

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL COMPLEMENTARIO DE LA AMPLIACIÓN A CICLO COMBINADO DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA BRIGADIER LÓPEZ, PROVINCIA DE SANTA FE.

CAPÍTULO 5 – ESTUDIOS ESPECIALES

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
2	MODELACIÓN DE DISPERSIÓN DE EMISIONES GASOSAS	5
2.1	INTRODUCCIÓN	5
2.2	DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA AEROMOD	6
2.2.1	Información de entrada	7
2.2.2	Información de salida	8
2.2.3	Tipo de modelo	8
2.2.4	Tipos de contaminantes	8
2.2.5	Relaciones fuente - receptor	8
2.2.6	Comportamiento de la pluma	8
2.3	NORMAS DE CALIDAD DE AIRE	11
2.4	LÍMITES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES A LA ATMÓSFERA	11
2.5	CONCENTRACIONES DE FONDO	12
2.6	CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES EMISORAS	14
2.6.1	Combustible: gas natural	15
2.6.2	Combustible: combustible líquido	15
2.7	DATOS METEOROLÓGICOS UTILIZADOS	17
2.8	APLICACIÓN DEL MODELO DE DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA AEROMOD	17

2.8.1	Combustible: gas natural	17
2.8.2	Combustible: combustible líquido	25
2.9	CONCLUSIONES	36
3	MODELACIÓN DE DISPERSIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA PLUMA DE DESCARGA	38
3.1	INTRODUCCIÓN	38
3.2	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL SISTEMA DE VERTIDO	38
3.3	MODELO HIDRODINÁMICO	42
3.3.1	Descripción del modelo matemático RMA2	42
3.3.2	Implementación y calibración del modelo matemático	44
3.4	MODELACIÓN DE LA DISPERSIÓN TÉRMICA EN CAMPO CERCANO	55
3.4.1	Descripción del Campo Cercano	55
3.4.2	Resultados	57
3.5	MODELACIÓN DE LA DISPERSIÓN TÉRMICA EN CAMPO LEJANO	63
3.5.1	Descripción del modelo de transporte RMA4	64
3.5.2	Asignación de los coeficientes de dispersión turbulenta	66
3.5.3	Implementación del modelo RMA4 y Resultados	67
3.6	CONCLUSIONES	70
4	ANÁLISIS DEL POTENCIAL IMPACTO ACÚSTICO	72
4.1	INTRODUCCIÓN	72
4.2	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	73
4.3	DETERMINACIÓN DEL RUIDO DE FONDO	74
4.3.1	Nivel calculado	76
4.3.2	Nivel medido (L_F)	81
4.3.3	Nivel de evaluación (L_E)	85
4.4	DETERMINACIÓN DE LA EMISIÓN Y CÁLCULO DE LA INMISIÓN	87
4.4.1	Niveles de emisión	87
4.4.2	Cálculo del nivel de inmisión	91
4.5	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN	93
4.6	RESULTADOS Y CONCLUSIONES	99

5 BIBLIOGRAFÍA

102

CAPÍTULO 5 – ESTUDIOS ESPECIALES

El presente constituye la quinta parte del EIA, la cual contiene los estudios especiales realizados como parte de la mencionada evaluación. Dichos estudios han sido diseñados teniendo en cuenta las características particulares del proyecto bajo análisis (Capítulo 2) y de la zona de implantación del mismo (Capítulo 4). De este modo, a partir de los resultados obtenidos, los cuales serán considerados en los capítulos subsiguientes (Capítulo 6 y 7), se llevará adelante la evaluación de los impactos ambientales generados por el proyecto.

1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo se ha formulado en forma específica para presentar los estudios especiales desarrollados como parte del desarrollo del presente Estudio de Impacto Ambiental de la ampliación a ciclo combinado de la Central Termoeléctrica Brigadier López (CTBL).

Las acciones a desarrollar durante las etapas de construcción y operación de la CTBL son especialmente susceptibles de generar impactos asociados a la calidad del aire, al aumento del nivel sonoro al cual podrían estar expuestos los receptores más cercanos y al incremento de temperatura del agua del río Coronda.

A partir de lo antedicho, junto con la regulación definida por normativa específica para la construcción y operación de centrales térmicas, se ha formulado un estudio sobre la propagación de ruidos a fin de determinar la afectación por ruidos molestos al vecindario en los sitios poblados más próximos (Punto 4). Asimismo, considerando los niveles de calidad de aire establecidos en legislación provincial, se han formulado estudios de dispersión de emisiones gaseosas orientados a identificar el impacto ambiental atmosférico que tendrá la Central durante su operación en ciclo combinado (Punto 2)

Sumado a lo anterior, dado el potencial impacto sobre el medio circundante que podría tener la descarga del agua de refrigeración del sistema de vapor del ciclo combinado, se ha desarrollado un estudio de dispersión de la temperatura de su pluma de descarga. Sus resultados serán útiles para obtener mayor información a la hora de valorar el impacto potencial (Punto 3).

Los resultados de los modelos empleados para estos estudios específicos junto con su análisis, se presentan en los puntos subsiguientes.

2 MODELACIÓN DE DISPERSIÓN DE EMISIONES GASOSAS

2.1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Anexo de la Resolución N°13/97 del Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) “Guía Práctica para la preparación de Evaluaciones de Impacto Ambiental Atmosférico”, la dispersión de contaminantes en la atmósfera es un proceso complejo para cuya descripción es frecuente recurrir a la aplicación de modelos de dispersión atmosférica. Asimismo, se menciona en dicho Anexo que los contaminantes, que es necesario evaluar, y que son emitidos desde las chimeneas de las Centrales Térmicas de Generación de Electricidad son los siguientes: óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO_2) y material particulado total (MPT), en este caso PM10.

En el Anexo de esa Resolución se presenta a los fines regulatorios una metodología a cumplir dividida en dos etapas: Etapa I, de sondeo o de *screening* y Etapa II, de contenido más detallado.

- **Etapa I:** Se debe aplicar la técnica de sondeo o de *screening* para simular la dispersión atmosférica de contaminantes emitidos desde fuentes puntuales para determinar si las concentraciones de contaminantes en aire superan o no el 50% de los valores de los límites máximos admisibles de calidad del aire establecidos por las normas legales ambientales vigentes en la zona de emplazamiento. Este procedimiento es aplicable a diferentes condiciones atmosféricas, entre las cuales es necesario detectar la ambientalmente más desfavorable. En caso en que las concentraciones máximas totales (concentraciones obtenidas por el modelo más las concentraciones de fondo) estimadas sobrepasen el 50% de los valores de los límites máximos admisibles de calidad del aire establecidos por la norma legal ambiental vigente será necesario aplicar la metodología más detallada incluida en la **Etapa II**.
- **Etapa II:** Requiere la aplicación de modelos de dispersión atmosférica más detallados utilizando información meteorológica horaria.

En este estudio se presenta, siguiendo las directivas incluidas en el Anexo de la Resolución N°13/97 del Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) “Guía Práctica para la preparación de Evaluaciones de Impacto Ambiental Atmosférico”, el **Estudio de Impacto Ambiental Atmosférico** que producirían las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y material particulado desde la chimenea de la futura unidad operando en ciclo combinado de la Central Térmica de Generación de Electricidad Brigadier López durante su funcionamiento.

Para cumplir con esa Resolución se aplicó el modelo de dispersión atmosférica **AERMOD** (Etapa II del Anexo de la Resolución N°13/97 del Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) “Guía Práctica para la preparación de Evaluaciones de Impacto Ambiental Atmosférico”. Se considerarán los niveles guía de calidad de aire, establecidos para dos tiempos de promedio (20 minutos y 24 horas) por la Resolución N° 201 de la Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA AEROMOD

En febrero de 1991, la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (US.EPA) conjuntamente con la *American Meteorological Society* (AMS) constituyeron el Comité de Perfeccionamiento de Modelos Regulatorios (AERMIC) cuyo objetivo fue incorporar los avances científicos realizados durante las décadas del 70' y 80' en un modelo de dispersión atmosférica utilizable con propósitos regulatorios.

El resultado elaborado por este Comité fue el AERMOD. Este modelo se desarrolló para ser aplicado a los escenarios corrientemente contemplados en el *Industrial Source Complex Short-Time Model* (ISCST3) (US.EPA, 1995). Algunas primeras formulaciones del AERMOD fueron resumidas por Perry y otros (1994) y Cimorelli y otros (1996). Una discusión más completa de las formulaciones del modelo se presenta en Cimorelli y otros (2003).

En el año 2005, la US.EPA incorpora al AERMOD entre los modelos de dispersión atmosférica recomendados para su aplicación. Este modelo permaneció en uso conjuntamente con el ISCST3, como modelos preferidos de la US.EPA, hasta que en diciembre de 2006. En ese año la Agencia eliminó de la lista de modelos recomendados al ISCST3.

El AERMOD es un modelo de dispersión atmosférica estacionario que se puede utilizar para evaluar la concentración de contaminantes emitidos desde diferentes tipos de fuentes de emisión. El AERMOD es aplicable a plumas de contaminantes industriales transportados a través de distancias cortas (hasta 50 km). Este modelo simula el transporte y la dispersión atmosférica de contaminantes emitidos desde fuentes puntuales (individuales o múltiples), areales o volumétricas. Se basa en la caracterización de la capa límite de la atmósfera que fue encontrada utilizando los datos medidos de algunas variables meteorológicas convencionales. Las fuentes de emisión pueden estar ubicadas en áreas rurales o urbanas y los receptores pueden estar localizados en terreno simple o complejo. El AERMOD tiene en cuenta los efectos de la estela turbulenta en el aire originada por los edificios (remoción en la pluma de contaminantes) utilizando los algoritmos incluidos en el *Plume Rise Model Enhancements* (PRIME). El modelo AERMOD utiliza datos meteorológicos horarios procesados secuencialmente con el objetivo final de calcular las concentraciones de contaminantes en aire para diferentes tiempos de promedio desde una hora hasta un año. El AERMOD está diseñado para operar con dos preprocesadores: a) de datos meteorológicos (ARMET) y b) de información del terreno (AERMAP).

El AERMOD es apropiado para las siguientes aplicaciones:

- Fuentes puntuales, areales y volumétricas;
- Emisiones desde fuentes ubicadas en superficie, cerca de la superficie del suelo y elevadas;
- Áreas rurales o urbanas;
- Terreno simple o complejo;
- Transporte de contaminantes hasta una distancia de 50 km;
- Variación de los tiempos de promedio de las concentraciones entre una hora y un año;
- Emisiones continuas de sustancias tóxicas.

2.2.1 Información de entrada

Para la aplicación del modelo utilizado, se requieren los siguientes datos de entrada:

1. Datos de las fuentes: El modelo requiere información sobre los tipos de fuentes, ubicaciones, altura y diámetro interno de las chimeneas, temperatura y velocidad de salida de los gases de emisión, dimensiones de las fuentes areales y volumétricas y elevación del terreno en donde están ubicadas las fuentes. Las dimensiones de los edificios y la intensidad variable de las emisiones son opcionales.
2. Datos meteorológicos: El preprocesador meteorológico AERMET requiere como datos de entrada las características de la superficie, incluyendo el parámetro de rugosidad de la superficie del suelo (z_0), la relación de Bowen y el albedo, así como datos horarios de velocidad del viento entre siete veces z_0 (nivel del viento de referencia a partir del cual se desarrolla el perfil del viento) y 100 m, dirección del viento, nubosidad y temperatura entre z_0 (nivel a partir del cual se puede desarrollar el perfil de temperatura) y 100 m. Las características de la superficie pueden variar con el sector desde donde fluye el aire y con la estación del año y/o los meses. Los valores de un radiosondeo matinal representativo de la estación aerológica más cercana, latitud y longitud, hora local y la velocidad del viento umbral son requeridos por el AERMET. Adicionalmente, perfiles medidos de viento, temperatura, turbulencia lateral y vertical pueden ser necesarios en algunas aplicaciones (por ejemplo, terreno complejo) para representar adecuadamente los aspectos meteorológicos que afectan el transporte y la dispersión de la pluma de contaminantes. Opcionalmente, se requieren mediciones de radiación neta o solar. Dos archivos son producidos por el preprocesador meteorológico AERMET como entrada para el modelo de dispersión AERMOD. El archivo de superficie contiene las variables superficiales horarias observadas y calculadas. El archivo de los perfiles contiene los datos de las observaciones realizadas en cada nivel de una torre meteorológica o las observaciones de datos representativos.

Los datos utilizados como información de entrada al AERMET deberán contener un grado de representatividad vertical y lateral del área en la está ubicada la fuente de emisión para asegurar que los perfiles de viento, temperatura y turbulencia derivados por el AERMOD sean adecuados. Los valores de la rugosidad de la superficie, la relación de Bowen y del albedo, deberán reflejar las características de la superficie en las cercanías de la torre meteorológica y del dominio del modelado. Finalmente, las variables de entrada principales que incluyen la velocidad y dirección del viento, la temperatura del aire ambiente, la nubosidad y un radiosondeo matinal, también deberán ser representativas del área en donde están situadas la o las fuentes.

3. Datos del receptor: Se requieren sus coordenadas, la elevación, la altura respecto de la superficie y las escalas de la altura de las elevaciones del terreno que son generadas por el preprocesador del terreno AERMAP para ingresar en el AERMOD.

2.2.2 Información de salida

Las opciones para los datos de salida incluyen la información de entrada, tablas resúmenes de las concentraciones más altas por receptor y para tiempos especificados de promedio, tablas resúmenes de las concentraciones máximas y de los valores concurrentes por receptor para cada hora o día procesado.

Otros archivos opcionales de salida pueden ser generados: un listado de las ocurrencias de excedencias de valores umbrales especificados, un listado de los resultados concurrentes en cada receptor para cada una de las horas modeladas, un listado de los valores de diseño que puedan ser importados en gráficos para dibujar contornos, un listado no formateado de los resultados mayores que un valor umbral, un listado de las concentraciones por rangos (por ejemplo, para ser utilizados en gráficos cuantil-cuantil) y un listado de las concentraciones (para determinados arcos) con el objeto de realizar evaluaciones del modelo.

2.2.3 Tipo de modelo

Como se manifestó anteriormente, el AERMOD es un modelo estacionario de pluma, que utiliza distribuciones horizontal y vertical gaussianas para condiciones estables y distribución horizontal gaussiana para condiciones convectivas. La distribución vertical de la concentración en condiciones convectivas es obtenida a partir de la suposición de una función de densidad de probabilidad bi-gaussiana para la velocidad vertical.

2.2.4 Tipos de contaminantes

El AERMOD es aplicable a contaminantes primarios y emisiones continuas de contaminantes tóxicos y peligrosos. Las transformaciones químicas son tratadas mediante un decaimiento exponencial simple.

2.2.5 Relaciones fuente - receptor

El AERMOD se aplica a localizaciones especificadas por el usuario para las fuentes y los receptores. Se utiliza la separación real entre cada par fuente - receptor. Las elevaciones de las fuentes y de los receptores son introducidas por el usuario en la entrada o son determinadas por el AERMAP utilizando datos del terreno obtenidos por el Sistema Geográfico de Posición Satelital. Los receptores pueden estar localizados a alturas específicas respecto de la superficie.

2.2.6 Comportamiento de la pluma

En la capa límite convectiva, el transporte y la dispersión de una pluma de contaminantes están caracterizados por una superposición de tres plumas modeladas: la pluma directa (emitida desde la chimenea), la pluma inversa y la pluma "introducida". La pluma inversa está representada por una pluma con empuje térmico cerca del tope de la capa límite. La pluma introducida se encuentra constituida por una parte de una pluma que, debido a su empuje térmico, penetra por encima de la capa mezclada, pero que puede dispersarse hacia abajo y re-introducirse en esa capa. En la capa límite convectiva, la elevación de la pluma se superpone con los desplazamientos verticales del aire, causados por las velocidades aleatorias convectivas.

En la capa límite estable, la elevación de la pluma es calculada utilizando un procedimiento iterativo, similar al que se encuentra en el *Complex Terrain Dispersion Model Plus Algorithms for Unstable Situations* (CTDMPLUS).

El modelo incorpora la remoción y el empuje térmico originados por la chimenea que inducen una contribución adicional a la dispersión. Los efectos de estela en el aire generados por los edificios son simulados para las chimeneas con menor nivel que los correspondientes a la altura determinada por la buena práctica ingenieril utilizando el método contenido en los algoritmos de remoción del PRIME (Schulman y otros, 2000). Para elevaciones de la pluma afectada por la presencia de un edificio, el algoritmo de remoción del PRIME utiliza una solución numérica de las leyes de conservación de la masa, energía y cantidad de movimiento (Zhang y Ghoniem, 1993). La deflexión de la línea de corriente y la posición de la chimenea en relación con el edificio afectan la trayectoria y la dispersión de la pluma. La dispersión aumentada está basada en el método desarrollado por Weil (1996). La masa de la pluma capturada por la cavidad está bien mezclada en su interior. La masa de la pluma capturada es re-emitida en una estela lejana como ocurre en una fuente volumétrica.

Para terreno elevado, el AERMOD incorpora el concepto de la altura de la línea de corriente crítica dividida. El flujo por debajo de esta altura permanece horizontal y por encima de la misma tiende a elevarse (Snyder y otros, 1985). La concentración de la pluma se estima a partir de la suma ponderada de esos dos estados límites de la pluma. Sin embargo, consistentemente con la suposición de estado estacionario de la dirección del viento horizontal uniforme en todo el dominio de modelado, se supone una trayectoria lineal y rectilínea de la pluma, con ajustes en la geometría pluma-receptor utilizada para tener en cuenta los efectos del terreno.

2.2.6.1 Componente horizontal de la velocidad del viento (velocidad del viento)

Los perfiles verticales del viento son calculados para cada hora considerando las mediciones de parámetros meteorológicos y las relaciones de la teoría de la semejanza de la capa de superficie. A una dada altura por encima de la superficie del terreno, para una determinada hora, se supone que los vientos son constantes en el dominio de modelado. El efecto de la variación vertical de la velocidad horizontal del viento sobre la dispersión es considerado mediante el promedio de este parámetro en la extensión vertical de la pluma.

2.2.6.2 Componente vertical de la velocidad del viento

En condiciones convectivas, los efectos causados por las corrientes verticales aleatorias ascendentes y descendentes del aire se simulan mediante una función de densidad de probabilidad bi-gaussiana de la velocidad vertical del aire. En ambas condiciones, estable y convectiva, se supone que la velocidad media vertical del aire es nula.

2.2.6.3 Dispersión horizontal

Los coeficientes de dispersión horizontal para una distribución gaussiana son estimados como funciones continuas de la turbulencia (medida o estimada) lateral de la atmósfera. También, se consideran el empuje inducido por el empuje térmico y la turbulencia inducida por la estela generada por los edificios. Los perfiles verticales de la turbulencia lateral son obtenidos a partir de mediciones y de las relaciones de la teoría de la semejanza. Los valores de la turbulencia efectiva son encontrados utilizando la porción de los perfiles verticales de la turbulencia lateral ubicada entre la altura de la pluma y la altura del receptor. La turbulencia lateral efectiva es utilizada para calcular la dispersión horizontal.

2.2.6.4 Dispersión vertical

Los coeficientes de dispersión vertical de una distribución gaussiana, en una capa límite estable, son estimados como funciones continuas de la turbulencia vertical parametrizada de la atmósfera. En la capa límite convectiva, la dispersión vertical está caracterizada por una función de densidad de probabilidad bi-gaussiana y también, es estimada como una función continua de la distribución de la velocidad vertical turbulenta del aire. Los perfiles de la turbulencia vertical son obtenidos utilizando mediciones y relaciones de la teoría de la semejanza. Esos perfiles de la turbulencia consideran las turbulencias mecánica y convectiva. Los valores de la turbulencia efectiva son encontrados utilizando la porción de los perfiles verticales de la turbulencia vertical ubicada entre la altura de la pluma y la altura del receptor. La turbulencia vertical efectiva es utilizada para calcular la dispersión vertical.

2.2.6.5 Transformaciones químicas

Las transformaciones químicas, generalmente, no son tratadas por el AERMOD. Sin embargo, el AERMOD contiene una opción de transformación química utilizando un simple decaimiento exponencial simple. Esta opción no es considerada para aplicaciones regulatorias, excepto para fuentes urbanas que emiten dióxido de azufre. El usuario debe introducir el coeficiente de decaimiento o la vida media de las sustancias que desea modelar.

2.2.6.6 Remoción física

El AERMOD puede ser utilizado para estimar los depósitos seco y húmedo de gases y partículas.

2.3 NORMAS DE CALIDAD DE AIRE

Las normas de calidad de aire son límites legales correspondientes a niveles de contaminantes en el aire durante el período de tiempo dado. En este sentido, se estima que concentraciones de contaminantes por debajo de dicho valores, para el conocimiento disponible actualmente, no producirán efectos adversos en los seres vivos.

En este trabajo se consideraron los niveles guía de calidad de aire, establecidos en el ANEXO I, Artículo 1º de la Resolución 201/04 (Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe), que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Normas de calidad de aire aplicables.

Contaminante	Norma de calidad del aire (*)	Período de tiempo
Monóxido de Carbono	15,0 mg/m ³	20 minutos
	3,0 mg/m ³	24 horas
Dióxido de azufre	0,50 mg/m ³	20 minutos
	0,05 mg/m ³	24 horas
Óxidos de Nitrógeno (expresados como NO ₂)	0,40 mg/m ³	20 minutos
	0,10 mg/m ³	24 horas
Material Particulado en Suspensión (PM-10)	0,50 mg/m ³	20 minutos
	0,15 mg/m ³	24 horas

(1) Temperatura T = 25°C; presión p = 1 atm.

2.4 LÍMITES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES A LA ATMÓSFERA

Los límites de emisión de contaminantes en los gases de las chimeneas son los establecidos por la Resolución N° 108/01 de la Secretaría de Energía de la Nación, para las Centrales Térmicas de Generación de Electricidad cuya parte pertinente se transcribe a continuación.

Los límites de emisión para las **Centrales de Ciclo Combinado** (similares a los establecidos para la Centrales Turbogas), son los siguientes:

a) Utilizando **gas natural**:

- Material particulado total (MPT) máximo: seis miligramos por metro cúbico normal (6 mg/Nm³)
- Óxidos de nitrógeno (NO_x) máximo: cien miligramos por metro cúbico normal (100 mg/Nm³)

b) Utilizando **combustibles líquidos**:

- Material particulado total (MPT) máximo: veinte miligramos por metro cúbico normal (20 mg/Nm³)
- Óxidos de nitrógeno (NO_x) máximo: cien miligramos por metro cúbico normal (100 mg/Nm³)

En las Centrales con unidades turbogas que utilicen combustibles líquidos, los tenores de azufre de los mismos no deberán superar el cero coma cinco por ciento (0,5%), como indicación indirecta del nivel de emisión de SO₂.

2.5 CONCENTRACIONES DE FONDO

La contaminación de fondo debe interpretarse como la concentración en aire de contaminantes emitidos por otras fuentes diferentes de las que se considere en el estudio y que contribuyan a la contaminación atmosférica de la zona.

La concentración de fondo puede definirse como la suma de la concentración de base (a nivel regional) y las concentraciones en aire de contaminantes aportados por otras fuentes aparte de las consideradas.

El método utilizado en este Informe para determinar las correspondientes concentraciones de fondo se basó en mediciones de calidad del aire realizadas por GRUPO INDUSER S.R.L. en el entorno cercano al futuro emplazamiento de la CTBL. Se efectuaron determinaciones de concentraciones medias (para diferentes períodos de tiempo) de dióxido de nitrógeno, material particulado en suspensión (MP 10), monóxido de carbono y dióxido de azufre en aire a nivel del suelo en cinco puntos localizados en la zona y en el entorno de la ubicación de la futura Central (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de concentraciones de fondo, obtenidas en la medición de calidad de aire.

Contaminante	Tiempo de muestreo	Punto N° 1 (mg/m ³)	Punto N° 2 (mg/m ³)	Punto N° 3 (mg/m ³)	Punto N° 4 (mg/m ³)	Punto N° 5 (mg/m ³)
Monóxido de carbono	20 minutos	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2
Óxidos de nitrógeno (considerados como dióxido de nitrógeno)	1 hora	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dióxido de azufre	24 horas	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Material particulado en suspensión (MP 10)	24 horas	0,06	0,05	0,13	<0,05	<0,05

En ocasión de realizarse el Estudio de Impacto Ambiental para el ciclo abierto de la CTBL, en marzo de 2009, se determinaron también valores de las concentraciones de fondo, los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Valores de concentraciones de fondo medidos en 2009.

Contaminante	Tiempo de muestreo	Punto N° 1 (mg/m ³)	Punto N° 2 (mg/m ³)	Punto N° 3 (mg/m ³)	Punto N° 4 (mg/m ³)	Punto N° 5 (mg/m ³)
Monóxido de carbono	8 horas	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Óxidos de nitrógeno (considerados como dióxido de nitrógeno)	1 hora	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Dióxido de azufre	24 horas	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Material particulado en suspensión (MP 10)	24 horas	<0,005	<0,005	0,020	0,006	0,008

Teniendo en cuenta los valores incluidos en la Tabla 2 y Tabla 3 y con el objeto de incorporar las condiciones ambientales más comprometidas en la determinación de las concentraciones de fondo, se utilizaron los valores más altos y/o los datos inmediatamente menor que los señalados como inferior a los límites de cuantificación de los métodos utilizados en la medición - análisis de los contaminantes.

Diferentes autores (Hino, 1968; Larsen y otros, 1967; Larsen, 1969, 1971; Högstrom, 1972; Larsen y Heck, 1985; Best y otros, 2000; Turner y Schulze, 2007) propusieron la siguiente expresión con el objeto de relacionar la concentración (C_p) de un contaminante en el aire durante un tiempo (t_p) de muestreo o promedio con la concentración (C_m) del mismo contaminante en el aire durante otro tiempo (t_m) de muestreo o promedio:

$$C_p = C_m \left(\frac{t_m}{t_p} \right)^p$$

donde el valor medio del exponente p puede considerarse igual a 0.2.

