 1000UF/100ml, la pluma no debe influir el área de captación de una toma de agua de una planta desalinizadora que se ubica actualmente cerca de Auzaibah.

CONCLUSIONES

Se ha presentado una metodología para el diseño hidráulico y ambiental de emisarios submarinos enfocada especialmente con respecto al tipo de líquido del efluente. Se analizaron emisarios cloacales (aguas negras), pluviales, hipersalinos y térmicos y se presentaron casos de diseño reales para los tres primeros.

En todos los casos presentados se aplicaron modelos de campo lejano (Mohid) para definir la ubicación de la descarga dentro del área costera, largo del emisario y la longitud aproximada de la zona de difusión y modelos de campo cercano (Visual Plumes) para definir la longitud del sistema de difusión y diseñar este sistema en detalle. Se resaltó que en ambientes marinos o de estuario sujetos a mareas que ocasionan corrientes de flujo y reflujo la aplicación de modelos estáticos (tipos Visual Plumes y Cormix), que si bien son muy útiles para el diseño de emisarios, deben ser hechas con precaución en estos casos y no se debe soslayar la aplicación de un modelo hidrodinámico completo que tenga en cuenta la variación de sentido de las corrientes marinas y recirculación.

Para el caso de emisarios cloacales se obtienen en general descargas bastante constantes en términos de caudal, donde la carga bacteriológica es muchas veces el parámetro crítico para el diseño.

En el caso de los emisarios pluviales, sus caudales son temporarios, razón por la cual se debe tener en cuenta especialmente evitar problemas de sedimentación. Los SS suelen ser el parámetro de calidad principal a tener en cuenta.

Para los efluentes hipersalinos una característica particular es la mayor densidad del efluente que hace que la pluma se pegue al fondo dificultando su mezcla con el agua marina, esto debe ser tenido en cuenta en el diseño del sistema difusor. Otra particularidad es que debe evitarse la recirculación entre captación de agua y descarga (al igual que para efluentes térmicos).

Para los efluentes térmicos, en general se tienen caudales importantes, razón por la cual se puede aprovechar el “momentum” de la descarga para facilitar la mezcla.