Aplicando la ecuación anterior a los valores de la $C_{m\max}$ presentados en las tablas anteriores se encuentran en la Tabla 4, los valores de las concentraciones correspondientes a los distintos contaminantes, que se considerarán representativos de contaminación de fondo de la zona para diferentes períodos de tiempo incluidos en las respectivas normas de calidad de aire que se considerarán en este Informe.

Dado que la Central no se encuentra aun en operación, ambas determinaciones (la antecedente y la presente), fueron consideradas como valores de base, seleccionándose para su análisis aquellas mayores a igual tiempo de integración. De esta forma, para los parámetros NO_x y CO , se tomaron los valores correspondientes al muestreo antecedente (2009), y para SO_2 y MP_{10} , aquellos obtenidos durante la campaña realizada en oportunidad de la realización del presente informe.

Es importante aclarar que la aplicación de la ecuación anterior es más confiable para tiempos de muestreo ascendentes, comenzando por el menor tiempo disponible. Si bien en la LBA se aplicó dicha ecuación tanto para el pasaje de tiempos de muestreo ascendentes como descendentes para posibilitar la comparación de los resultados obtenidos con aquellos antecedentes de 2009 y con los límites regulados, como parte del presente análisis y para el caso de los óxidos de nitrógeno, se optó por utilizar la mayor concentración entre ambos muestreos, considerando el mismo valor en la extrapolación a tiempos menores.

Tabla 4. Valores de concentraciones y períodos de tiempo a utilizar.

Contaminante	Tiempo de promedio	Contaminación de fondo (mg/m ³)
Monóxido de carbono (CO)	20 minutos	2,077
	24 horas	0,883
Óxidos de nitrógeno (expresados como NO ₂)	20 minutos	0,050
	24 horas	0,021
Dióxido de azufre (SO ₂)	20 minutos	0,0094
	24 horas	0,004
Material particulado en suspensión PM-10	20 minutos	0,306
	24 horas	0,13

NOTA: No todos los valores aquí calculados coinciden con los presentados en la sección de calidad de aire del Capítulo 4 – Línea de Base Ambiental (LBA), ya que las concentraciones tomadas para realizar los cálculos de pasaje de tiempo, son las inmediatas inferiores a los límites de detección de los métodos de análisis, mientras que en la LBA se considera el límite mismo.

2.6 CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES EMISORAS

A continuación, se presentan las características físicas de cada una de las fuentes de emisión de la CTBL.

Tabla 5. Características de las chimeneas de ciclo cerrado de la CTBL.

IDENTIFICACION DE LA CHIMENEA	
Código o Nombre:	01
Localización: Coordenadas x(m); y(m):	0,0; 0,0
CARACTERISTICAS FISICAS	
Altura de la chimenea desde el suelo (m):	55
Diámetro de la chimeneas en su tope (m):	5,95

Los valores de las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y material particulado en condiciones de ciclo combinado dependerán del tipo de combustible que se utiliza.

2.6.1 Combustible: gas natural

Los valores correspondientes a las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y material particulado total que inyectará la chimenea de la CTBL durante el funcionamiento en ciclo combinado cuando se use gas natural como combustible son los siguientes:

Tabla 6. Características de la emisión de monóxido de carbono (CO) con gas natural.

Parámetro	Chimenea 01
Caudal másico de emisión (g/s)	23,92
Velocidad de salida del efluente (m/s)	30
Temperatura del efluente (K)	366
Caudal Volumétrico de emisión (Nm ³ /s)	834
Concentración del contaminante (CO) en los gases de emisión (mg/Nm ³):	38,8

Tabla 7. Características de la emisión de óxidos de nitrógeno (NO_x) con gas natural.

Parámetro	Chimenea 01
Caudal másico de emisión (g/s)	36,8
Velocidad de salida del efluente (m/s)	30
Temperatura del efluente (K)	366
Caudal Volumétrico de emisión (Nm ³ /s)	834
Concentración del contaminante (NO _x) en los gases de emisión (mg/Nm ³):	59,6

Tabla 8. Características de la emisión de material particulado total (MPT) con gas natural.

Parámetro	Chimenea 01
Caudal másico de emisión (g/s)	2,2
Velocidad de salida del efluente (m/s)	30
Temperatura del efluente (K)	366
Caudal Volumétrico de emisión (Nm ³ /s)	834
Concentración del contaminante (MPT) en los gases de emisión (mg/Nm ³):	3,6

2.6.2 Combustible: combustible líquido

Los valores correspondientes a las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y material particulado total que inyectará la chimenea de la CTBL cuando se use combustible líquido como combustible, y funcionando en forma ciclo combinado son los siguientes:

Tabla 9. Características de la emisión de monóxido de carbono (CO) con combustible líquido.

Parámetro	Chimenea 01
Caudal másico de emisión (g/s)	70,5
Velocidad de salida del efluente (m/s)	30
Temperatura del efluente (K)	424
Caudal Volumétrico de emisión (Nm ³ /s)	537,1
Concentración del contaminante (CO) en los gases de emisión (mg/Nm ³):	131,2

Tabla 10. Características de la emisión de óxidos de nitrógeno (NO_x) con combustible líquido.

Parámetro	Chimenea 01
Caudal másico de emisión (g/s)	53,7
Velocidad de salida del efluente (m/s)	30
Temperatura del efluente (K)	424
Caudal Volumétrico de emisión (Nm ³ /s)	537,1
Concentración del contaminante (NO _x) en los gases de emisión (mg/Nm ³):	100,0

Tabla 11. Características de la emisión de dióxido de azufre (SO₂) con combustible líquido.

Parámetro	Chimenea 01
Caudal másico de emisión (g/s)	140
Velocidad de salida del efluente (m/s)	30
Temperatura del efluente (K)	424
Caudal Volumétrico de emisión (Nm ³ /s)	537,1
Concentración del contaminante (SO ₂) en los gases de emisión (mg/Nm ³):	260,8

Tabla 12. Características de la emisión de material particulado total (MPT) con combustible líquido.

Parámetro	Chimenea 01
Caudal másico de emisión (g/s)	11,28
Velocidad de salida del efluente (m/s)	30
Temperatura del efluente (K)	424
Caudal Volumétrico de emisión (Nm ³ /s)	537,1
Concentración del contaminante (MPT) en los gases de emisión (mg/Nm ³):	21,2

2.7 DATOS METEOROLÓGICOS UTILIZADOS

Los datos meteorológicos utilizados corresponden a tres años (2003, 2004 y 2005) de información correspondientes a la estación meteorológica Sauce Viejo Aero (Lat. 31°42'S; Long. 60°49'W, altura: 18 msnm) y a la estación meteorológica de observación de datos en altitud Ezeiza Aero (Lat. 34°49'S; Long. 58°32'W, altura: 20 msnm), del Servicio Meteorológico Nacional.

2.8 APLICACIÓN DEL MODELO DE DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA AEROMOD

De acuerdo con lo expresado en el Anexo de la Resolución N° 13/97 del Ente Nacional Regulador de la Electricidad (punto III) se realizó el presente estudio comenzando por la Etapa II sin efectuar previamente el análisis de sondeo (Etapa I).

Utilizando la información meteorológica horaria (ver Punto 2.7.), los datos de emisiones de efluentes (ver Punto 2.6) se aplicó el modelo AERMOD para cada tiempo de promedio incluido en la Resolución 201/04 (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Santa Fe) correspondientes al monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno (expresados como dióxido de nitrógeno), dióxido de azufre y material particulado en suspensión (PM10).

Se tuvo en cuenta el volcado de los contaminantes originado por su interacción con los edificios vecinos.

La aplicación se efectuó considerando que los equipos funcionan en ciclo combinado consumiendo gas natural durante el 100% del tiempo de los tres años de aplicación y combustible líquido durante el 100% del tiempo de esos tres años, como combustibles.

2.8.1 Combustible: gas natural

2.8.1.1 Concentración de CO en aire – tiempo promedio 20 minutos

El modelo se aplicó a las emisiones de CO provenientes de las chimeneas de la futura Central consumiendo gas natural con el equipo operando en ciclo combinado.

En la Tabla 1 del Anexo I - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) de CO en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea 01) y la fecha y la hora en que se verifica ese valor, correspondientes a los años 2003, 2004 y 2005, respectivamente.

Los valores calculados correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) (calculada por el modelo más fondo) de CO en aire a nivel del suelo durante los tres años del período considerado, son los siguientes:

- Concentración media máxima calculada (20 minutos): 2,09853 mg/m³
- Localización de la concentración media máxima calculada (20 minutos): x= 574,3 m; y = 482,09 m; z = 0,0 m; a aproximadamente 750 m al NE de la Chimenea.

En la Figura 1 se presentan las isopletas de concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) máxima total (calculada más fondo) de CO en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 2 de marzo de 2004 entre las 05.00 hs y 05.20 hs, fecha en que se presenta la mayor concentración.



Figura 1. Isopletas de concentración media en mg/m^3 (tiempo promedio 20 minutos) de CO en aire a nivel del suelo. Combustible: gas natural. (02/03/04; 05:00 hs – 05:20). * Chimenea 01.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 20 minutos) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de CO en aire a nivel del suelo son **inferiores** a $15,0 \text{ mg}/\text{m}^3$, norma de calidad del aire establecida por la Resolución 201/04 (Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe).

2.8.1.2 Concentración de CO en aire – tiempo promedio 24 horas

En la Tabla 2 del Anexo I - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) de CO en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea) y la fecha y la hora en que se verifica ese valor.

Los valores calculados correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de CO en aire a nivel del suelo durante los tres años del período considerado, son los siguientes:

- Concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) máxima total: $0,89037 \text{ mg/m}^3$
- Localización de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) máxima total: $x = 0,0 \text{ m}$; $y = 1400,00 \text{ m}$; $z = 0,0 \text{ m}$; a aproximadamente 1400 m al N de la Chimenea.

En la Figura 2 se presentan las isopletas de concentraciones medias (tiempo de promedio: 24 horas) máxima total (calculada más fondo) de CO en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del del 10 de julio de 2003, en que se presenta la mayor concentración.

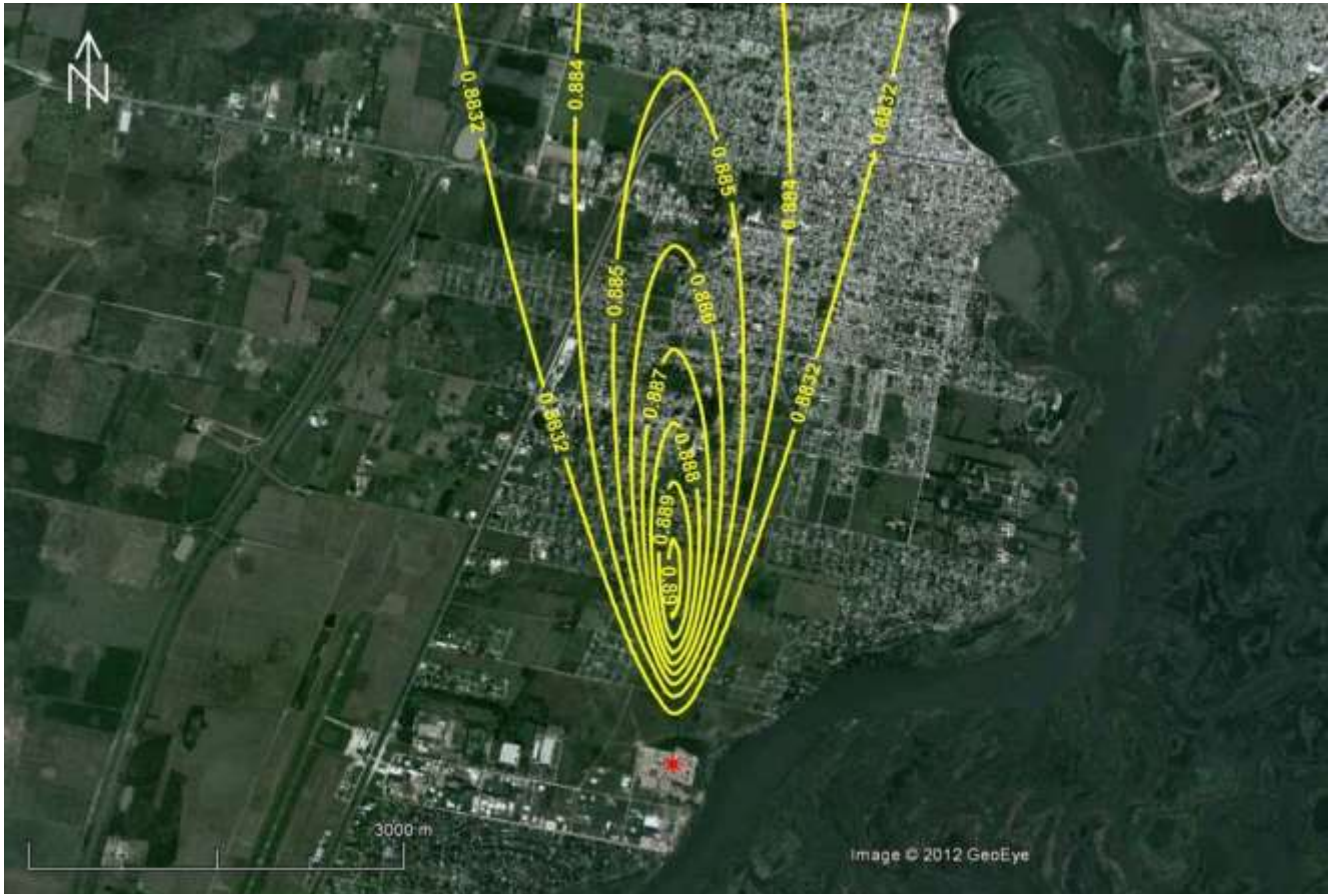


Figura 2. Isopletas de concentración total media en mg/m^3 (tiempo promedio 24 horas) de CO en aire a nivel del suelo. Combustible: gas natural. (10/07/03). * Chimenea.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 24 horas) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de CO en aire a nivel del suelo son **inferiores** a $3,0 \text{ mg/m}^3$ (valor guía de calidad del aire establecido por la Resolución 201/04 (Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe)).

2.8.1.3 Concentración de NO_x (expresados como NO_2) en aire – tiempo promedio 20 minutos

El modelo se aplicó a las emisiones de NO_x provenientes de la chimenea de la futura Central consumiendo gas natural, cuando se operan en ciclo combinado. Se supuso que los NO_x emitidos se transforman totalmente en NO_2 .

En la Tabla 3 del Anexo I - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) de NO_x (expresados como NO_2) en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la localización de la Chimenea) y la fecha y la hora en que se verifica ese valor.

Los valores calculados correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de NO_x (expresados como NO_2) en aire a nivel del suelo durante los tres años del período considerado, son los siguientes:

- Concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) máxima total: $0,08313 \text{ mg/m}^3$
- Localización de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) máxima total: $x = 574,3 \text{ m}$; $y = 482,09 \text{ m}$; $z = 0,0 \text{ m}$; a aproximadamente 750 m al NE de la Chimenea.

En la Figura 3 se presentan las isopletas de concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) máxima total (calculada más fondo) de NO_x (expresados como NO_2) en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 2 de marzo de 2004 a las 05:00 hs y las 05:20 hs, en que se presenta la mayor concentración.



Figura 3. Isopletas de concentración media en mg/m^3 (tiempo promedio 20 minutos) de NO_x (expresados como NO_2) en aire a nivel del suelo. Combustible: gas natural. (02/03/04, 05:00-05:20hs). * Chimenea.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 20 minutos) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de NO_x (expresados como NO₂) en aire a nivel del suelo son **inferiores** a 0,40 mg/m³ (valor guía de calidad del aire establecido por la Resolución 201/04 (Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe).

2.8.1.4 Concentración de NO_x (expresados como NO₂) en aire – tiempo promedio 24 horas

El modelo se aplicó a las emisiones de NO_x provenientes de la chimenea de la futura Central consumiendo gas natural, cuando se opera en ciclo combinado. Se supuso que los NO_x emitidos se transforman totalmente en NO₂.

En la Tabla 4 del Anexo I - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) de NO_x (como NO₂) en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la localización de la Chimenea) y la fecha en que se verifica ese valor.

Los valores calculados correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de NO_x (expresados como NO₂) en aire a nivel del suelo durante los tres años del período considerado, son los siguientes:

- Concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) máxima total: 0,03234 mg/m³
- Localización de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) máxima total: x = 0,0 m; y = 1400,00 m; z = 0, 0 m; a aproximadamente 1400 m al N de la Chimenea.

En la Figura 4 se presentan las isopletas de concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) máxima total de NO_x (expresados como NO₂) en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 10 de julio de 2003, en que se presenta la mayor concentración.

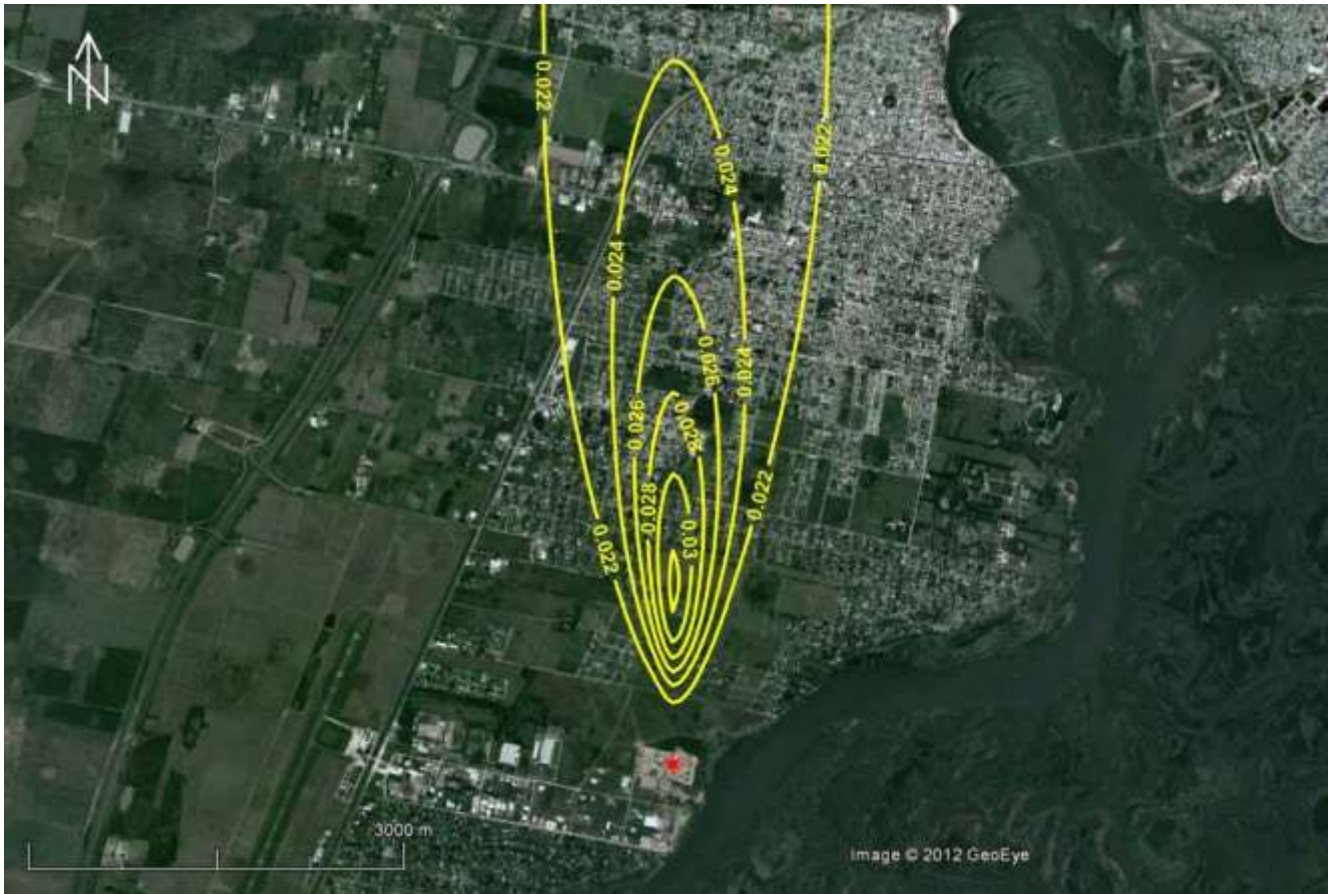


Figura 4. Isopletas de concentración media en mg/m^3 (tiempo promedio 24 horas) de NO_x (expresados como NO_2) en aire a nivel del suelo. Combustible: gas natural. (10/07/03). * Chimenea.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 24 horas) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de NO_x (expresados como NO_2) en aire a nivel del suelo son **inferiores** a $0,10 \text{ mg}/\text{m}^3$ (valor guía de calidad del aire establecido por la Resolución 201/04 (Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe).

2.8.1.5 Concentración de material particulado MP 10 en aire – tiempo promedio 20 minutos

El modelo se aplicó a las emisiones de material particulado total provenientes de la chimenea de la futura Central consumiendo gas natural, cuando se opera en ciclo combinado. Se consideró que el material particulado total a emitir es material particulado MP10.

En la Tabla 5 del Anexo I - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea) y la fecha en que se verifica ese valor.

Los valores correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo son los siguientes:

- Concentración media diaria máxima total: $0,30798 \text{ mg/m}^3$
- Localización de la concentración media horaria máxima total: $x = 574,3 \text{ m}$; $y = 482,09 \text{ m}$; $z = 0,0 \text{ m}$; a aproximadamente 750 m al NE de la Chimenea.

En la Figura 5 se presentan las isopletras de concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) máxima total de material particulado MP10 en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 2 de marzo de 2004 entre las 05:00hs y las 05:20hs, en que se presenta la mayor concentración.



Figura 5. Isopletras de concentración media en mg/m^3 (tiempo promedio 20 minutos) de MP 10 en aire a nivel del suelo. Combustible: gas natural. (02/03/04, 05:00-05:20hs). * Chimenea.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 20 minutos) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo son **inferiores** a $0,50 \text{ mg/m}^3$ (valor guía de calidad del aire establecido por la Resolución 201/04 (Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe).

2.8.1.1 Concentración de material particulado MP 10 en aire – tiempo promedio 24 horas

El modelo se aplicó a las emisiones de material particulado total provenientes de la chimenea de la futura Central consumiendo gas natural, cuando se opera en ciclo combinado. Se consideró que el material particulado total a emitir es material particulado MP 10.

En la Tabla 6 del Anexo I - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) de material particulado PM10 en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea) y la fecha en que se verifica ese valor.

Los valores correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo durante los tres años del período considerado, son los siguientes:

- Concentración media (tiempo promedio: 24 horas) máxima total: 0,13068 mg/m³
- Localización de la concentración media (tiempo promedio: 24 horas) máxima total: x = 0,00 m; y = 1400,00 m; z = 0,0m; a aproximadamente 1400 m al N de la Chimenea.

En la Figura 6 se presentan las isopletras de concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) máxima total (calculada más fondo) de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 10 de julio de 2003, en que se presenta la mayor concentración.

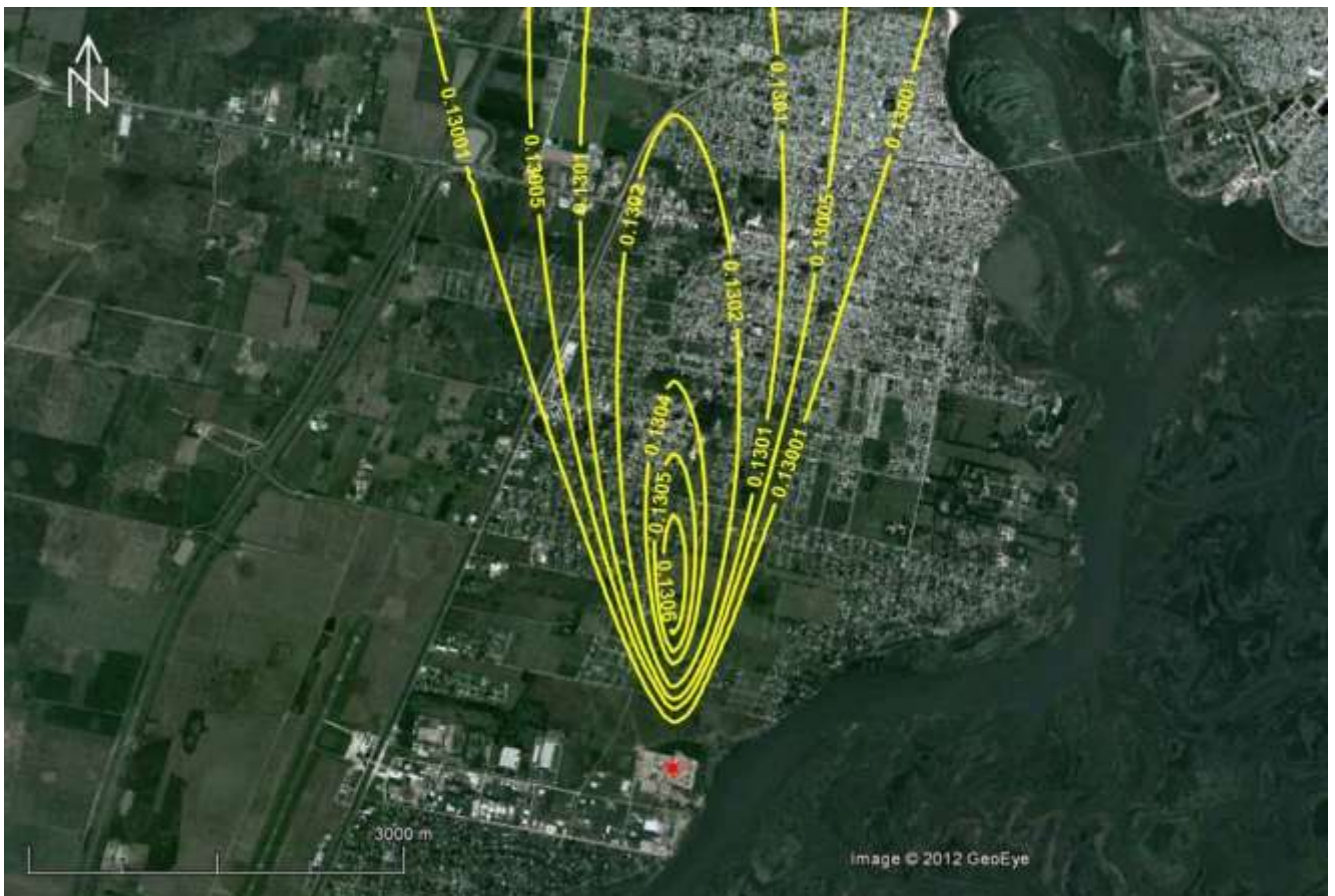


Figura 6. Isopletras de concentración media en mg/m³ (tiempo promedio 24 horas) de MP 10 en aire a nivel del suelo. Combustible: gas natural. (10/07/03). * Chimenea.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 24 horas) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de material particulado en suspensión MP 10 en aire a nivel del suelo son **inferiores** a 0.15mg/m^3 (Estado de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe).

2.8.2 Combustible: combustible líquido

2.8.2.1 Concentración de CO en aire – tiempo promedio 20 minutos

El modelo se aplicó a las emisiones de CO provenientes de las chimeneas de la futura Central con el equipo operando en ciclo combinado y consumiendo combustible líquido.

En la Tabla 7 del Anexo I - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) de CO en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea) y la fecha y la hora en que se verifica ese valor.

Los valores calculados correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) (calculada por el modelo más fondo) de CO en aire a nivel del suelo durante los tres años del período considerado, son los siguientes:

- Concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) máxima calculada: $2,13100\text{mg/m}^3$
- Localización de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) máxima calculada: $x= 651,14\text{ m}$; $y = 546,37\text{ m}$; $z = 0,0\text{ m}$; a aproximadamente 850 m al NE de la Chimenea.

En la Figura 7 se presentan las isopletras de concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) máxima total (calculada más fondo) de CO en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 2 de marzo de 2004 entre las 05:00hs y las 05:20hs, fecha en que se presenta la mayor concentración.



Figura 7. Isopletas de concentración media en mg/m^3 (tiempo promedio 20 minutos) de CO en aire a nivel del suelo. Combustible: gas natural. (02/03/04, 05:00-05:20hs). * Chimenea.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 20 minutos) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de CO en aire a nivel del suelo son **inferiores** a $15.0\text{mg}/\text{m}^3$ (valor guía de calidad del aire establecido por la Resolución 201/04 (valor guía de calidad del aire establecido por la Resolución 201/04 de la Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe).

2.8.2.2 Concentración de CO en aire – tiempo promedio 24 horas

En la Tabla 8 del Anexo I - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) de CO en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea) y la fecha y la hora en que se verifica ese valor.

Los valores calculados correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de CO en aire a nivel del suelo durante los tres años del período considerado, son los siguientes:

- Concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) máxima total: $0,89871 \text{ mg}/\text{m}^3$
- Localización de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) máxima total: $x = 0,0 \text{ m}$; $y = 1550,0 \text{ m}$; $z = 0,0 \text{ m}$; a aproximadamente 1550 m al N de la Chimenea.

En la Figura 8 se presentan las isopletas de concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) máxima total de CO en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 10 de julio de 2003, fecha en que se presenta la mayor concentración.



Figura 8. Isopletas concentración media en mg/m^3 (tiempo promedio 24 horas) de CO en aire a nivel del suelo. Combustible: combustible líquido. (10/07/03). * Chimenea.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 24 horas) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de CO en aire a nivel del suelo son **inferiores** a $3.0\text{mg}/\text{m}^3$ (valor guía de calidad del aire establecido por la Resolución 201/04 (valor guía de calidad del aire establecido por la Resolución 201/04 de la Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe).

2.8.2.3 Concentración de NO_x (expresados como NO_2) en aire – tiempo promedio 20 minutos

El modelo se aplicó a las emisiones de NO_x provenientes de la chimenea de la futura Central consumiendo combustible líquido, cuando se opera en ciclo combinado. Se supuso que los NO_x emitidos se transforman totalmente en NO_2 .

En la Tabla 9 del Anexo I - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) de NO_x (expresados como NO_2) en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea) y la fecha y la hora en que se verifica ese valor.

Los valores calculados correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) total (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de NO_x (expresados como NO_2) en aire a nivel del suelo durante los tres años del período considerado, son los siguientes:

- Concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) máxima total: $0,09113 \text{ mg/m}^3$
- Localización de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) máxima total: $x = 651,14 \text{ m}$; $y = 546,37 \text{ m}$; $z = 0,0 \text{ m}$; a aproximadamente 850 m al NE de la Chimenea.

En la Figura 9 se presentan las isopletas de concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) máxima total (calculada más fondo) de NO_x (expresados como NO_2) en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 2 de marzo de 2004 entre las 05:00 hs y 05:20 hs, en que se presenta la mayor concentración.



Figura 9. Isopletas de concentración media en mg/m^3 (tiempo promedio 20 minutos) de NO_x (expresados como NO_2) en aire a nivel del suelo. Combustible: combustible líquido. (02/03/04, 05:00-05:20hs). * Chimenea.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 20 minutos) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de NO_x (como NO_2) en aire a nivel del suelo son **inferiores** a $0,40 \text{ mg/m}^3$ (valor guía de calidad del aire establecido por la Resolución 201/04 (valor guía de calidad del aire establecido por la Resolución 201/04 de la Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe).

2.8.2.4 Concentración de NO_x (expresados como NO₂) en aire – tiempo promedio 24 horas

El modelo se aplicó a las emisiones de NO_x provenientes de la chimenea de la futura Central consumiendo combustible líquido, cuando se opera en ciclo combinado. Se supuso que los NO_x emitidos se transforman totalmente en NO₂.

En la Tabla 10 del Anexo I - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) de NO_x (como NO₂) en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la localización de la Chimenea) y la fecha en que se verifica ese valor

Los valores calculados correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de NO_x (expresados como NO₂) en aire a nivel del suelo durante los tres años del período considerado, son los siguientes:

- Concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) máxima total: 0,03296 mg/m³
- Localización de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) máxima total: x = 0,00 m; y = 1550,00 m; z = 0, 0 m; a aproximadamente 1550 m al N de la Chimenea.

En la Figura 10 se presentan las isopletas de concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) máxima total (calculada más fondo) de NO_x (expresados como NO₂) en aire a nivel del suelo correspondiente al 10 de julio de 2003, en que se presenta la mayor concentración.

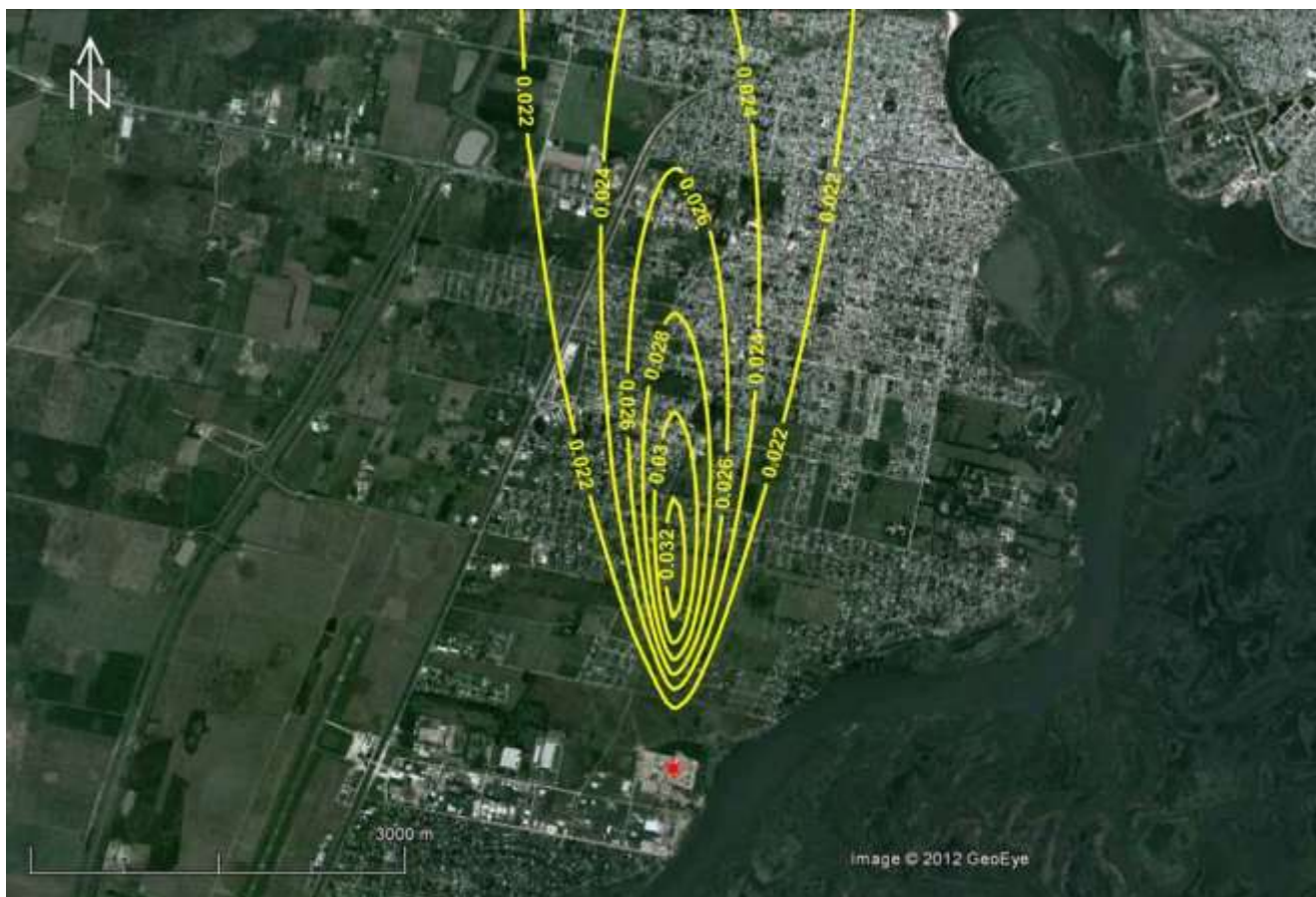


Figura 10. Isopletas de concentración media en mg/m^3 (tiempo promedio 24 horas) de NO_x (expresados como NO_2) en aire a nivel del suelo. Combustible: combustible líquido. (10/07/03). * Chimenea.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 24 horas) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de NO_x (como NO_2) en aire a nivel del suelo son **inferiores** a $0.10\text{mg}/\text{m}^3$ (valor guía de calidad del aire establecido por la Resolución 201/04 de la Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe).

2.8.2.5 Concentración de SO_2 en aire – tiempo promedio 20 minutos

El modelo se aplicó a las emisiones de SO_2 provenientes de la chimenea de la futura Central consumiendo combustible líquido, cuando se opera en ciclo combinado.

En la Tabla 11 del Anexo I - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) de SO_2 en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la localización de la Chimenea 01) y la fecha y la hora en que se verifica ese valor.

Los valores correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) total (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de SO_2 en aire a nivel del suelo son los siguientes:

- Concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) máxima total: $0,11663 \text{ mg/m}^3$
- Localización de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) máxima total: $x = 651,14 \text{ m}$; $y = 546,37 \text{ m}$; $z = 0,0 \text{ m}$; a aproximadamente 850 m al NE de la Chimenea.

En la Figura 11 se presentan las isopletas de concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) máxima total de SO_2 en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 2 de marzo de 2004 entre las 05:00hs y las 05:20hs, en que se presenta la mayor concentración.



Figura 11. Isopletas de concentración media en mg/m^3 (tiempo promedio 20 minutos) de SO_2 en aire a nivel del suelo. Combustible: combustible líquido. (02/03/04, 05:00-05:20hs). * Chimenea.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 20 minutos) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de SO_2 en aire a nivel del suelo son **inferiores** a 0.50 mg/m^3 (valor guía de calidad del aire establecido por la Resolución 201/04 de la Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe).

2.8.2.6 Concentración de SO_2 en aire - tiempo promedio 24 horas

El modelo se aplicó a las emisiones de SO_2 provenientes de la chimenea de la futura Central consumiendo combustible líquido, cuando se opera en ciclo combinado.

En la Tabla 12 del Anexo I - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) de SO₂ en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea 01) y la fecha en que se verifica ese valor.

Los valores correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) total (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de SO₂ en aire a nivel del suelo son los siguientes:

- Concentración media diaria máxima total: 0,03519 mg/m³
- Localización de la concentración media diaria máxima total: x = 0,00 m; y = 1550,0 m; z = 0,0 m; a aproximadamente 1550 m al N de la Chimenea.

En la Figura 12 se presentan las isopletas de concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) máxima total de SO₂ en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 10 de julio de 2004, fecha en que se presenta la mayor concentración.

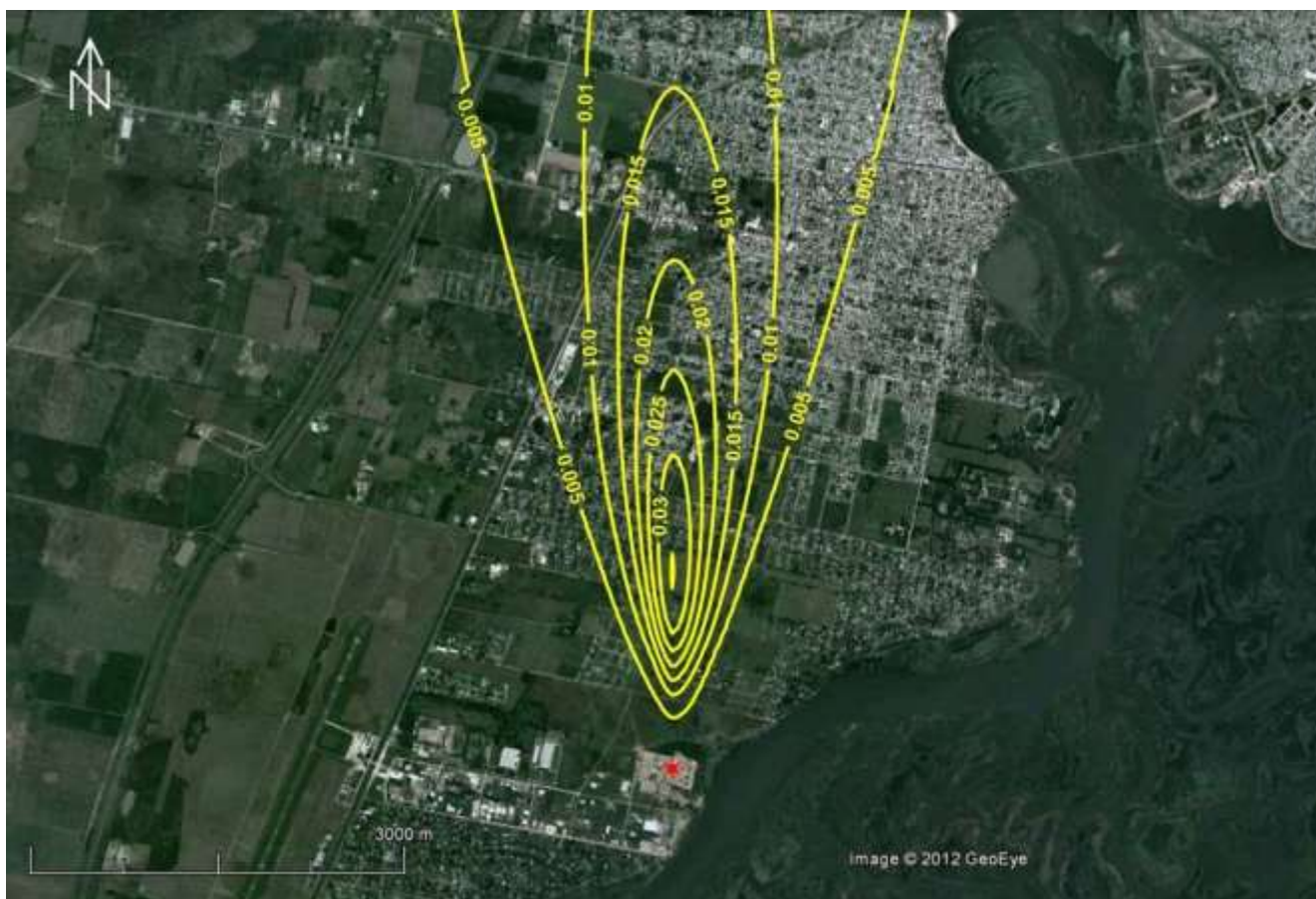


Figura 12. Isopletas de concentración media en mg/m³ (tiempo promedio 24 horas) de SO₂ en aire a nivel del suelo. Combustible: combustible líquido. (10/07/03). * Chimenea.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 24 horas) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de SO₂ en aire a nivel del suelo son **inferiores** a 0,05 mg/m³ (valor guía de calidad del aire establecido por la Resolución 201/04 de la Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe).

2.8.2.7 Concentración de material particulado en suspensión PM10 en aire – tiempo promedio 20 minutos

El modelo se aplicó a las emisiones de material particulado total provenientes de la chimenea de la futura Central consumiendo fuel-oil, cuando se opera en ciclo combinado. Se consideró que el material particulado total a emitir es material particulado PM10.

En la Tabla 13 del Anexo I - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) de material particulado en suspensión PM10 en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la ubicación de la Chimenea) y la fecha en que se verifica ese valor.

Los valores calculados correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) (calculada por el modelo más fondo) de material particulado en suspensión PM10 en aire a nivel del suelo durante los tres años del período considerado, son los siguientes:

- Concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) máxima total: 0,31464 mg/m³
- Localización de la concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) máxima total: x = 651,14 m; y = 546,37 m; z = 0,0 m; a aproximadamente 850 m al NE de la Chimenea.

En la Figura 13 se presentan las isopletas de concentración media (tiempo de promedio: 20 minutos) máxima total (calculada más fondo) de material particulado en suspensión PM10 en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 2 de marzo de 2004 entre las 05:00hs y las 05:20hs, en que se presenta la mayor concentración.



Figura 13. Isopletas de concentración media en mg/m^3 (tiempo promedio 20 minutos) de material particulado en suspensión PM-10 en aire a nivel del suelo. Combustible: fuel-oil. (02/03/04, 05:00-05:20hs). * Chimenea.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 20 minutos) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de material particulado en suspensión PM10 en aire a nivel del suelo son **inferiores** a $0.50\text{mg}/\text{m}^3$ (valor guía de calidad del aire establecido por la Resolución 201/04 (Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe).

2.8.2.8 Concentración de material particulado MP 10 en aire – tiempo promedio 24 horas

El modelo se aplicó a las emisiones de material particulado total provenientes de la chimenea de la futura Central consumiendo combustible líquido, cuando se opera en ciclo combinado. Se consideró que el material particulado total a emitir es material particulado MP10.

En la Tabla 14 del Anexo I - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea) y la fecha en que se verifica ese valor.

Los valores correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo son los siguientes:

- Concentración media diaria máxima total: $0,13251 \text{ mg/m}^3$
- Localización de la concentración media diaria máxima total: $x = 0,0 \text{ m}$; $y = 1550,00 \text{ m}$; $z = 0,0 \text{ m}$; a aproximadamente 1550 m al N de la Chimenea.

En la Figura 14 se presentan las isopletras de concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) máxima total de material particulado MP10 en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 10 de julio de 2003, fecha en que se presenta la mayor concentración.

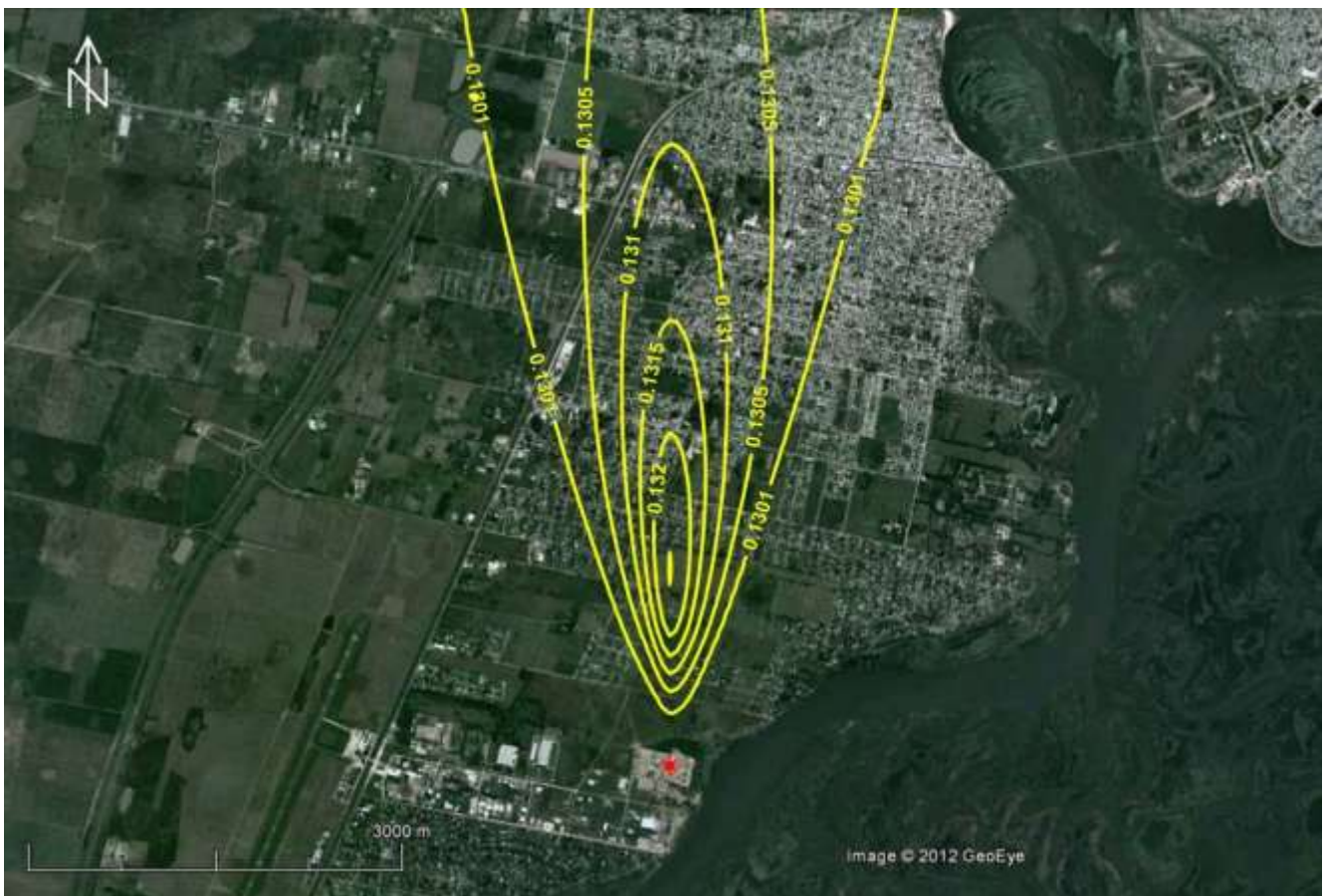


Figura 14. Isopletras de concentración media en mg/m^3 (tiempo promedio 24 horas) máxima total de MP 10 en aire a nivel del suelo. Combustible: combustible líquido. (10/07/03). * Chimenea.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 24 horas) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de material particulado en suspensión PM10 en aire a nivel del suelo son **inferiores** a 0.15mg/m^3 (valor guía de calidad del aire establecido por la Resolución 201/04 de la Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe).

2.9 CONCLUSIONES

Se aplicó el modelo de dispersión atmosférica AERMOD a las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno (como dióxido de nitrógeno) dióxido de azufre y material particulado en suspensión PM10 provenientes de la chimenea que generará la unidad que funcionará a ciclo combinado y utilizando como combustibles gas natural y diesel, que proyecta instalar la Central Térmica Brigadier López, en Sauce Viejo (Provincia de Santa Fe), con el objeto de calcular las concentraciones de esos contaminantes para los diferentes tiempos de promedio establecidos por la Resolución N° 204/04 de la Secretaría de Estado de Ambiente de la Provincia de Santa Fe.

En todos los casos el modelo fue aplicado considerando el volcado de los contaminantes originado por la presencia de los edificios a construir en el predio de instalación de la nueva Central.

Estas aplicaciones permiten concluir que en las condiciones de ciclo combinado operando el equipo de la Central Térmica Brigadier López utilizando como combustibles gas natural o diesel **no se superarán** los valores guía de calidad de aire establecidos para monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno (expresados como dióxido de nitrógeno), dióxido de azufre y material particulado (PM10) por la Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe).

En las siguientes Tablas se presenta una síntesis de los valores máximos totales (calculados más concentraciones de fondo) y su comparación con las normas de calidad de aire establecidas para monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno (expresados como dióxido de nitrógeno), dióxido de azufre y material particulado (PM10) por la Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe).

Tabla 13. Resumen de los resultados obtenidos cuando se utiliza gas natural como combustible y su comparación con las normativas vigentes.

Contaminante	Tiempo de promedio	C _{máx. total} [mg/m ³]	Norma de calidad de aire [mg/m ³]	C _{máx. total} / Norma [%]
CO	20 minutos	2,00853	15,0	14,0
	24 horas	0,89037	3,00	29,7
NO _x (como NO ₂)	20 minutos	0,08313	0,40	20,8
	24 horas	0,03234	0,10	32,3
MP 10	20 minutos	0,30798	0,50	61,6
	24 horas	0,13068	0,15	87,1

Tabla 14. Resumen de los resultados obtenidos cuando se utiliza combustible líquido como combustible y su comparación con las normativas vigentes.

Contaminante	Tiempo de promedio	C _{máx. total} (mg/m ³)	Norma de calidad de aire (mg/m ³)	C _{máx. total} / Norma (%)
CO	20 minutos	2,13100	15,0	14,2
	24 horas	0,89871	3,00	30,0
NO _x (como NO ₂)	20 minutos	0,09113	0,40	22,8
	24 horas	0,03296	0,10	33,0
SO ₂	20 minutos	0,11663	0,50	23,3
	24 horas	0,03519	0,15	70,4
MP 10	20 minutos	0,31464	15,0	62,9
	24 horas	0,13251	3,00	88,3

Asimismo, las emisiones de óxidos de nitrógeno y material particulado total provenientes de las unidades consumiendo gas natural y diesel serán inferiores a los límites de emisión establecidos por la Resolución N° 108/01 de la Secretaría de Energía de la Nación, para las Plantas Térmicas de Generación de Electricidad (Centrales Ciclo Combinado).

3 MODELACIÓN DE DISPERSIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA PLUMA DE DESCARGA

3.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente estudio es analizar la dispersión térmica de la descarga de agua de refrigeración de la Central Termoeléctrica Brigadier López, en el río Coronda.

En este sentido se analizaron las características y evolución de la pluma térmica en las condiciones hidrodinámicas más desfavorables (caudal mínimo del río con caudal máximo de la descarga) con el fin de comprobar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la normativa de aplicación.

Para la obra de descarga definida en base al proyecto “Ingeniería Conceptual para las Obras de Toma y de Descarga de Agua de Refrigeración del Ciclo Combinado (2011)” realizado por Serman y asociados, se estudió, mediante el uso de modelos numéricos, la dispersión térmica teniendo en cuenta los procesos de mezcla involucrados tanto en el campo cercano como en el campo lejano.

El campo cercano se resolvió con el modelo PDSWIN perteneciente al sistema de modelos VISUAL PLUMES (Dilution Models for Effluent Discharges, Ecosystems Research Division, U.S. Environmental Protection Agency, March 2003), avalado por la EPA (Environmental Protection Agency) de la Administración USA. PDSWIN es un modelo de flujo tridimensional Euleriano, que permite simular la evolución de descargas térmicas superficiales desde un canal de sección rectangular hacia un cuerpo de agua homogéneo en movimiento.

Para simular el campo lejano, se utilizó el modelo bidimensional RMA4 (USACE, 2003b), desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers. La esquematización de este modelo surge directamente de la adoptada para el modelo hidrodinámico RMA2 (desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers, Wicksburg Experimental Station), dado que se utiliza la misma malla de elementos finitos, las mismas profundidades del lecho y el campo de velocidades resultante del mismo. Ambos modelos se operan en el entorno de interfase gráfica SMS (Surface Modelling System).

El campo de velocidades de detalle se obtuvo en base a la explotación del modelo hidrodinámico implementado y calibrado en base a los aforos realizados para el “Proyecto Terminal Petrolera Central Termoeléctrica Brigadier López (2009)”.

3.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL SISTEMA DE VERTIDO

La Central Térmica Brigadier López situada en la provincia de Santa Fe, al sur de la ciudad homónima, se encuentra en una zona de llanuras aluviales junto a la margen derecha del Río Coronda (Figura 15). El sistema de refrigeración de la Central es de tipo abierto, tomando las aguas del río Coronda y devolviéndolas al mismo con un salto térmico de 7,5°C en condiciones de operación a plena potencia y de 11,5° operando en by pass. Esto último ocurre cuando, por diversos motivos, se deba intempestivamente sacar de servicio la Turbina de Vapor en el preciso momento que está operando a plena carga. No es un suceso periódico ni programado y se estima que su duración no debe exceder una hora de duración. Este evento por condiciones del pliego para el diseño de los equipos, se admite que ocurra aproximadamente 50 veces en el año.

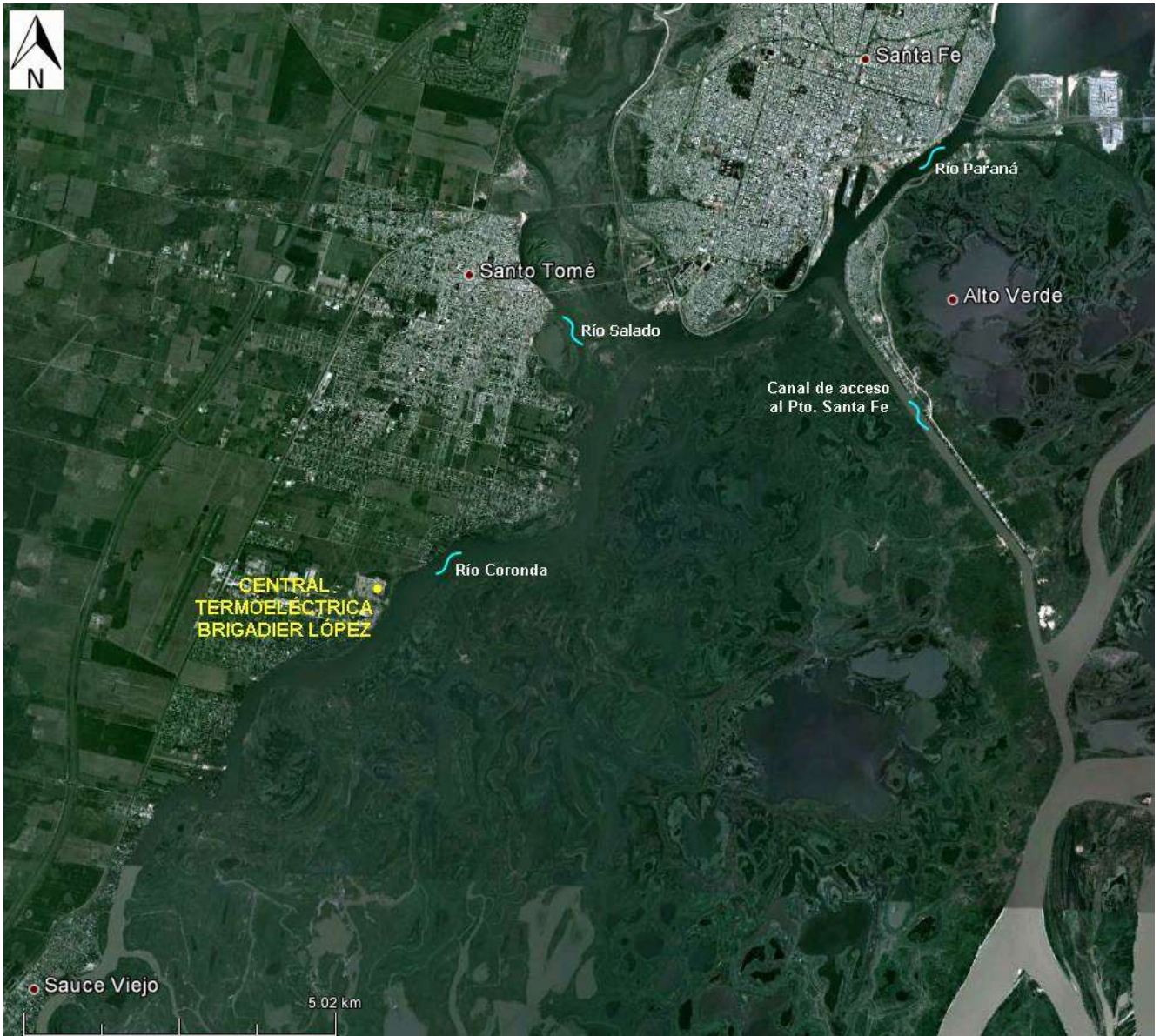


Figura 15. Imagen satelital que muestra la ubicación de la Central Termoeléctrica Brigadier López.

Entre sus principales obras se encuentran la de toma de agua de refrigeración, y la obra de vertido de agua. Esta se esquematiza en la Figura 16.

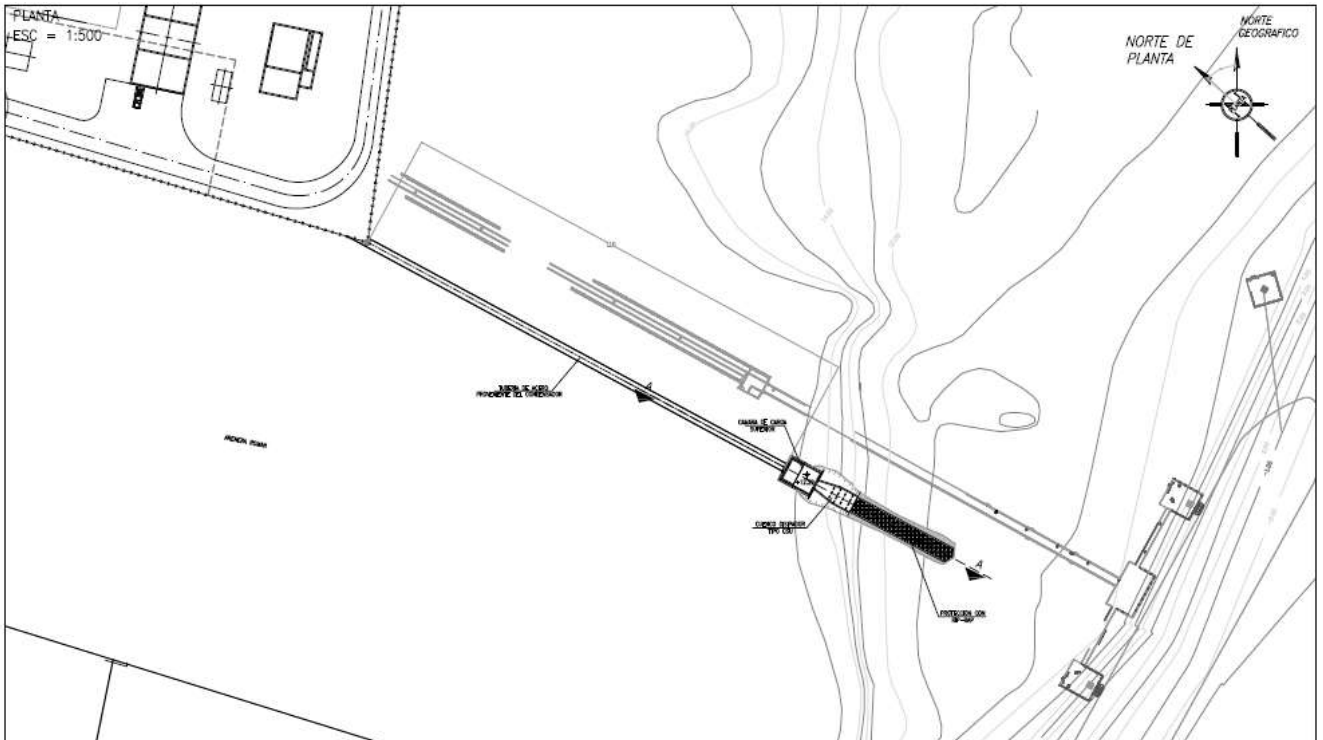


Figura 16. Esquema de las obras de descarga con Disipador tipo CSU de la Central Termoeléctrica. Vista en planta.

En la tabla que se presenta a continuación se resumen los parámetros de diseño adoptados para la modelación de la pluma térmica.

Tabla 15. Parámetros de diseño adoptados para la modelación de la pluma térmica

Item	Parámetro	Unidad	Valor	Notas
1	Potencia Neta de la Planta usando GN	kW	421.500,00	No incluye el consumo del sistema de agua de circulación
2	Potencia Neta de la Planta usando Diesel Oil (Destilado #2)	kW	391.900,00	No incluye el consumo del sistema de agua de circulación
3	Caudal de Agua de Circulación	m3/s	8,46	Nuevo caudal definido por Siemens
4	Temperatura Máxima del Agua de Circulación	°C	32,00	Corresponde al Rio Coronda
5	Temperatura Mínima del Agua de Circulación	°C	12,00	Corresponde al Rio Coronda
6	Temperatura del Agua de Circulación para el punto de Performance Garantizada	°C	15,00	Datos suministrados por Siemens
7	Incremento de Temperatura en Operación a plena Potencia	°C	7,50	Datos suministrados por Siemens
8	Incremento de Temperatura en By Pass Turbina	°C	11,50	Datos suministrados por Siemens
9	Temperatura Máxima absoluta de Descarga del Agua de Circulación	°C	43,50	Es la suma de 4 + 8
10	Temperatura Mínima absoluta de Descarga del Agua de Circulación	°C	19,50	Es la suma de 5 + 9
11	Temperatura de Descarga del Agua de Circulación para el punto de Performance Garantizada	°C	22,50	Es la suma de 6 + 7

Nota: el ciclo combinado opera en by pass cuando las turbinas de gas están a máxima potencia y el gas de combustión pasa por la caldera de recuperación generando el máximo de vapor el cual es descargado directamente al condensador sin pasar por la turbina de vapor. En ese caso el vapor tiene el máximo de entalpía ya que no transformó la misma en trabajo en la turbina de vapor. Esta es una condición de diseño, debiendo el condensador y el sistema de refrigeración ser capaces de disipar toda la energía térmica sin restricciones de tiempo.

3.3 MODELO HIDRODINÁMICO

Con el objetivo de conocer el campo de velocidad y los niveles de agua en condición de estiaje, necesarios para el cálculo de la dispersión térmica tanto en campo lejano como en cercano, se implementó un modelo matemático hidrodinámico bidimensional del área de estudio con la extensión suficiente para representar adecuadamente el flujo conducido por el río.

La modelación bidimensional se realizó empleando el modelo RMA2 (SMS-BOSS) apto para simular flujos naturales a superficie libre, donde el movimiento es esencialmente horizontal y puede ser descrito por una aproximación bidimensional debido a que la aceleración vertical es pequeña en comparación con la componente horizontal (USACE, 2003a).

Este modelo utiliza el método de elementos finitos para resolver un sistema de ecuaciones que describen las condiciones hidrodinámicas del área definida a través de una malla de cálculo, obteniéndose como resultado las velocidades medias del flujo y los niveles de agua. La discretización de la malla de cálculo debe ser suficientemente fina como para representar adecuadamente las variaciones de las cotas del lecho en las secciones transversales y las variaciones de la velocidad de la corriente.

3.3.1 Descripción del modelo matemático RMA2

La modelación hidrodinámica bidimensional se realizó con el programa RMA2 desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers, Wicksburg Experimental Station, para simular flujos naturales a superficie libre. El programa original fue desarrollado por Norton, King y Orlob (1973) pertenecientes al cuerpo de Ingenieros del Distrito de Walla Walla y ha sido extensivamente aplicado para calcular niveles de agua y distribuciones de caudal en diversas situaciones: la periferia de islas; caudales en puentes con uno o más vanos, en rías y estuarios, aguas arriba y aguas abajo de canales de centrales hidroeléctricas, canales de plantas de bombeo, circulación y transporte en cuerpos de agua y zonas costeras, embalses, etc.

Otros desarrollos posteriores fueron llevados a cabo por King y Roig y, por la Universidad de California, Davis y se han realizado continuamente mejoras por King y Norton pertenecientes a la Asociación de Manejo de Recursos (Resource Managements Associates (RMA)) y también por laboratorios de hidráulica de la Estación Experimental de Vías Navegables (Waterways Experiment Station WES).

Las ecuaciones integradas en profundidad de conservación de masa y cantidad de movimiento en dos direcciones horizontales, tienen la forma general que se presenta a continuación:

$$\begin{aligned}
 & h \frac{\partial u}{\partial t} + hu \frac{\partial u}{\partial x} + hv \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left(E_{xx} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + E_{xy} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \\
 & + gh \left(\frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{gun^2}{(1.486h^{1/6})^2} + (u^2 + v^2)^{1/2} \\
 & - \zeta V_a^2 \cos \psi - 2h\omega v \sin \phi = 0
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 & h \frac{\partial v}{\partial t} + hu \frac{\partial v}{\partial x} + hv \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left(E_{yx} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + E_{yy} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \\
 & + gh \left(\frac{\partial a}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{gvn^2}{(1.486h^{1/6})^2} + (u^2 + v^2)^{1/2} \\
 & - \zeta V_a^2 \sin \psi + 2h\omega v \sin \phi = 0
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = 0
 \tag{3}$$

Donde:

- h = Profundidad
- u,v = Velocidades en las direcciones cartesianas
- x,y,t = Coordenadas cartesianas y tiempo
- ρ = Densidad del fluido
- E = Coeficiente de viscosidad de remolino
para xx = dirección normal en la superficie del eje x
para yy = dirección normal en la superficie del eje y
para xy e yx = dirección de corte en cada superficie
- g = aceleración de la gravedad
- a = cota del fondo del lecho
- n = coeficiente de rugosidad de Manning
- 1,486 = coeficiente de conversión de unidades
- ξ = Coeficiente empírico de la tensión del viento
- Va = Velocidad del viento
- ψ = Dirección del viento
- ω = Velocidad de rotación angular de la tierra
- φ = Latitud local

Las ecuaciones (1) (2) y (3) se resuelven por el método de elementos finitos usando la técnica de residuos ponderados de Galerkin. Los elementos pueden ser unidimensionales o bidimensionales (cuadriláteros o triángulos), y pueden presentar lados curvos. Las funciones de forma utilizadas son cuadráticas para la velocidad y lineales para la profundidad. La integración en el espacio se realiza por medio de integración Gaussiana y las derivadas temporales son reemplazadas por una aproximación por diferencias finitas no lineal.

Se asume que las variables varían para cada intervalo de tiempo de la siguiente forma:

$$f(t) = f(0) + at + bct \quad t_0 \leq t \leq \Delta t$$

donde las variables a, b y c son constantes.

La solución es completamente implícita y el conjunto de ecuaciones simultáneas se resuelve por medio del esquema iterativo no lineal de Newton – Raphson.

Los datos de entrada al modelo están constituidos por:

- Malla de elementos finitos, donde cada nodo queda definido por sus coordenadas planas (x, y) y cota (z),
- Condiciones Iniciales, valores con los que se inicia la simulación para cada uno de los nodos,
- Parámetros generales (rugosidades, coeficientes de dispersión turbulenta, coeficientes de vorticidad), y
- Condiciones de Borde, impuestas en nodos particulares de la malla.

Como condiciones iniciales se especifica el nivel de agua y las velocidades medias en la vertical en las direcciones x e y, para cada nodo de la región a modelar. Cuanto más alejadas estén dichas condiciones de la solución final, más iteraciones será necesario efectuar hasta alcanzar la convergencia de la misma.

Las condiciones de borde, que dependen del tipo de contorno y de las condiciones del flujo, son especificadas en el contorno de la malla para el período de simulación. Físicamente, en flujos a superficie libre hay dos tipos de contornos, uno cerrado o de flujo nulo y otro abierto. Un borde cerrado puede estar constituido por una línea de costa, un terraplén, un espigón, etc. El él, la velocidad normal es igual a cero, por lo que no se produce flujo a través del mismo. Una condición de borde abierto define un área a lo largo de un contorno de la malla de elementos finitos en donde se produce entrada o salida de flujo. Los valores a especificar en un borde abierto dependen del tipo de contorno (entrada o salida) y del régimen del flujo (subcrítico o supercrítico).

Generalmente, para modelar un curso de agua y su valle de inundación, se especifica el flujo en las direcciones x e y en el contorno de entrada y la elevación de la superficie libre en el contorno de salida, debiendo éstos estar lo suficientemente alejados del área donde se pretende encontrar una solución, para reducir la probabilidad de que los resultados se vean afectados por cualquier imprecisión en la estimación de dichas condiciones.

3.3.2 Implementación y calibración del modelo matemático

Para la implementación del modelo en la zona de estudio, se utilizaron las cotas del lecho fluvial referidas al Cero del IGN que se emplearon anteriormente para el trabajo “Ingeniería Conceptual para las Obras de Toma y de Descarga de Agua de Refrigeración del Ciclo Combinado (Serman & asociados, 2011)”, referido al sistema Posgar WGS84.

El modelo se desarrolla en malla cuya extensión es de aproximadamente 3400 m y está definida por 9825 elementos y 30056 nodos de cálculo que abarcan un área de 107 km². En la Figura 17 puede observarse que en cercanías de la Central Termoeléctrica los elementos disminuyen su tamaño para aumentar la precisión en la zona de interés. Los elementos de cálculo tienen dimensiones de entre 5 m de lado a 15 m de ancho por 45 m de longitud.

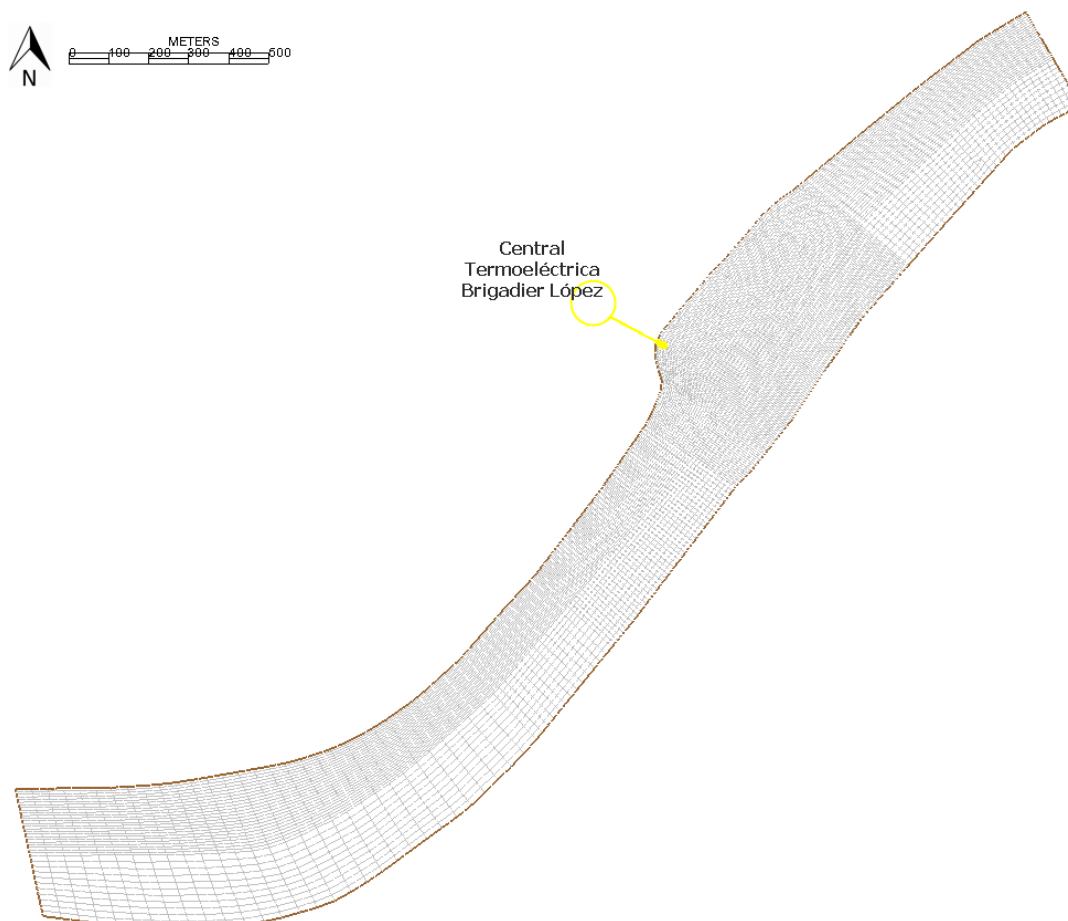


Figura 17. Malla de Elementos Finitos.

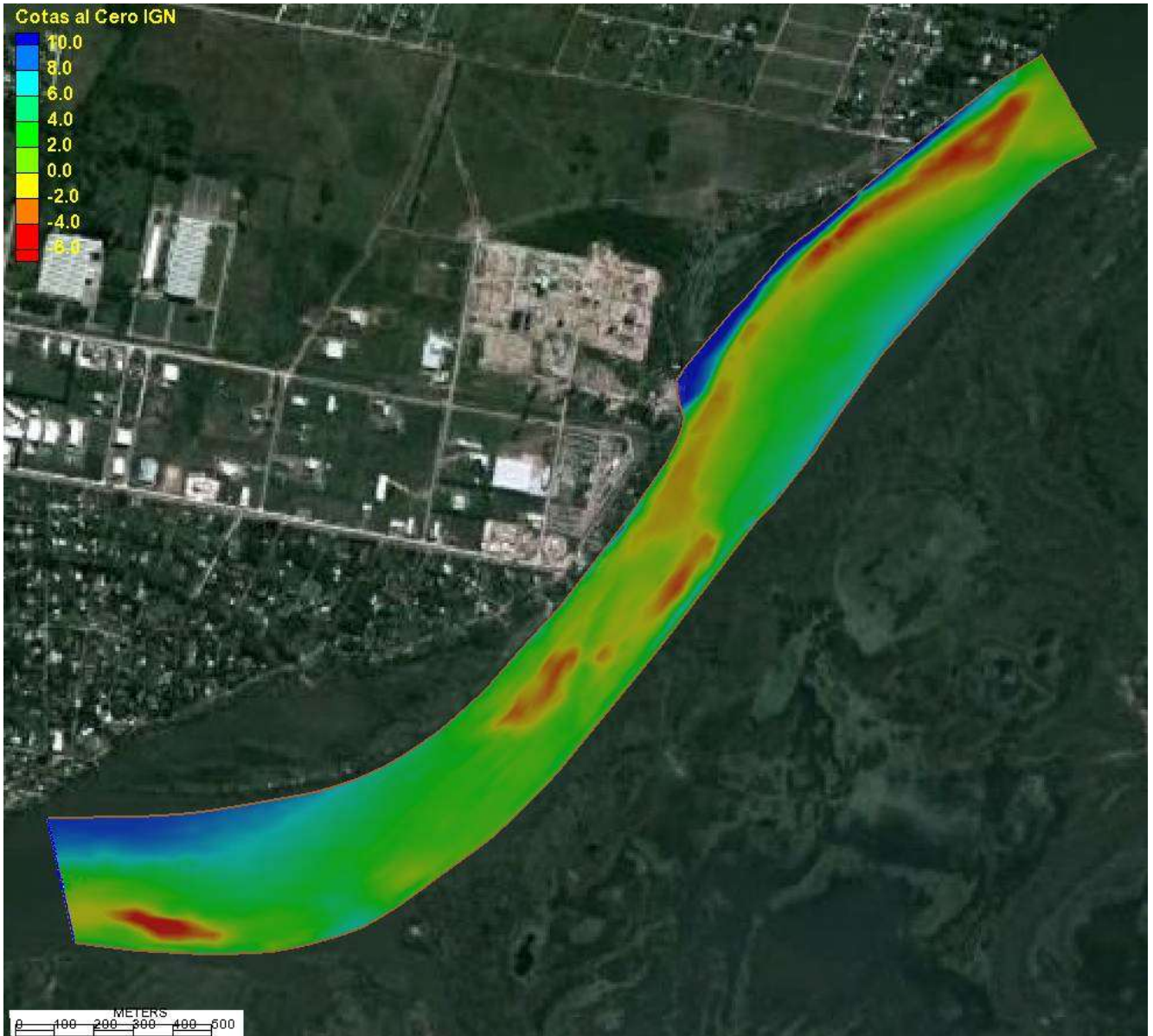


Figura 18. Modelo digital del terreno.

Para determinar los niveles y caudales, en condición de estiaje del río Coronda se trabajó, como se mencionó anteriormente, con los dos aforos que se presentan en el estudio realizado para el Convenio entre Energía Argentina S.A. (ENARSA), Instituto Nacional del Agua y Facultad Regional Santa Fe – Universidad Tecnológica Nacional, 2009. “Proyecto Terminal Petrolera de la Central Termoeléctrica Brigadier López, Informe Final. Tomo 1”.

En la tabla siguiente se encuentran resumidos los resultados de los aforos. También se presentan, en las dos últimas columnas, el porcentaje de tiempo en que los niveles son superados y la recurrencia en años para cada nivel. Estos últimos resultados fueron obtenidos de los datos medidos en el puerto de Santa Fe entre Enero de 1993 y Mayo de 2000 (ver Figura 19).

Tabla 16. Parámetros adoptados para la modelación hidrodinámica

Aforos							Histograma Nivel (Sta. Fe)	
Calibración	Fecha	Lugar	Nivel (m) Sta. Fe (Cero Pto.)	Q total (m ³)	Sección escurrimiento (m ²)	Vel. media (m/s)	Nivel superado	Frechet Tr (Años)
1	8/7/2009	Obra de descarga	2,31	1332,30	2926,13	0,45	96,1%	9,25
2	15/7/2009	500m Aa Obra de descarga	2,56	1348,01	2894,06	0,47	91,2%	6,35

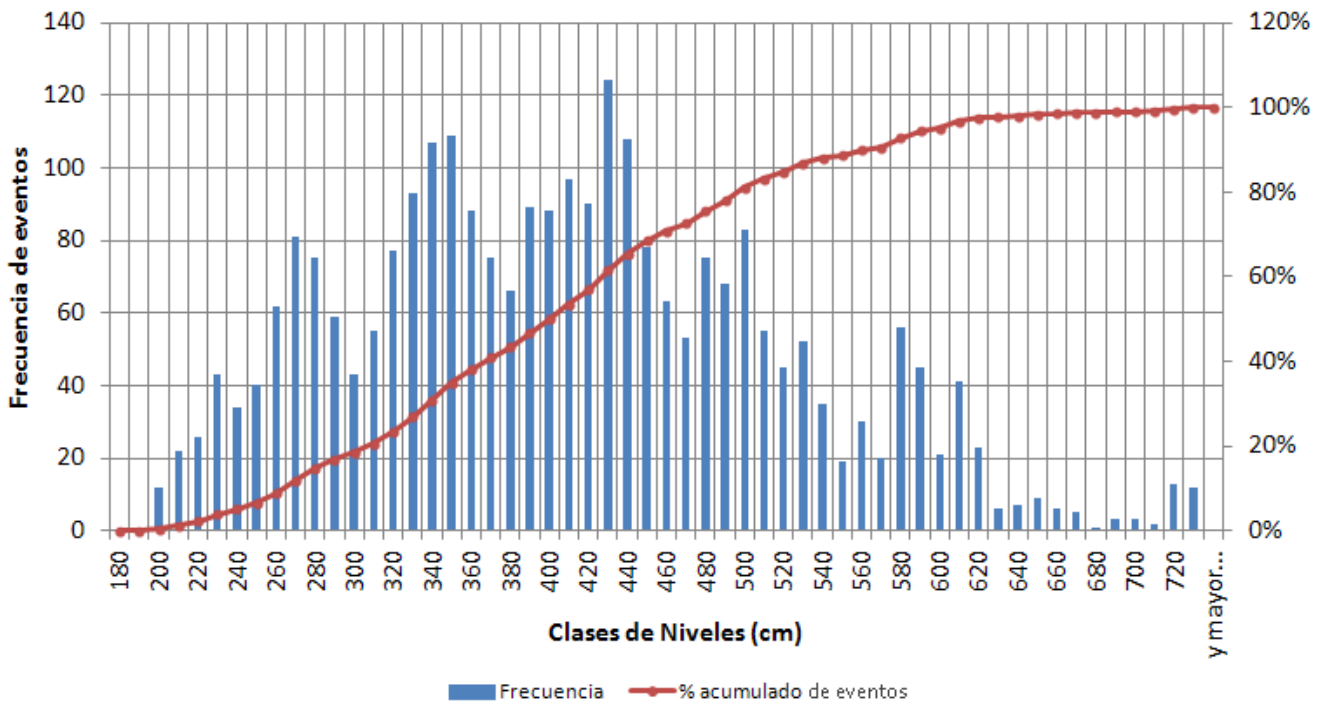


Figura 19. Histograma realizado para niveles medidos en el Puerto de Santa Fe entre Enero de 1993 y Mayo de 2000.

A continuación se presenta la ley de ajuste según Frechet, realizada para los datos medidos de niveles en Sta. Fe, con la que se calcularon los períodos de recurrencia de cada nivel aforado.

Ley	Ecuación para la variable reducida	2	5	10	20	Correlación R ²
		0.521	1.014	1.101	1.751	
Frechet	$h = 0,9675 - 1.0025 y$	3.64	2.74	2.60	1.79	0.9592

De la Tabla 16 puede observarse que ambos caudales medidos son superados alrededor del 95% del tiempo, por lo que ambos pueden considerarse condiciones de estiaje. Pero se adoptó para la simulación de la dispersión térmica, el caudal y el nivel del aforo realizado 500 m aguas abajo de la obra de descarga, pues la frecuencia de ocurrencia de ésta condición es menor y por lo tanto es más representativa de un escenario crítico en cuanto a los caudales fluviales.

Si bien el río Coronda es alimentado por los ríos Salado y Paraná, para este análisis en condición de estiaje se asumió que el Salado no aporta cantidad relevante de agua (se encuentra en estiaje), considerando para las simulaciones solamente el caudal proveniente del Paraná.

Para determinar el nivel aguas abajo correspondiente a la condición de borde inferior del modelo, se trasladaron los niveles de agua medidos en el Puerto de Santa Fe (referidos al Cero local), para ambos aforos mencionados, 13 km hacia el Sur (10 km hasta la Obra de Descarga y 3 km hasta el borde inferior del modelo), teniendo en cuenta que la cota IGN del Cero local es de 8,19 m.

Estimando una pendiente media del río de unos 5 cm/km (“Ingeniería Conceptual para las Obras de Toma y de Descarga de Agua de Refrigeración del Ciclo Combinado 2010) se calculó una disminución de la cota del plano de agua de 50 cm, con lo cual los niveles mínimos en Santa Fe (2,31 m y 2,56 m al Cero local) alcanzan, en el borde inferior de la malla, los 9,85 m y 10,1 m al Cero IGN.

Con los datos necesarios para la modelación, se realizaron diversas corridas estacionarias modificando tanto los coeficientes de Manning (n) y como los de intercambio turbulento, hasta lograr la calibración del modelo. Los valores de rugosidad fueron fijados de manera no uniforme sobre el cauce quedando, $n=0,020$ sobre la parte más profunda del mismo y $n=0,028$ o $n=0,030$ sobre el resto del lecho, representando la diferente incidencia de las formas de fondo sobre la resistencia al flujo. Los coeficientes de intercambio turbulento fueron establecidos en 10.000 Pascal/seg sobre toda la malla.

A continuación se presenta la localización de las trazas a partir de las cuales se compararon los resultados modelados con los medidos.

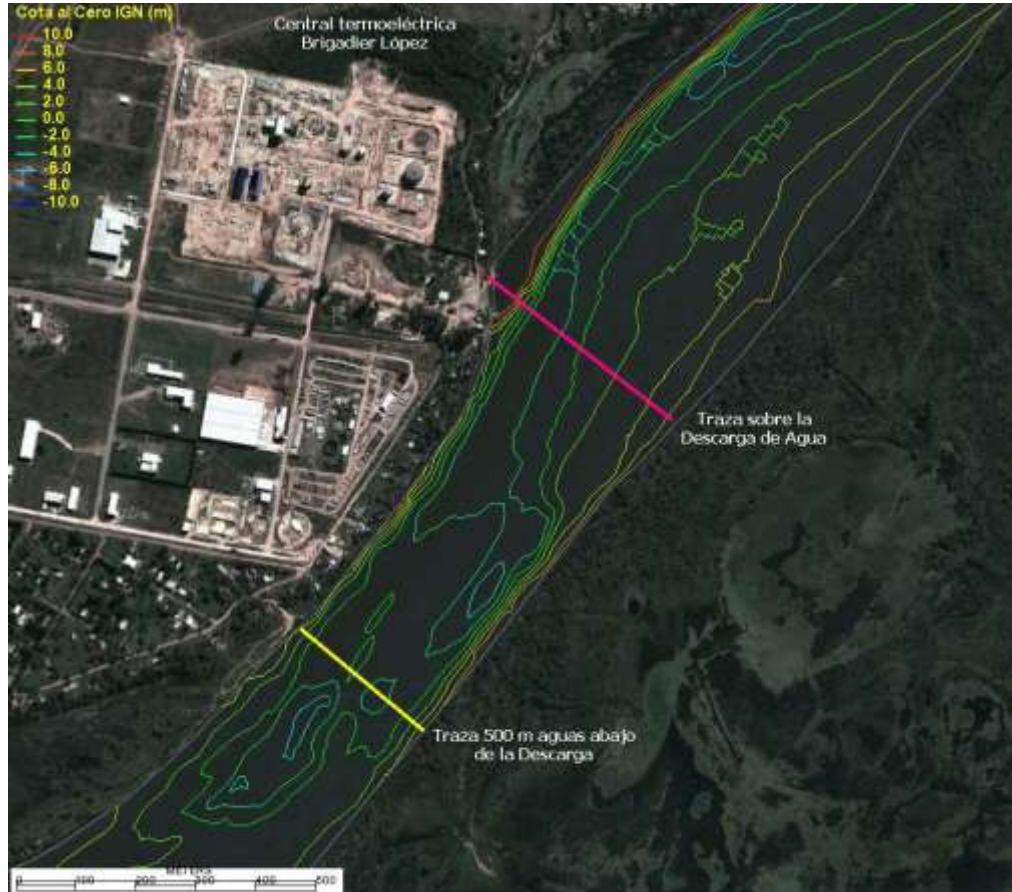


Figura 20. Localización de las trazas de observación de resultados.

Para cada traza se extrajeron del modelo matemático los datos batimétricos y las velocidades medias, para ambos casos simulados, y fueron graficados junto a los valores obtenidos en los aforos. En la Figura 21 y Figura 22 se presentan los correspondientes a la traza ubicada a la altura de la obra de descarga, y en la Figura 23 y la Figura 24 los correspondientes a la otra progresiva.

La notación “Calibración 1”, corresponde a los valores modelados de caudal ingresante 1332 m³/s y nivel aguas abajo de 9,85 m, y “Calibración 2” al caudal 1348 m³/s y 10,1 m de nivel sobre el borde inferior de la malla.

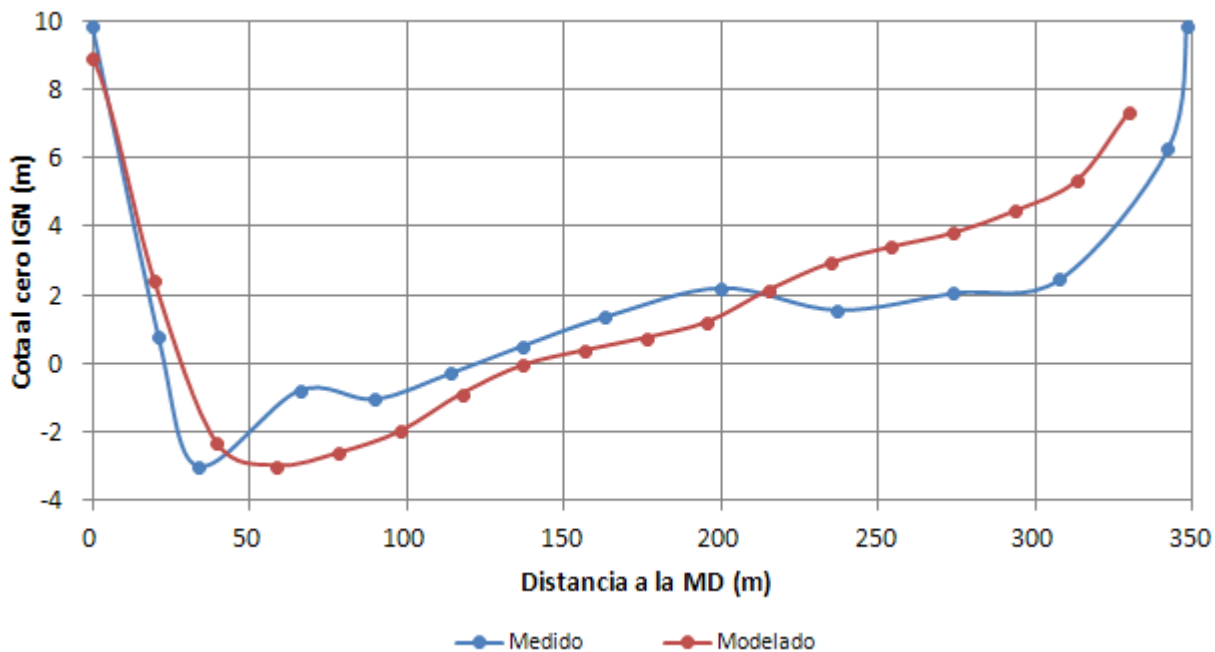


Figura 21. Comparación entre la cota batimétrica medida (para el aforo) y utilizada para la modelación según relevamiento batimétrico, sobre la progresiva ubicada a la altura de la obra de Descarga.

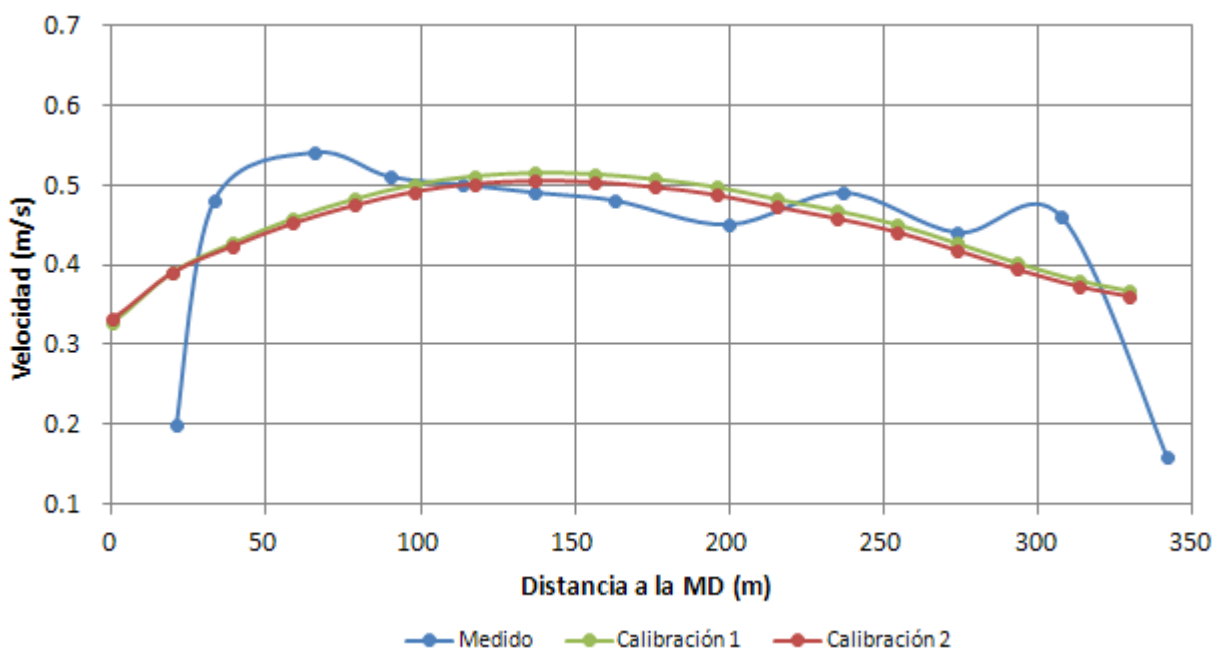


Figura 22. Velocidades media medida y simulada, para la progresiva localizada a la altura de la obra de Descarga.

Si bien los datos aforados corresponden a distintos días, como los caudales y niveles medidos son similares, es decir solamente difieren en 16 m³/s y 0,25 m respectivamente, entonces se compararon los resultados de ambas condiciones simuladas entre sí y con los datos medidos en los aforos.

Puede observarse que los perfiles batimétricos correspondientes a la modelación difieren levemente de los medidos durante los aforos, lo cual se debe a que la batimetría de base utilizada para las simulaciones, en cercanía a la central termoeléctrica, fue actualizada con un relevamiento posterior a los aforos.

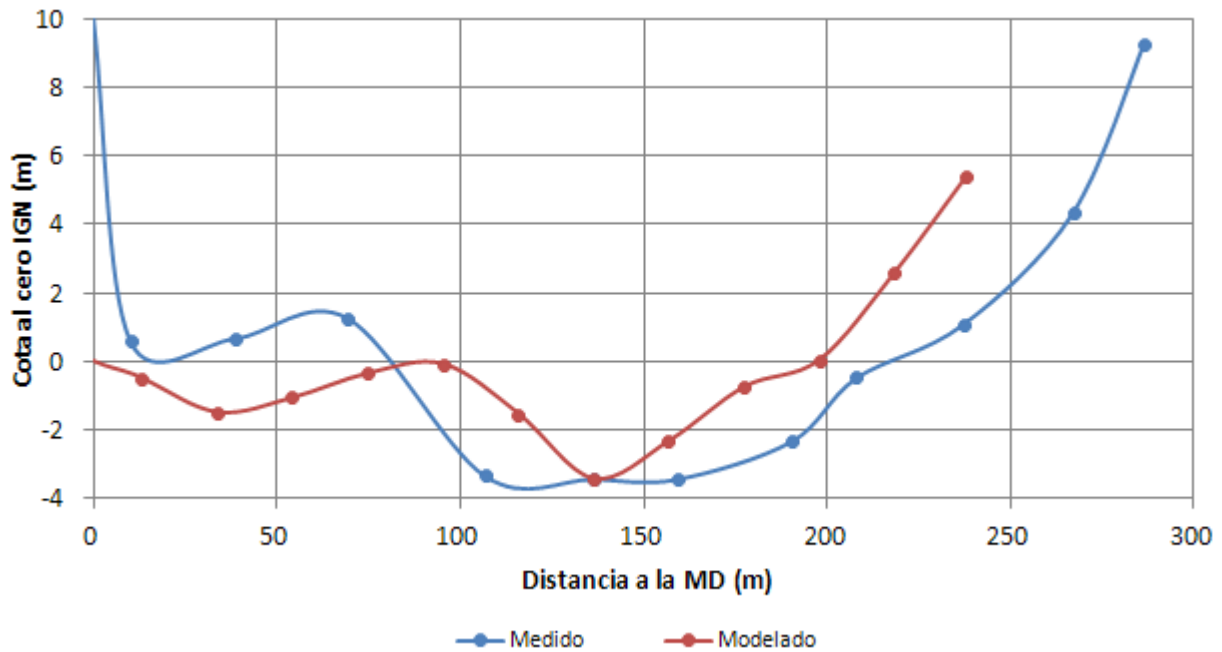


Figura 23. Comparación entre la cota batimétrica medida (para el aforo) y utilizada para la modelación según relevamiento batimétrico, sobre la progresiva ubicada a 500 m aguas abajo de la obra de Descarga.

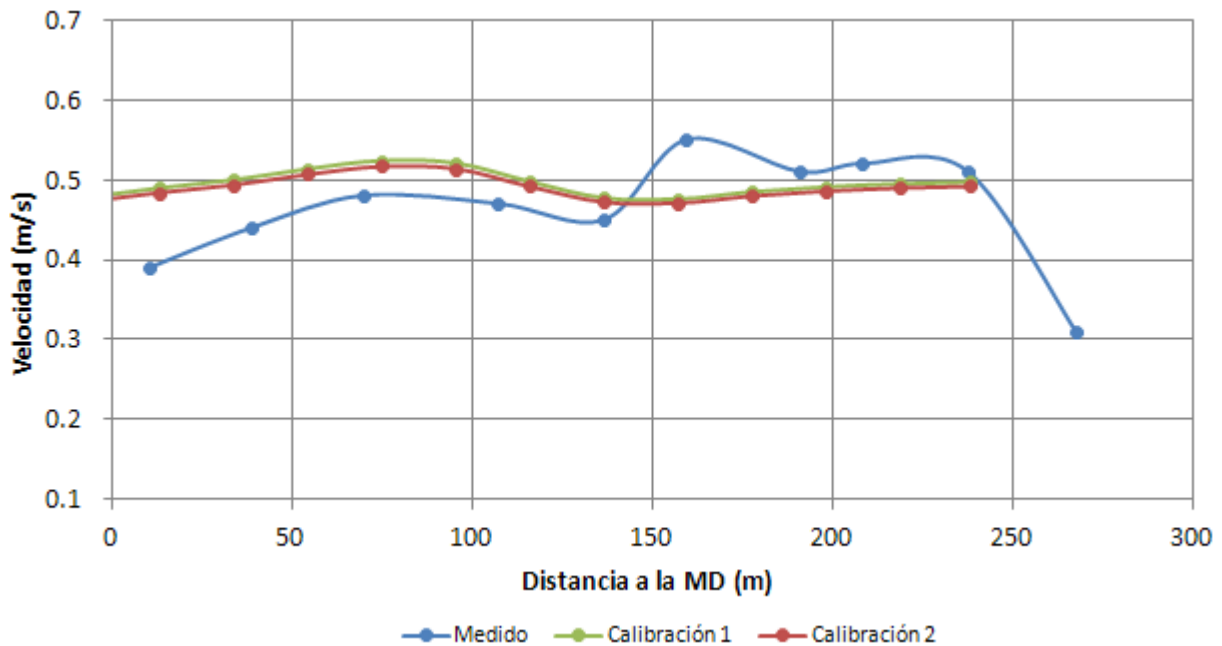


Figura 24. Velocidades media medida y simulada, para la progresiva localizada 500 m aguas abajo de la obra de Descarga.

De los gráficos de velocidades se observa que la velocidad modelada para ambas condiciones de estiaje, coincide con un desvío menor a 0,05 m/s sobre prácticamente todo el ancho del cauce.

A continuación se presentan los campos de velocidades para cada condición de calibración simulada, pudiéndose observar que los mismos prácticamente no difieren en la zona de interés.

Por esta razón fue considerado un solo escenario para el cálculo del campo lejano, siendo el denominado Calibración 2 el elegido, pues, como se mencionó anteriormente, la frecuencia de ocurrencia de ésta condición es menor y es por lo tanto es más representativa de un escenario crítico. El campo de velocidades se presenta en la Figura 26.

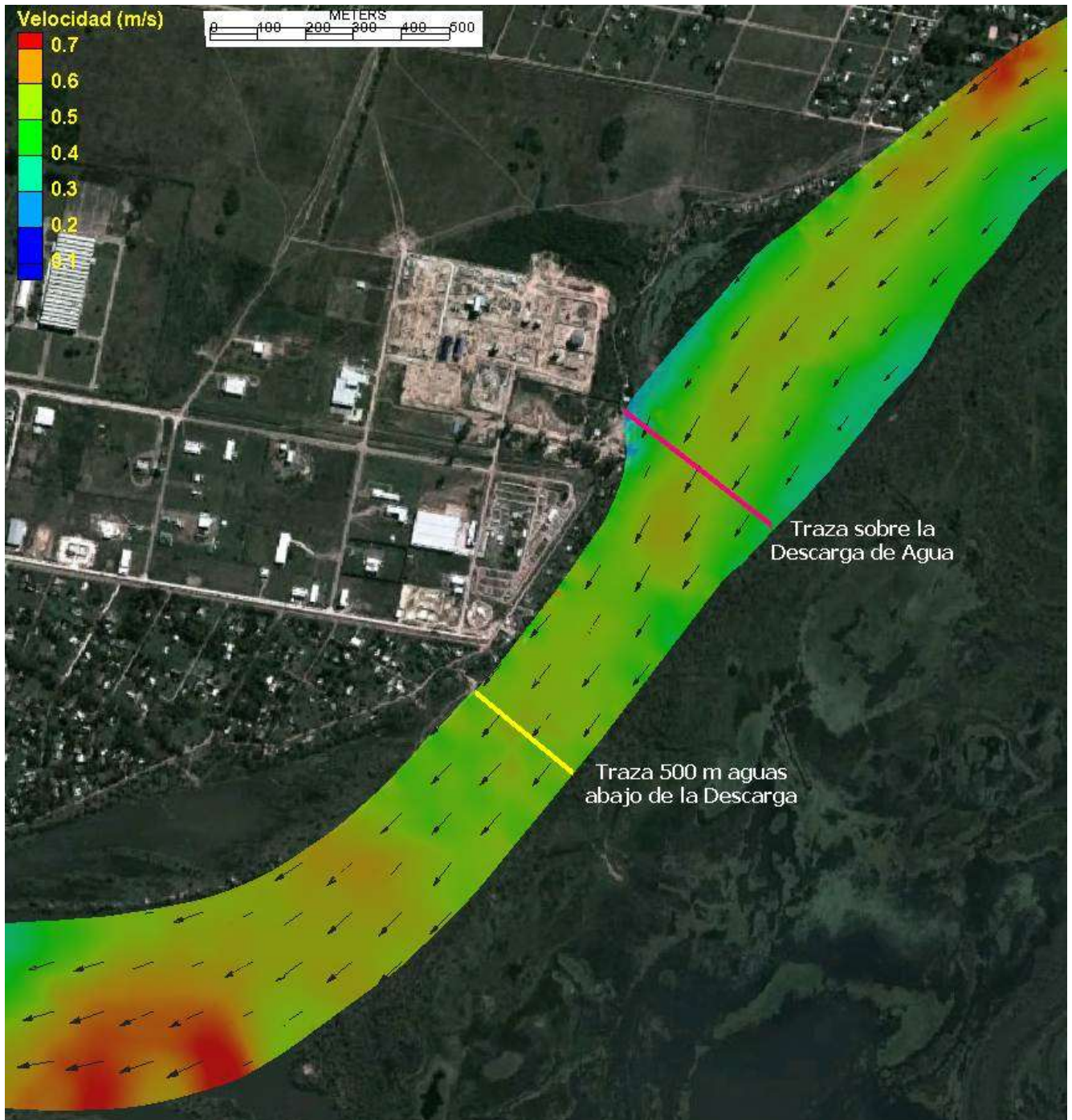


Figura 25. Campo de velocidades simulado para la condición de Calibración 1.

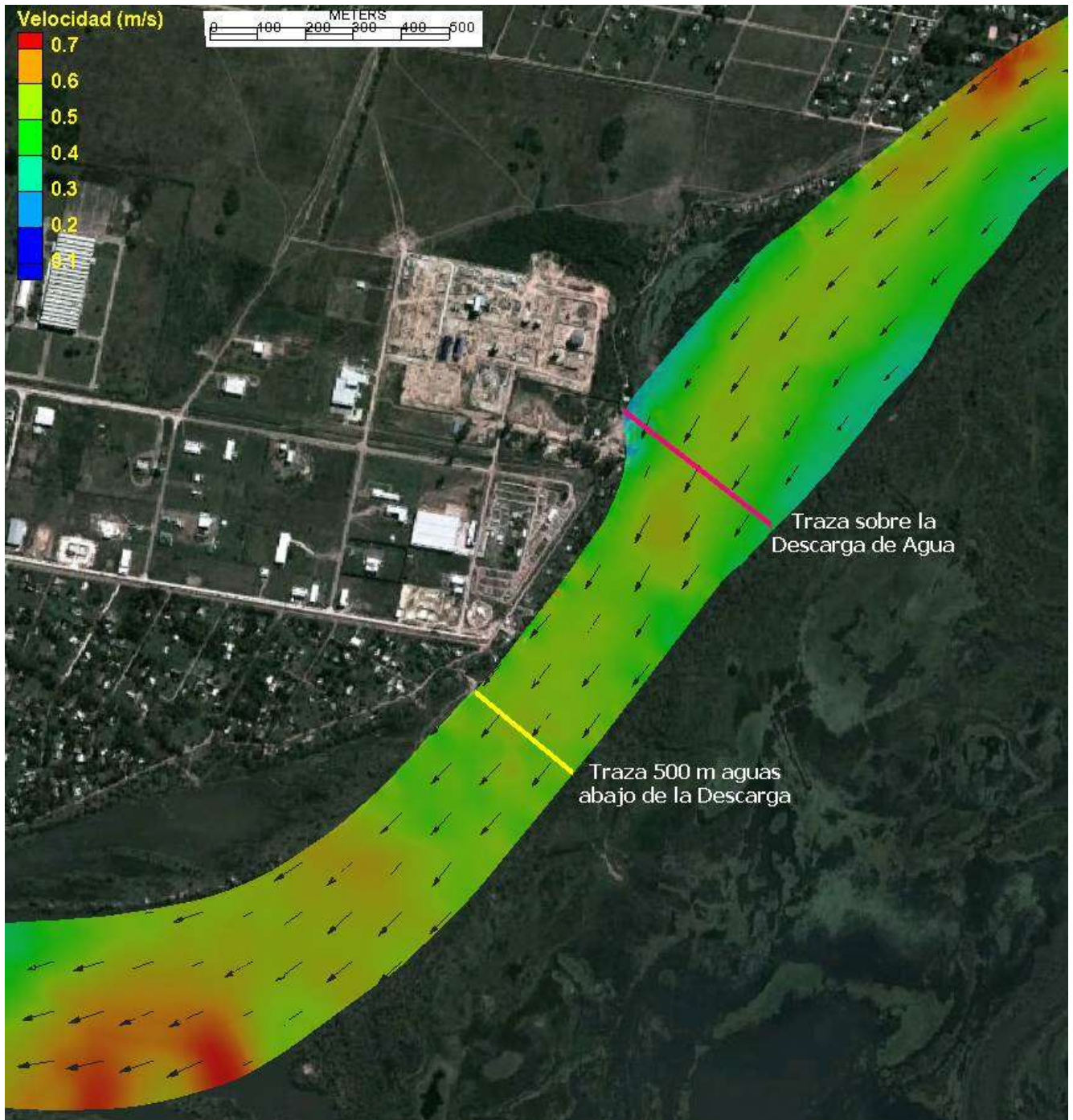


Figura 26. Campo de velocidades simulado para la condición de Calibración 2.

En la Figura 27 puede observarse que el campo de velocidades sólo es afectado por la descarga de agua en cercanías de la misma. La velocidad aumenta hacia el centro del cauce, y varía entre 0,2 m/s y 0,4 m/s sobre la margen derecha del río, donde las cotas son mayores y es vertida el agua desde la Central.

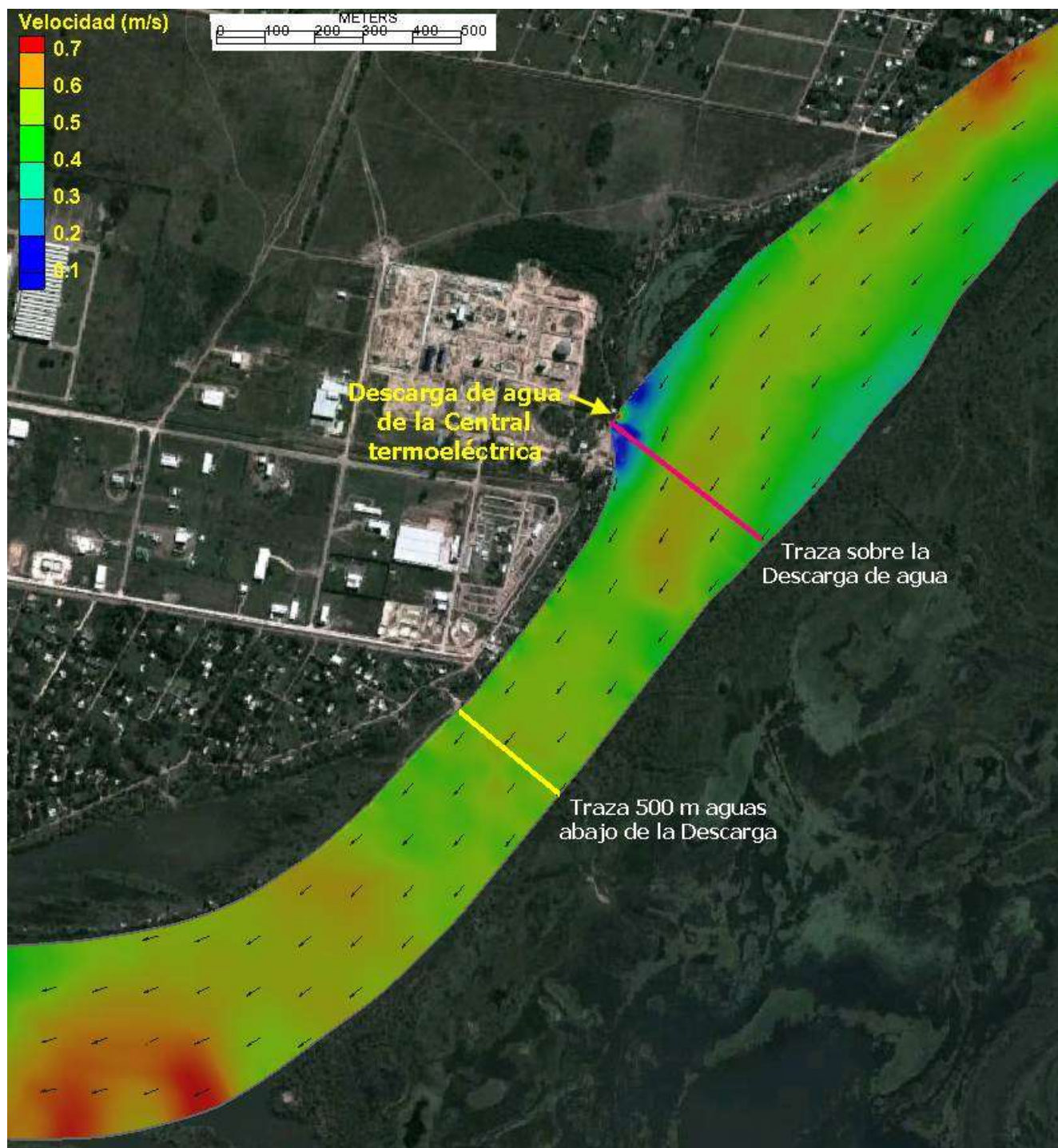


Figura 27. Campo de velocidades simulado para la condición de Calibración 2 con un ingreso de caudal de 8,5 m³/s correspondiente a la descarga de agua de la Central termoeléctrica.

3.4 MODELACIÓN DE LA DISPERSIÓN TÉRMICA EN CAMPO CERCANO

El primer paso en el estudio de la dispersión térmica de la pluma de vertido corresponde al campo cercano o zona de mezcla, el cual es el espacio del dominio de cálculo donde los fenómenos de flujo de momento y corrientes de densidad predominan sobre la advección y la difusión.

Como se mencionó anteriormente, fue considerada la configuración de Obra de Descarga de la Central Termoeléctrica seleccionada en base al estudio “Ingeniería Conceptual para las Obras de Toma y de Descarga de Agua de Refrigeración del Ciclo Combinado (Serman & asociados, 2011)”.

3.4.1 Descripción del Campo Cercano

El campo cercano coincide, por su propia definición, con la zona próxima a la inyección o vertido de la sustancia contaminante. En las inmediaciones del punto de vertido el efluente se suele comportar bien como un chorro o bien como una pluma, en función de si predomina el flujo de momento o el de densidad. En general, los procesos aquí son muy complejos, en el sentido de presentar alta turbulencia, interacciones con los contornos o entre distintos chorros, etc.

En la dinámica de la pluma predominan los procesos de captación forzada y aspirada (procesos mediante los cuales la pluma incorpora material ambiente en su interior). La difusión turbulenta (tercer mecanismo de captación) si bien está presente es despreciable y sólo se hace dominante cuando los otros dos mecanismos de captación desaparecen por una reducción del corte entre la pluma y el ambiente, ésta transición separa el campo cercano del campo lejano.

En el presente estudio se resolvió el campo cercano con el modelo PDSWIN (acrónimo de Prych, Davis, Shirazi model for Windows) perteneciente al sistema de modelos VISUAL PLUMES (Dilution Models for Effluent Discharges, 4th Edition, by W.E. Frick, P.J.W. Roberts, L.R. Davis, J. Keyes, D.J. Baumgartner, K.P. George, Ecosystems Research Division, U.S. Environmental Protection Agency, March 2003), avalado por la EPA (Environmental Protection Agency) de la Administración USA. PDSWIN es un modelo de flujo tridimensional Euleriano, que permite simular la temperatura y dilución para un amplio rango de condiciones de descargas térmicas superficiales en un cuerpo de agua en movimiento. Tiene en cuenta los efectos de transferencia superficial de temperatura y asume que la densidad de la descarga es tal que la pluma permanece en superficie y se dispersa en todas las direcciones. El momento inicial de la descarga hace que la pluma penetre en el ambiente y al mismo tiempo sea redireccionada por la corriente en el sentido y dirección del flujo.

Asume que la descarga se produce desde un canal de sección rectangular hacia un gran cuerpo de agua homogéneo. La velocidad de transferencia superficial de calor puede ser baja, media o alta correspondiéndose con condiciones de vientos bajos y alta humedad, medias y de mucho viento y poca humedad (clima seco), respectivamente.

El modelo considera que el proceso de mezcla es función de:

- Las **condiciones ambientales** en el cuerpo de agua receptor, definidas por la geometría del ambiente (batimetría) y por las características dinámicas (velocidad y distribución de densidad).
- Las **características de la descarga** definidas por su Geometría (ancho del canal, altura de la columna de agua, etc.) y por las características del flujo vertido (caudal, momento, flotación).

Los parámetros de diseño adoptados en el presente estudio corresponden a la situación más desfavorable para la disipación de calor, o sea caudal mínimo del río (nivel mínimo del río 10,1 m al Cero IGN), caudal máximo de la descarga (8,5 m³/s) y velocidad mínima de transferencia superficial de calor.

A continuación se resumen los parámetros de diseño, adoptados para la modelación de la pluma térmica.

Para la obra de Descarga con Disipador:

- * Ancho del canal (b) = 13.76 m
- * Profundidad de canal (h) = 0.60 m
- * Velocidad descarga (v) = 1.2 m/s
- * Caudal (Q) = 8.5 m³/s
- * Ángulo del canal respecto del Norte = -60°

Se modelaron dos saltos térmicos para la configuración de obra de descarga descrita en el Capítulo 2, como se mencionó en la introducción de este informe. Las condiciones de diseño corresponden a un incremento de la temperatura en 7,5°C cuando la estación opera a plena potencia y de 11,5° operando en by pass.

Los datos necesarios de velocidad del medio receptor en cercanía de la zona de descarga fueron tomados de la simulación hidrodinámica realizada incluyendo el caudal ingresante desde la Central. A lo largo de la traza que atraviesa el canal a la altura del vertedero y sobre la margen derecha, la cota del lecho es más alta que en el resto del cauce (aproximadamente 10 m) y como en condición de estiaje el agua que sale de la central desborda en ese sector, se realizó un análisis de sensibilidad considerando velocidades en el río Coronda (medio receptor) de 0,2, 0,3 y 0,4 m/s (con dirección 30° respecto del Norte). De esta manera, la dirección de la descarga es perpendicular al flujo fluvial.

3.4.2 Resultados

El modelo PDSWIN permite determinar la evolución de la pluma en el entorno del punto de vertido, la dilución media, la extensión transversal, la profundidad de la pluma y el exceso de temperatura. El PDSWIN calcula la trayectoria de la pluma con respecto a dos ejes de referencia, uno para el cual el eje X apunta en dirección Sur y el Y en dirección Este, y otro propio del ejemplo simulado. Donde el eje X apunta en dirección de la corriente y el eje Y es perpendicular a este.

A continuación se presentan los resultados para la modelación de la dispersión térmica en el campo cercano para los dos saltos de temperatura. En la Tabla 17 se presentan resumidos los resultados calculados para el salto térmico de 7,5 °C. Desde la Figura 28 a la Figura 30 se presenta el incremento de temperatura, la velocidad y la trayectoria de la pluma para la descarga con disipador.

Puede apreciarse de todas las figuras, que en general los resultados no presentan diferencias significativas al variar la velocidad del medio receptor, en cercanías de la descarga. La mayor desigualdad se observa en los gráficos de velocidades en función de la distancia, pues la pluma a medida que se aleja de la fuente tiende a adquirir la velocidad del medio, situación que marca la transición al campo lejano. Además los gráficos de trayectoria muestran como la pluma es re-direccionada por el flujo del cuerpo receptor.

Tabla 17 Parámetros de diseño adoptados y resultados para la simulación (PDSWN) del salto térmico de 7,5°C, para la obra de descarga con dissipador.

Datos del Medio Receptor					
Prof, m	Velocidad m/s			Dirección Vel. deg	Temp. °C
0	0,2	0,3	0,4	300	22
1,25	0,2	0,3	0,4	300	22

Datos de la Descarga:				
Ancho canal (m)	Prof. (m)	Angulo (deg)	Caudal (m3/s)	Temperatura (C)
13,76	0,6	30	8,5	29,5

Simulación: Velocidad del Medio Receptor 0,2 m/s							
Paso	x-posn (m)	y-posn (m)	Dist. a la fuente (m)	Incremento Temp. °C	Prof. (m)	Vel. m/s	Tiempo (min)
1	9,4	-6,5	0,0	7,5	0,76	1,02	0,19
2	9,7	-6,8	0,4	7,0	0,79	0,96	0,19
17	19,0	-13,9	12,1	5,0	1,32	0,73	0,43
27	44,5	-36,5	46,2	3,2	1,86	0,52	1,41
38	118,9	-114,4	153,6	2,1	1,97	0,40	5,54
59	310,1	-347,8	454,5	1,4	1,84	0,32	19
132	924,8	-1197	1501	0,9	1,55	0,28	78
463	3540	-5168	6253	0,6	1,15	0,26	378
584	4474	-6634	7991	0,5	1,09	0,25	492

Simulación: Velocidad del Medio Receptor 0,3 m/s							
Paso	x-posn (m)	y-posn (m)	Dist. a la fuente (m)	Incremento Temp. °C	Prof. (m)	Vel. m/s	Tiempo (min)
1	9,1	-6,9	0,0	7,5	0,73	1,02	0,19
2	9,8	-7,4	0,9	7,1	0,78	0,98	0,20
15	22,1	-17,9	17,0	4,9	1,24	0,74	0,54
26	54,8	-51,3	63,6	3,2	1,62	0,57	1,81
38	146,7	-161,6	206,8	2,0	1,66	0,47	6,63
68	401,0	-509,5	636,9	1,3	1,51	0,41	23
183	1314	-1885	2287	0,9	1,22	0,37	95
580	4342	-6719	7989	0,6	0,93	0,35	360

Simulación: Velocidad del Medio Receptor 0,4 m/s							
Paso	x-posn (m)	y-posn (m)	Dist. a la fuente (m)	Incremento Temp. °C	Prof. (m)	Vel. m/s	Tiempo (min)
1	8,9	-7,2	0,0	7,5	0,70	1,01	0,19
2	9,6	-7,7	0,9	7,3	0,73	1,00	0,20
15	21,5	-18,7	17,0	5,1	0,91	0,79	0,52
25	57,7	-58,5	70,8	3,1	1,40	0,63	1,85
39	167,8	-200,4	249,9	2,1	1,41	0,54	7,07
80	502,1	-685,3	838,1	1,4	1,23	0,49	26
256	1860	-2818	3365	0,9	0,95	0,46	115
578	4280	-6760	7990	0,7	0,79	0,45	284

NOTA: x-posn tiene dirección Sur e y-posn dirección Este.

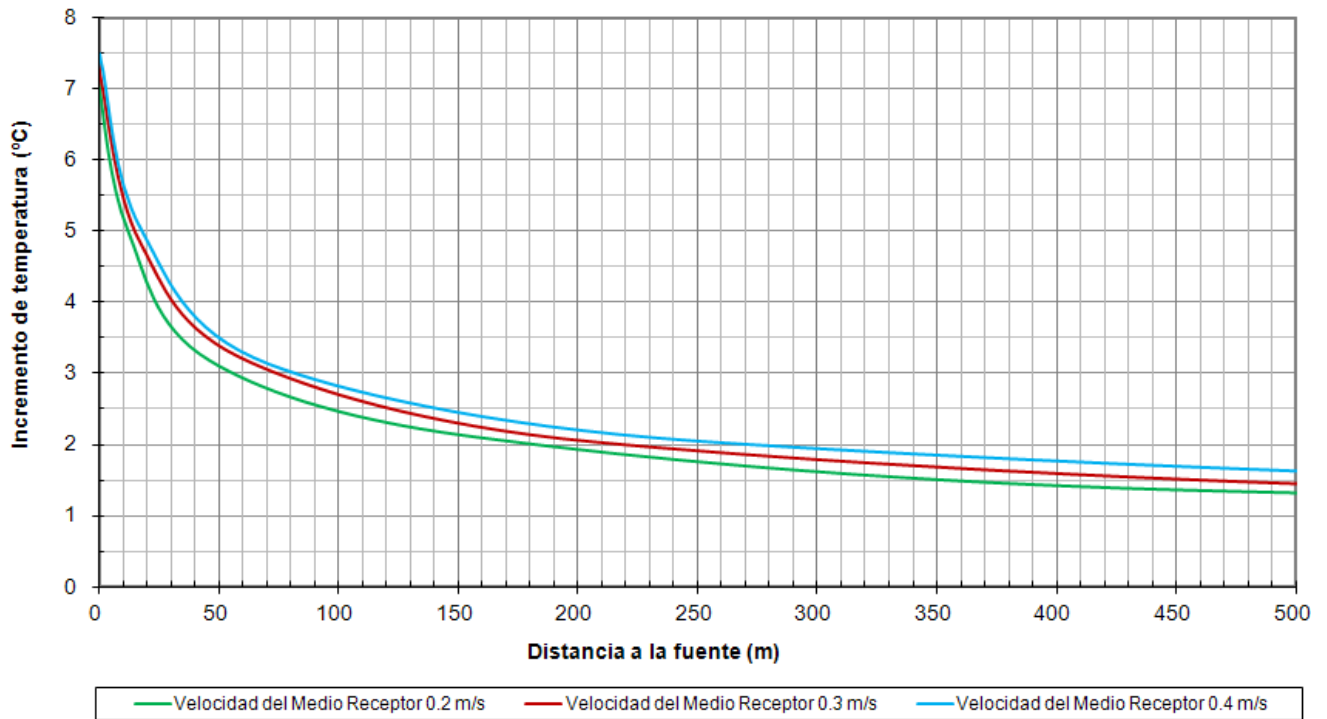


Figura 28. Salto térmico de 7,5 °C a lo largo del eje de la pluma, para la obra de descarga con disipador.

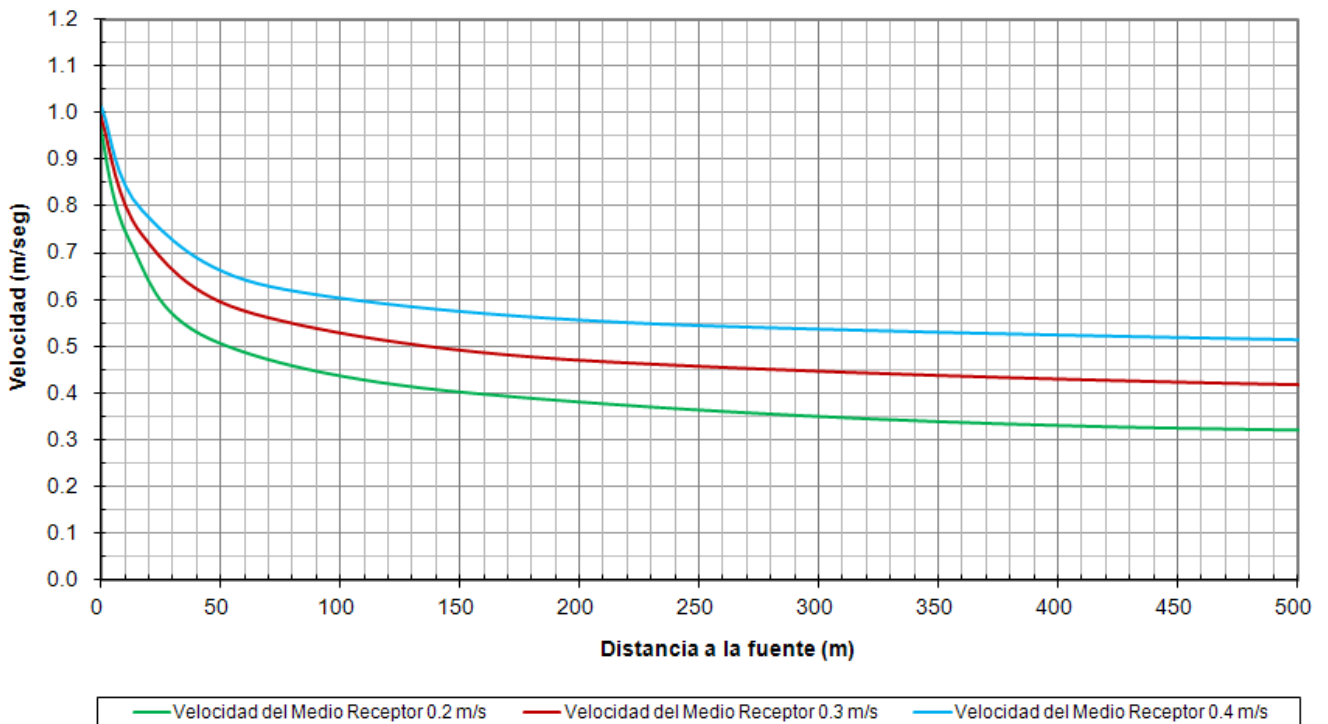


Figura 29. Velocidad a lo largo del eje de la pluma para el salto térmico de 7,5 °C en la obra de descarga con disipador.

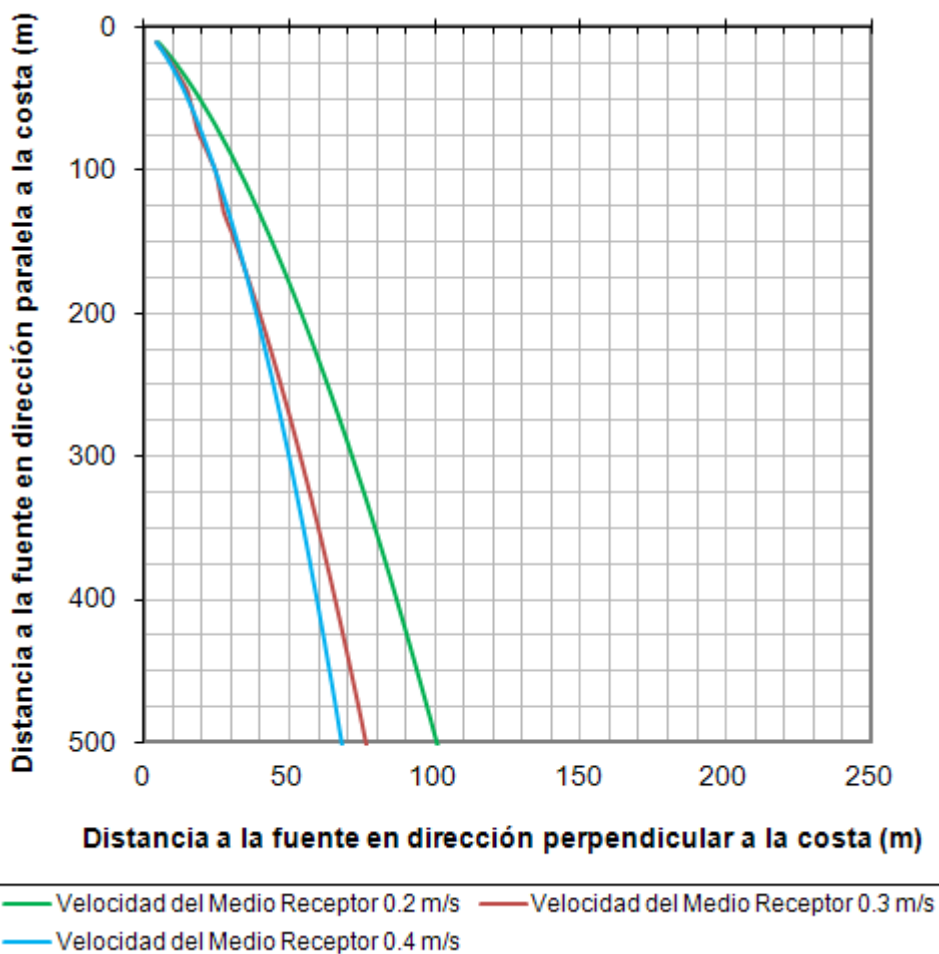


Figura 30 Trayectoria del eje de la pluma para el sistema de referencia propio de la descarga, al simular un salto térmico de 7,5 °C para la obra de descarga con dissipador.

Para los gráficos en donde presentan las trayectorias que realizan las plumas para las diferentes condiciones simuladas, se representó en la dirección perpendicular a la costa, el ancho aproximado del cauce en la sección transversal ubicada a la altura de la descarga de la central.

La peor situación ocurre cuando la velocidad de medio receptor es 0,2 m/s, pues en este caso la pluma recorre menos trayecto, tendiendo a estar más tiempo en inmediaciones de la fuente. De cualquier modo el incremento de temperatura disminuye a 2°C al alejarse 150 m de la zona de descarga.

En la Figura 28 puede observarse que, para la geometría del canal y las condiciones del ambiente adoptadas, la descarga del agua de la central en las aguas someras del río Coronda es tal que aproximadamente a 50 m del punto de descarga el salto térmico desciende entre 3 °C y 3,5 °C para el caso con dissipador.

A continuación se presentan los resultados para el condición de diseño eventual (que puede ocurrir hasta 50 veces por año con una duración de hasta 1 hora), consistente en la estación operando en by pass para el cual el aumento de la temperatura del agua alcanza un máximo de 11,5 °C. Puede observarse tanto de las tablas como de los gráficos de saltos térmicos, que el incremento de la temperatura alcanza los 5°C al alejarse 50 m de la fuente.

Tabla 18. Parámetros de diseño adoptados y resultados para la simulación (PDSWN) del salto térmico de 11,5°C, para la obra de descarga con disipador.

Datos del Medio Receptor					
Prof.	Velocidad			Dirección Vel.	Temp
m	m/s			deg	°C
0	0,2	0,3	0,4	300	22
1,25	0,2	0,3	0,4	300	22

Datos de la Descarga:				
Ancho canal	Prof.	Angulo	Caudal	Temperatura
(m)	(m)	(deg)	(m3/s)	(C)
13,76	0,6	30	8,5	33,5

Simulación:	Velocidad del Medio Receptor 0.2 m/s						
Paso	x-posn	y-posn	Dist. a la fuente	Incremento Temp.	Prof.	Vel.	Tiempo
	(m)	(m)	(m)	°C			
1	10,2	-7,1	0,0	11,5	0,72	1,01	0,20
2	10,5	-7,3	0,4	11,3	0,74	1,01	0,21
18	21,2	-15,5	13,9	7,4	1,28	0,70	0,49
29	56,1	-46,6	60,5	4,9	1,59	0,51	1,86
42	160,0	-155,9	211,0	3,2	1,55	0,39	7,70
76	468,0	-534,9	698,3	2,1	1,35	0,32	31
223	1694	-2253	2807	1,4	1,03	0,28	149
584	4551	-6582	7990	1,0	0,82	0,26	468

Simulación:	Velocidad del Medio Receptor 0.3 m/s						
Paso	x-posn	y-posn	Dist. a la fuente	Incremento Temp.	Prof.	Vel.	Tiempo
	(m)	(m)	(m)	°C			
1	9,9	-7,5	0,0	11,5	0,69	1,01	0,20
2	10,6	-8,0	0,9	11,2	0,72	0,99	0,22
17	25,6	-20,9	20,6	7,0	1,21	0,70	0,63
29	77,9	-75,2	95,9	4,5	1,38	0,54	2,74
44	214,5	-241,8	310,8	3,0	1,29	0,46	10
99	675,7	-883,3	1099	2,0	1,08	0,41	41
359	2718	-4010	4832	1,3	0,79	0,37	203
579	4399	-6686	7991	1,1	0,70	0,36	347

Simulación:	Velocidad del Medio Receptor 0.4 m/s						
Paso	x-posn	y-posn	Dist. a la fuente	Incremento Temp.	Prof.	Vel.	Tiempo
	(m)	(m)	(m)	°C			
1	9,7	-7,8	0,0	11,5	1,19	1,01	0,20
2	10,4	-8,3	0,9	11,0	0,71	0,98	0,22
16	24,9	-21,7	20,6	7,3	0,90	0,76	0,61
29	82,4	-85,9	106,6	4,7	1,19	0,62	2,77
48	248,2	-302,7	379,0	3,2	1,08	0,54	10
125	869,8	-1217	1484	2,1	0,86	0,50	46
501	3745	-5790	6883	1,4	0,61	0,46	236
578	4325	-6732	7989	1,3	0,59	0,46	276

NOTA: x-posn tiene dirección Sur e y-posn dirección Este.

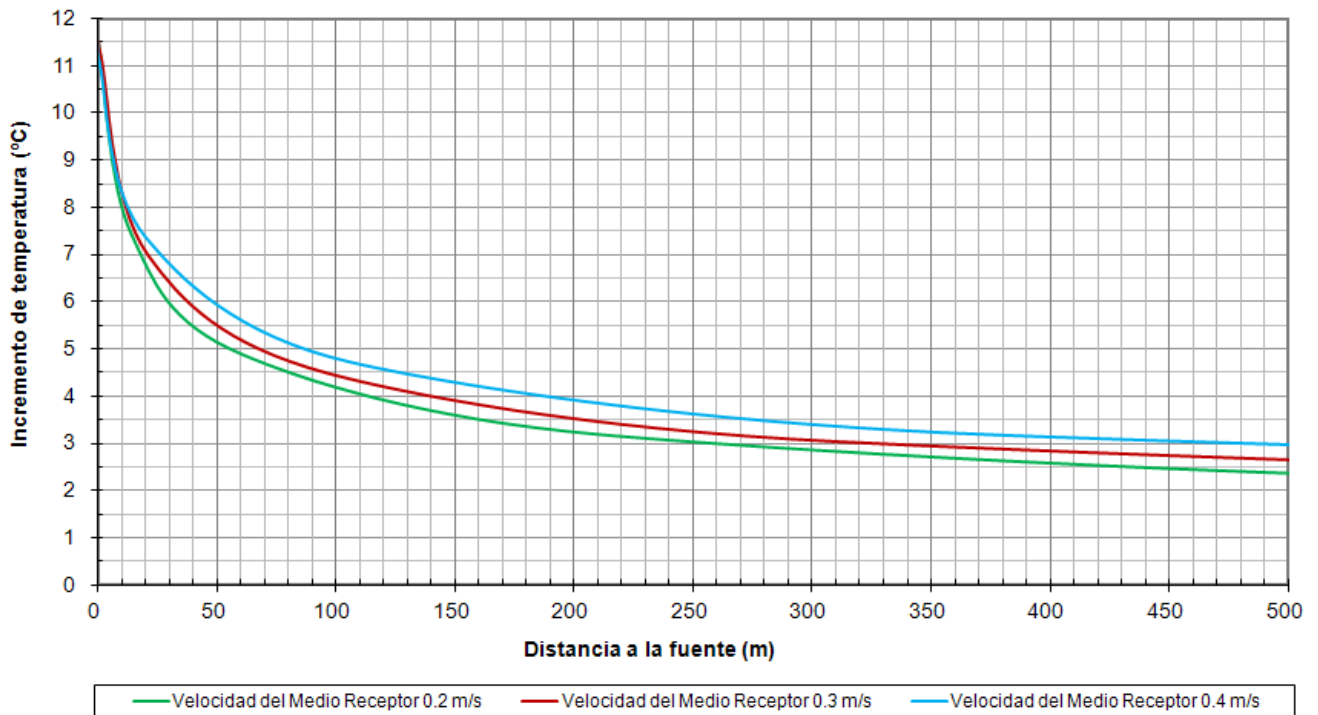


Figura 31. Salto térmico de 11,5 °C a lo largo del eje de la pluma, para la obra de descarga con disipador.

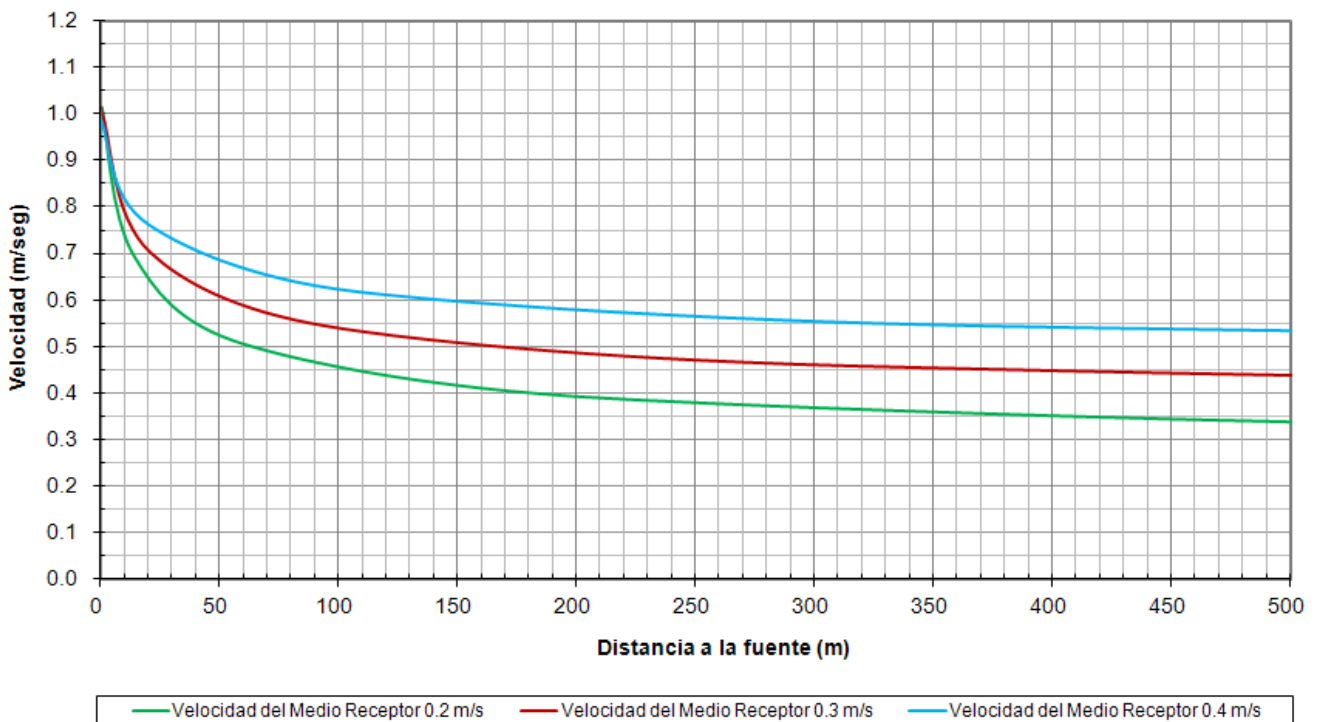


Figura 32. Velocidad a lo largo del eje de la pluma para el salto térmico de 11,5 °C en la obra de descarga con disipador.

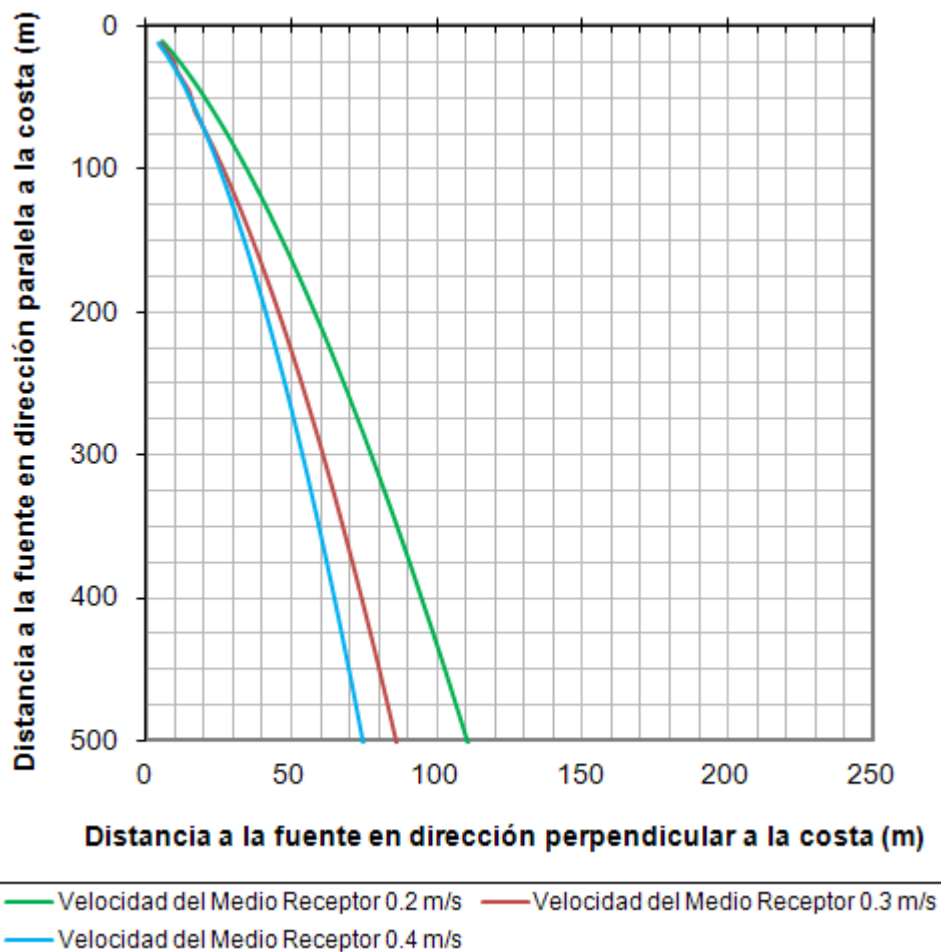


Figura 33. Trayectoria del eje de la pluma para el sistema de referencia propio de la descarga, al simular un salto térmico de 11,5 °C para la obra de descarga con dissipador.

3.5 MODELACIÓN DE LA DISPERSIÓN TÉRMICA EN CAMPO LEJANO

Una vez que las fuerzas de inercia y flotación pierden su importancia, adquieren protagonismo los procesos de advección y difusión asociados a las corrientes del medio receptor. Esta zona se denomina campo lejano y se suele situar a una distancia variable, en general del orden de las centenas de metros, del punto de vertido.

Para el cálculo del transporte y dispersión del salto térmico promovido por las dinámicas en el entorno fluvial, se utilizó el modelo bidimensional RMA4 (USACE, 2003b), desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers, que tiene en cuenta fenómenos de advección, difusión y transformación, alimentándose del campo de velocidades generado por el modelo RMA2. Ambos modelos se operan en el entorno de interfase gráfica SMS (Surface Modelling System).

Se consideró la temperatura como una sustancia conservativa, dado que el decaimiento térmico suele tener importancia únicamente en cuerpos de agua lénticos como lagos y lagunas, o bien en estuarios con flujos reversibles y escasa renovación de agua, donde los tiempos de residencia y acumulación de las aguas vertidas son prolongados. En el río Coronda, los procesos de dilución y transporte son lo suficientemente intensos como para que la influencia del decaimiento por transferencia térmica resulte un efecto de segundo orden sin influencia práctica en los resultados, además de resultar la hipótesis más conservativa.

El modelo de calidad de agua aplicado resuelve la Ecuación de Convección - Dispersión Bidimensional, cuya solución depende de las condiciones de borde impuestas y de los coeficientes de dispersión. Las modelizaciones realizadas permiten evaluar el incremento de temperatura asociado a la descarga de la central.

Para realizar estas evaluaciones, resultó necesario en primer lugar contar con una representación matemática confiable del campo de velocidades del flujo y de los niveles de agua en la zona de estudio. Ello se logró por medio de la simulación con el modelo hidrodinámico bidimensional RMA2, mediante el cual se representó la dinámica del río para una condición típica de aguas bajas, como fue descrito anteriormente.

La esquematización del modelo RMA4 surge directamente de la adoptada para el modelo hidrodinámico dado que se utiliza la misma malla de elementos finitos, las mismas profundidades del lecho y el campo de velocidades resultante del mismo.

Se presenta, a continuación, una descripción del modelo aplicado.

3.5.1 Descripción del modelo de transporte RMA4

El modelo RMA4 es un modelo numérico de elementos finitos de transporte de constituyentes de calidad del agua en el que se asume que la distribución de la concentración en la profundidad es uniforme y que efectúa el cálculo de las concentraciones de hasta 6 componentes, dentro del dominio de cálculo de una o dos dimensiones.

El código RMA4 original fue desarrollado en 1973 por Norton, King y Orlob (Water Resources Engineers, Corps of Engineers) y tuvo sucesivas mejoras efectuadas por King y Rachiele (Resource Management Associates, y por el US ERDC WES Coastal and Hydraulics Laboratory).

El modelo está diseñado para simular el proceso de advección-difusión promedio en vertical en un ambiente acuático y puede ser usado para la evaluación de sustancias conservativas disueltas o transportadas dentro de la columna de agua y para investigar los procesos físicos de migración y de mezcla de sustancias no-conservativas en reservorios, ríos, bahías, estuarios y zonas costeras. El modelo ha sido eficazmente utilizado para la evaluación de procesos básicos de transporte y destino de constituyentes de calidad de agua y para definir la eficacia de medidas de remediación empleando como datos de entrada las condiciones hidrodinámicas derivadas de la aplicación del modelo hidrodinámico RMA2.

Algunos ejemplos de aplicaciones realizadas incluyen:

- Definición de la distribución horizontal de salinidad
- Seguimiento de los efectos de temperatura de centrales eléctricas
- Cálculo de tiempo de residencia
- Identificación de áreas potencialmente críticas por derrames de petróleo u otras sustancias contaminantes
- Definición de zonas de mezcla
- Evaluación de extensión de plumas de turbidez
- Determinación de los límites de intrusión salina, etc.

La formulación de RMA4 limita su aplicabilidad a situaciones uni y bidimensionales en las cuales la concentración está bien mezclada en la dirección vertical ya que el programa resuelve las ecuaciones de transporte y mezcla integradas en la profundidad expresadas por:

$$h\left(\frac{\partial c}{\partial t} + u\frac{\partial c}{\partial x} + v\frac{\partial c}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x}D_x\frac{\partial c}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y}D_y\frac{\partial c}{\partial y} - \sigma + kc + \frac{R(c)}{h}\right) = 0$$

Donde

h : la profundidad de flujo

c : concentración del contaminante

t : es el tiempo

u, v : componentes de la velocidad en las direcciones x e y

D_x, D_y : Coeficientes de dispersión turbulenta en las direcciones x e y

k : coeficiente de decaimiento de primer orden

\square : fuente o sumidero del constituyente

$R(c)$: tasa de precipitación/evaporación

y en la que cada término de la expresión representa:

1º término: almacenamiento local

2º término: advección en la dirección x

3º término: advección en la dirección y

4º término: dispersión en la dirección x

5º término: dispersión en la dirección y

6º término: fuentes locales de masa de sustancia

7º término: decaimiento exponencial

8º término: efectos de lluvia/evaporación

Las ecuaciones son resueltas por el método de elementos finitos usando la técnica de residuos ponderados de Galerkin. Como con el modelo RMA2, en el modelo de transporte RMA4 la integración espacial de las ecuaciones se ejecuta por técnicas gaussianas y las variaciones temporales son resueltas por diferencias finitas no lineales.

Las condiciones de borde en los contornos sólidos se expresan en la ecuación:

$$\frac{\partial C}{\partial n} = 0$$

Donde n es el vector unitario normal al borde sólido (que implica que no hay transferencia del contaminante a través de los bordes terrestres). El ingreso al sistema de una sustancia determinada es establecido por el usuario en forma de carga másica (masa/tiempo) en el/los elementos de la malla que reciben la carga.

Como resultado de la simulación, el modelo proporciona la concentración calculada para todos los constituyentes analizados en cada nodo de la malla de cálculo.

3.5.2 Asignación de los coeficientes de dispersión turbulenta

El modelo RMA4 requiere la asignación de dos coeficientes (en las direcciones x e y) que reflejan la influencia del comportamiento turbulento en el campo convectivo. Estos coeficientes son en general llamados coeficientes de dispersión o difusión y se estiman en función de las condiciones hidráulicas y las características del medio:

$$Dl = e_l h U^*, \text{ coeficiente de dispersión longitudinal [m}^2/\text{s]} \\ Dt = e_t h U^*, \text{ coeficiente de dispersión transversal [m}^2/\text{s]}$$

Donde:

$$e_l = \text{coeficiente de dispersión longitudinal adimensional} \\ e_t = \text{coeficiente de dispersión transversal adimensional} \\ U^* = \text{velocidad de corte} = 3,13 U n / h^{(1/6)}$$

Siendo n es el coeficiente de rugosidad de Manning, U el módulo de la velocidad total y h la profundidad media del área de estudio.

De acuerdo a experiencias en canales rectos efectuadas por Edler (1959) y en canales de riego (Fisher, 1969), los coeficientes de dispersión adimensional longitudinal y transversal son $e_l = 5,9 - e_t = 0,23 \cong 4\% e_x$.

No obstante, diversos autores observaron que en ríos naturales estos coeficientes, particularmente e_t , pueden ser significativamente más elevados. De hecho, Harleman (1971) propuso como coeficientes típicos en ríos con sección no uniforme y corrientes transversales moderadas: $e_l = 40 - e_t = 4 \cong 10\% e_x$. Los coeficientes máximos en ríos con flujos marcadamente no uniformes, meandrosos y con corrientes transversales importantes, alcanzan $e_l = 60 - e_t = 12 \cong 20\% e_x$.

El coeficiente de dispersión adimensional e_t fue estudiado por Rutherford (1994), quien arribó a los siguientes resultados:

Canales rectos: $0,15 < e_t < 0,3$
Canales meandrosos: $0,3 < e_t < 1,0$
Canales con fuerte curvatura: $1,0 < e_t < 3,0$

Esto sugeriría que para las condiciones del Coronda en la zona de interés (sin una morfología costera compleja y/o estructuras interpuestas que puedan generar patrones complejos de circulación) correspondería adoptar un valor de e_t entre 0,15 y 0,3.

En la elección del coeficiente de dispersión eficaz para usar en el modelo numérico, debe considerarse también el tamaño de los elementos de la malla. Allen Teeter, del WES Coastal and Hydraulics Laboratory (USACE, 2003a) ha sugerido la incorporación de la dispersión numérica en la forma:

$$D_t = e_t h U^* + 10^{-5} L^2$$

Donde L es el tamaño del elemento de la malla.

De acuerdo a estas consideraciones, los coeficientes de dispersión, D_l y D_t , para una velocidad y profundidad medias de 0,3 m/s y 5 m respectivamente (condiciones que surgen de la modelación hidrodinámica como representativas de la zona costera en estudio), resultarían del orden de 2 m²/s y 0,03 m²/s, respectivamente para tamaños de elementos de 5 m. Para tamaños mayores los valores de los coeficientes son levemente superiores.

Sin embargo, la estimación de los valores de los coeficientes efectuada mediante la aplicación del criterio Harleman para ríos con sección no uniforme y corrientes transversales moderadas conduce a valores de D_l y D_t del orden de 5 m²/s y 1 m²/s, valores adoptados inicialmente para la simulación.

Sin embargo, es necesario destacar que el modelo aplicado especifica los coeficientes en las direcciones x, y de los ejes cartesianos, mientras que en el tramo en estudio las direcciones “longitudinal” y “transversal” a la dirección principal del flujo forman con los ejes coordenados un ángulo de aproximadamente 30 grados.

3.5.3 Implementación del modelo RMA4 y Resultados

La evaluación de la dispersión térmica se realizó adoptando los parámetros de la descarga de agua del circuito de refrigeración de la Central Termoeléctrica, al río Coronda, que entregará un caudal de 8,46 m³/s a una temperatura tal que define un salto térmico de 7,5°C respecto de la temperatura media del cuerpo receptor, para el caso que la estación esté operando plena potencia, y de 11,5°C al operar en by pass.

Dado que la dilución inicial en la zona de mezcla puede variar en función de diversas condiciones geométricas del proyecto que provocan distintos saltos térmicos como se ha visto en la sección donde se estudia el campo cercano, en esta aproximación se consideró la condición más conservativa posible en la cual toda la masa de agua presente en la celda del modelo donde se introduce la descarga (la cual posee 5 m x 5 m de superficie), presenta un salto térmico de 7,5°C o 11,5°C dependiendo del caso simulado. Para este cálculo no se tuvieron en cuenta las dos configuraciones de la obra de descarga, pues justamente las diferencias en la dispersión que producen las distintas geometrías del canal ocurren dentro del campo cercano.

En la Figura 34 se muestra la distribución espacial del incremento de temperatura del agua inducido por la descarga con una temperatura 7,5°C mayor a la del río Coronda, y en la Figura 35 la correspondiente a la de 11,5°C.

Obsérvese que el patrón de escurrimiento induce que las máximas sobretemperaturas se produzcan en proximidades de la descarga, inmediatamente aguas abajo de la misma, y rápidamente disminuyen para reducirse a 1° C apenas 100 m aguas abajo de la fuente para la descarga operando a plena potencia (7,5°C) y a 120 m cuando opera en by pass (11,5°C).

El desarrollo transversal a la costa de la pluma térmica implica que ya a 100 m de la descarga (es decir dentro del cauce principal del río y no sobre la zona de cotas altas donde se produce la descarga) las temperaturas responden a las condiciones naturales de la corriente. A continuación se presenta la dispersión de la pluma para ambos saltos térmicos, evidenciando lo descrito anteriormente.

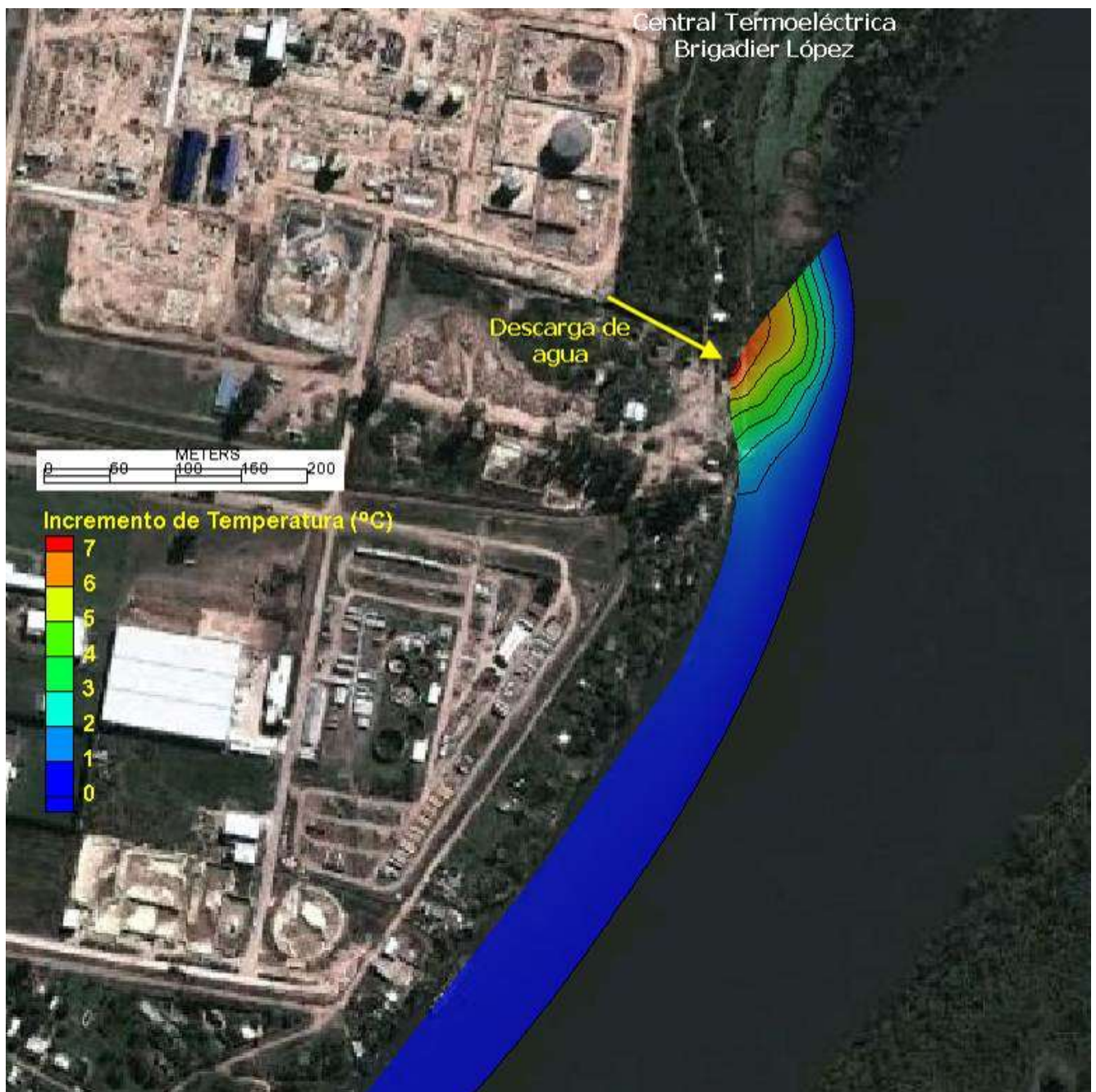


Figura 34. Distribución espacial de sobretemperatura del campo lejano para el salto térmico de 7,5°C.

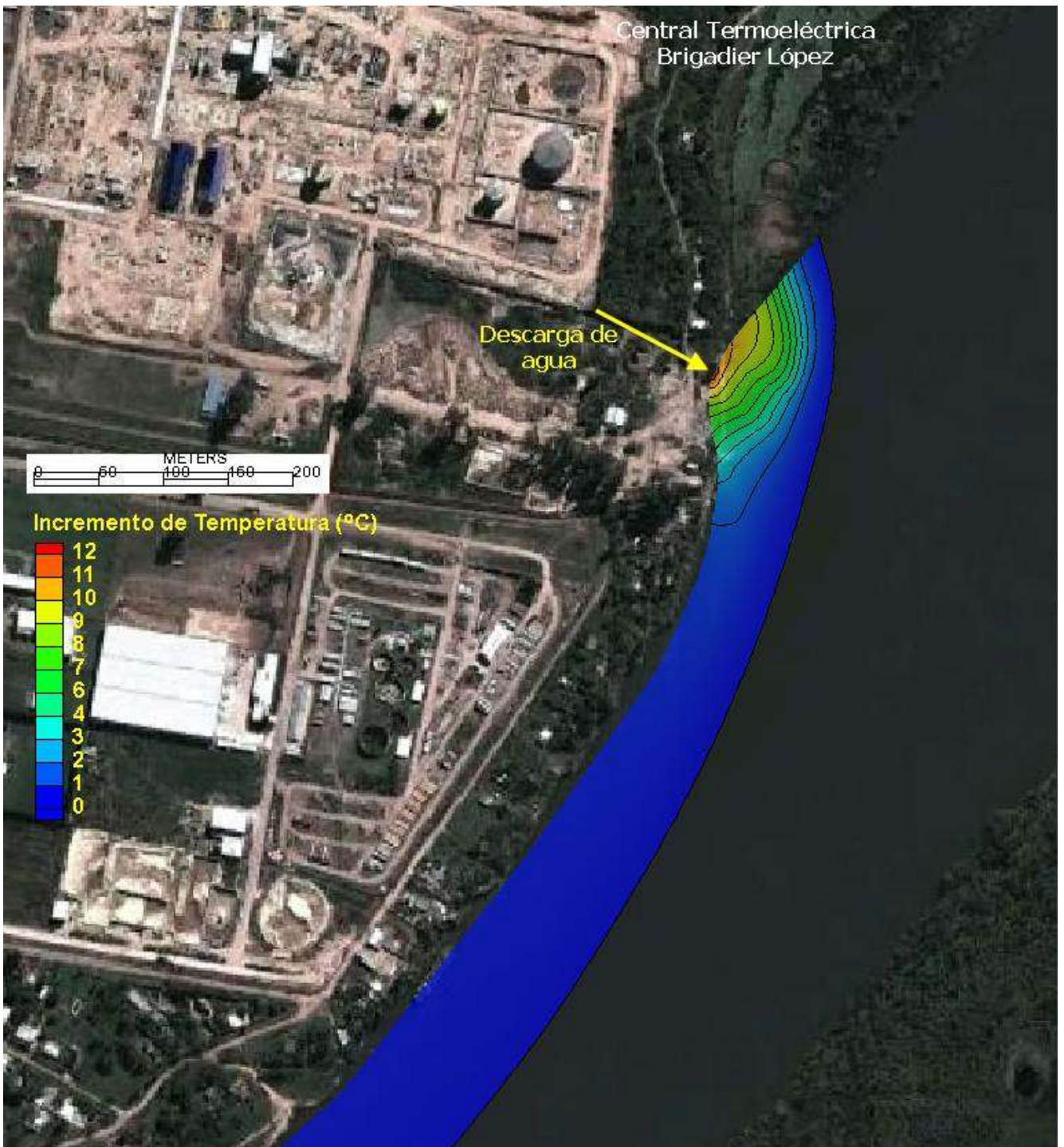


Figura 35. Distribución espacial de sobretemperatura del campo lejano para el salto térmico de 11,5°C.

En la Figura 36 se puede observar que el incremento de la temperatura descargada desciende dentro del cuerpo de agua al alejarse de la fuente. A separarse 50 m del punto de vertido, el incremento de la temperatura disminuye a 3°C cuando la estación opera a plena potencia y a 4,5°C cuando lo hace en by pass, coincidiendo con los resultados calculados para el campo cercano. Se infiere entonces que los fenómenos de flujo de momento y corrientes de densidad son irrelevantes, predominando en la dispersión de la pluma los fenómenos de advección y la difusión.

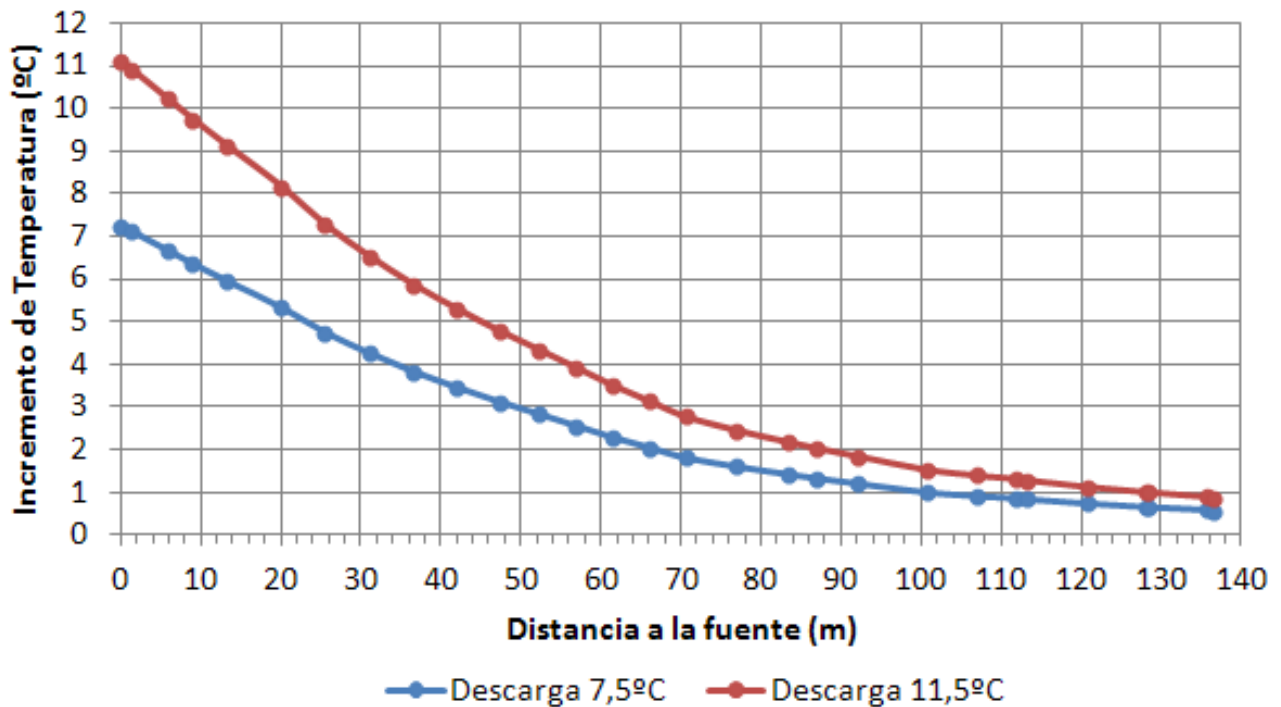


Figura 36 Salto térmico de 7,5°C y de 11,5 °C a lo largo del eje de la pluma.

3.6 CONCLUSIONES

Los estudios desarrollados y las modelaciones efectuadas reproducen las características de la descarga, desde el punto de vista de su comportamiento térmico e hidrodinámico, tanto en la zona inmediata al punto de descarga (campo cercano) como su evolución en el tramo de río afectado (campo lejano).

Los resultados de la modelación de la dispersión térmica en el campo cercano para los dos saltos de temperatura indicaron en general que no se presentan diferencias significativas al variar la velocidad del medio receptor, en cercanías de la descarga.

Para un salto térmico de 7,5°C la descarga del agua de la central en las aguas someras del río Coronda es tal que aproximadamente a 50 m del punto de descarga el salto térmico desciende entre 3 °C y 3,5 °C para el caso con dissipador (variantes de diseño consideradas). En el caso extremo de que el vuelco presente un salto térmico de 11,5°C, el incremento de la temperatura alcanza los 5°C al alejarse 50 m de la fuente.

Una vez que las fuerzas de inercia y flotación pierden su importancia, adquieren protagonismo los procesos de advección y difusión asociados a las corrientes del medio receptor. Esta zona se denomina campo lejano y se suele situar a una distancia variable, en general del orden de las centenas de metros, del punto de vertido.

De la modelación del campo lejano se desprende que el patrón de escurrimiento del río induce que las máximas sobretemperaturas se produzcan en proximidades de la descarga, inmediatamente aguas abajo de la misma, disminuyendo rápidamente a 1° C apenas 100 m aguas abajo de la fuente para la descarga operando a plena potencia (7,5°C) y a 120 m cuando opera en by pas (11,5°C).

Así, se observa que el incremento de la temperatura descargada desciende dentro del cuerpo de agua al alejarse de la fuente. A separarse 50 m del punto de vertido, el incremento de la temperatura disminuye a 3°C cuando la estación opera a plena potencia y a 4,5°C cuando lo hace en by pass, coincidiendo con los resultados calculados para el campo cercano.

4 ANÁLISIS DEL POTENCIAL IMPACTO ACÚSTICO

4.1 INTRODUCCIÓN

La presente Evaluación Ambiental del Potencial Impacto Acústico (EAIA) se ha desarrollado para la conversión a ciclo combinado de la CTBL y la realización de obras complementarias. Al respecto, se ha previsto la instalación de nuevos equipos que permitirán la utilización de la temperatura de los gases de salida de la chimenea para generar vapor, el cual será a su vez utilizado para la generación de energía y la construcción de una obra de toma de agua, conducción y de descarga, para la captación y traslado del agua de refrigeración. En este sentido, serán sujeto de la presente evaluación las actividades a realizarse durante la etapa constructiva y la etapa operativa del ciclo combinado, a fin de identificar las potenciales incidencias de las emisiones acústicas producto de dichas actividades. Para su análisis se ha diferenciado dichas actividades en las siguientes componentes:

- **Componente 1- Obra principal de cierre de ciclo**
- **Componente 2 - Obra de toma de agua, conducción y descarga**

El análisis se basa en la verificación del cumplimiento de la legislación local aplicable. La Central Brigadier López será instalada en la Provincia de Santa Fe, la cual presenta normas que regulan límites máximos permisibles para la emisión como para la inmisión dada por fuentes fijas de cualquier tipo.

El régimen de preservación del aire en territorio de la provincia de Santa Fe se encuentra regulado por la Resolución SMAyDS 201 del año 2004, destacándose los siguientes aspectos:

- Se aplica tanto a fuentes fijas como móviles.
- La Autoridad de Aplicación cuando detecte episodios de contaminación atmosférica evaluará el establecimiento, su ampliación y/o modificación de actividades, requiriendo las correcciones necesarias para adecuarlo a las disposiciones de la resolución.
- Los ruidos molestos se determinarán por el método de medición y clasificación de fijado por la Norma IRAM 4062/01.

En base a la Norma IRAM, un ruido puede provocar molestias siempre que su nivel exceda en un cierto margen al ruido de fondo preexistente en el área; o bien, cuando el mismo alcance un valor máximo establecido.

Las zonas consideradas para el análisis se encuentran determinadas por aquellas que poseen receptores y que se encuentran en un radio tal que el ruido emitido durante la ejecución de las actividades sujeto de análisis podrían potencialmente generar ruidos molestos a dicha población.

En este caso, la evaluación del impacto acústico se realizó comparando el nivel sonoro de inmisión que resulta de las fuentes de emisión, considerando como tal al estimado de acuerdo a las maquinarias a ser utilizadas, con el nivel de ruido de fondo preexistente en la zona, para los períodos de trabajo en los que se realizarán dichas actividades.

Se calculó entonces la propagación sonora del ruido generado por dichas tareas, determinando los niveles de inmisión sonora en el área de influencia del proyecto. Finalmente, estos niveles de inmisión fueron comparados con los valores de ruido medidos y con aquellos ruidos de fondo según la zona, definidos en base a la metodología establecida por la Norma IRAM N° 4.062/2001, según correspondiera.

4.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Como se ha mencionado, la evaluación se realiza en base a la metodología especificada por la norma IRAM N° 4.062/2001 que establece las pautas para determinar la potencialidad de la generación de Ruidos Molestos al Vecindario. Esta norma define que un ruido puede provocar molestias siempre que su nivel exceda en un cierto margen al ruido de fondo preexistente, o cuando el mismo alcance un valor preestablecido.

Para la implementación de esta metodología de análisis se debe calcular el nivel de ruido de fondo de una determinada zona (L_C) o bien realizar mediciones in situ del mismo, y luego definir el nivel de inmisión que esa zona recibirá producto de la nueva fuente de ruido que se está evaluando (L_E).

Si la diferencia entre el nivel de inmisión sonora y el nivel de ruido de fondo supera los 8 dB(A), entonces el ruido se caracteriza como molesto. En caso de no superar los 8 dB(A), se caracteriza como no molesto.

$$L_E - L_C > 8 \quad \text{ruido molesto}$$

$$L_E - L_C < 8 \quad \text{ruido no molesto}$$

Como se puede observar en el resumen esquemático que se presenta a continuación, el análisis se realiza considerando el nivel de ruido de fondo y el nivel de inmisión sonora calculada para una determinada zona y período horario.

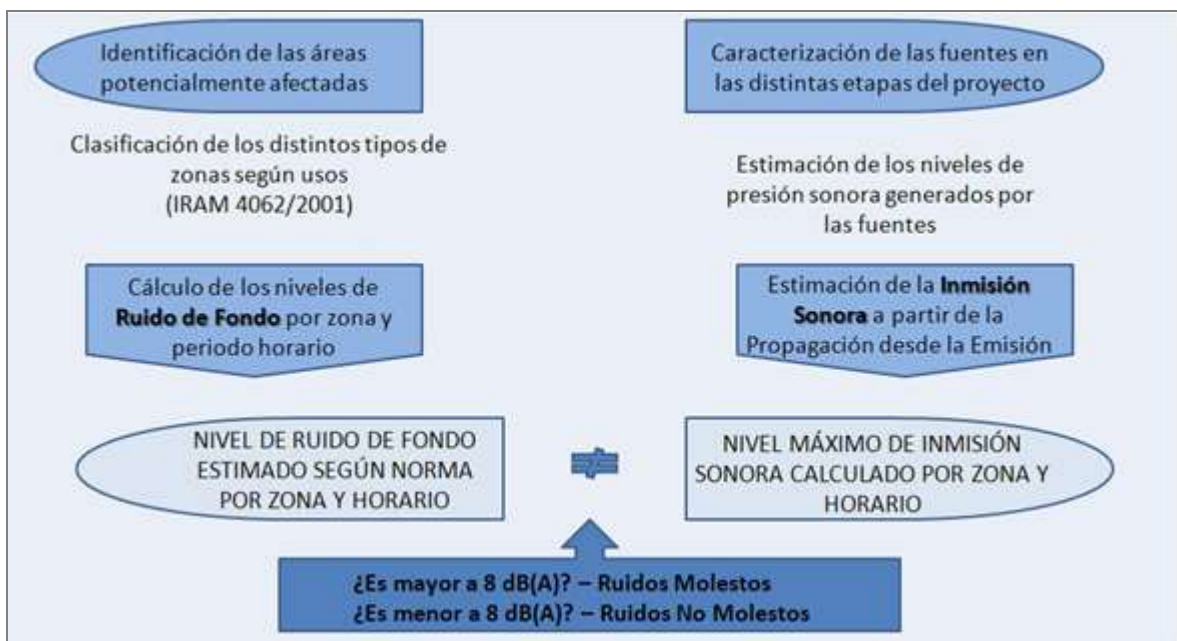


Figura 37. Pasos a seguir en la evaluación del potencial impacto acústico.

De este modo, la evaluación se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. Determinación del ruido de fondo para cada zona considerada.
2. Determinación del nivel de inmisión sonora en función del nivel de emisión sonora esperada para cada actividad considerada.
3. Comparación del ruido de fondo con el nivel de inmisión sonora calculado.
4. Determinación del nivel de superación o cumplimiento de la norma.

Para la **determinación del ruido de fondo** (Norma IRAM N° 4062/2001, Punto 6) la norma establece que se deben llevar adelante dos metodologías. Por un lado calcular el mismo (L_C) en función de un nivel base de 40 dBA y la aplicación de factores de corrección por zona y período horario considerado. Por otro se deben realizar mediciones en campo del ruido presente en el área a ser evaluada (L_F). Cuando L_F no pueda ser medido o cuando el mismo supere al valor calculado (L_C) se utilizará este último.

Al respecto, en el presente estudio se han llevado a cabo ambos procedimientos en las zonas identificadas como potenciales receptores y para los períodos horarios que abarcaría el horario de trabajo durante las etapas en evaluación.

En cuanto a la **determinación del nivel de inmisión sonora**, el mismo se calculó a partir de datos estimados de emisión de ruido para los equipos considerados en la obra en base a bibliografía consultada. Para la evaluación del potencial impacto acústico se consideró la operación de todos los equipos en conjunto en una misma zona de trabajo, la cual se irá desplazando a lo largo de todo el sector afectado a la realización de dicha tarea sin considerar dos frentes de trabajo simultáneo. Es decir, se consideró una única fuente de emisión puntual que se trasladará a medida que avance la obra.

La **comparación del ruido de fondo con el nivel de inmisión sonora calculado** se realizó particularmente para los receptores correspondientes a la zona identificada en el área de influencia de las actividades y para todos los períodos horarios considerados, para todas las actividades mencionadas. Finalmente, en base a esta comparación se determinó el nivel de cumplimiento de la normativa o bien de superación del nivel máximo admitido por la misma para el caso en evaluación.

4.3 DETERMINACIÓN DEL RUIDO DE FONDO

Para la obtención del ruido de fondo, la Norma IRAM N° 4.062/2001 propone dos metodologías: la determinación mediante el cálculo según la Norma y la medición del ruido de fondo.

La determinación de ambos niveles contemplará el impacto del ruido de acuerdo al tipo de zona y período horario. En principio se han identificado las zonas definidas por la Norma IRAM N° 4062/2001 presentes en el área de influencia, en función de los usos reales.

Del mismo modo, la norma IRAM N° 4.062/2001 establece que para la asignación de un nivel de ruido de fondo a un área, ésta debe ser clasificada dentro de los ítems que se presentan en la Tabla 19, por lo que se definen las zonas que se presentan en la Figura 38.

Tabla 19. Zonas definidas por la Norma IRAM 4062/01.

Zona	Tipo
Hospitalaria, rural, (residencial).	1
Suburbana con poco tránsito.	2
Urbana (residencial).	3
Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales ¹	4
Centro comercial o industrial intermedio entre los tipos 4 y 6.	5
Predominantemente industrial con pocas viviendas.	6

¹ Según la Norma una zona residencial urbana con industria liviana que trabaje sólo durante el día es de tipo 3.



REFERENCIAS

- PREDIO CTBL
- ACUEDUCTO DE DESCARGA
- ACUEDUCTO DE TOMA
- ZONA TIPO 1: HOSPITALARIA, RURAL, (RESIDENCIAL)
- ZONA TIPO 2: SUBURBANA (CON POCO TRÁNSITO)
- ZONA TIPO 4: RESIDENCIAL URBANA CON ALGUNA INDUSTRIA LIVIANA O RUTAS PRINCIPALES
- ZONA TIPO 6: PREDOMINANTEMENTE INDUSTRIAL CON POCAS VIVIENDAS

Figura 38. Clasificación de Zonas en las inmediaciones del predio, según la Norma IRAM N° 4.062/2001.

4.3.1 Nivel calculado

La determinación del Nivel Calculado (L_C) se obtiene a partir de un nivel básico (L_b) y una serie de términos de corrección. La norma IRAM utiliza el valor básico de 40 dB(A) al cual se le suman los siguientes términos de corrección según corresponda.

$$L_C = L_b + K_z + K_u + K_h$$

Donde:

- K_z : término de corrección por zona que se aplica según la Tabla 20;
- K_u : término de corrección por ubicación en la finca que se aplica según la Tabla 21; y
- K_h : término de corrección por horario que se aplica según la Tabla 22.

Tabla 20. Término de corrección por zona según la Norma IRAM 4062/2001.

Zona	Tipo	Término de corrección K_z dB(A)
Hospitalaria, rural, (residencial).	1	- 5
Suburbana con poco tránsito	2	0
Urbana (residencial).	3	5
Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales ¹	4	10
Centro comercial o industrial intermedio entre los tipos 4 y 6.	5	15
Predominantemente industrial con pocas viviendas.	6	20

¹ Según la Norma una zona residencial urbana con industria liviana que trabaje sólo durante el día es de tipo 3.

Tabla 21. Término de corrección por ubicación en la finca según la Norma IRAM N° 4.062/2001

Ubicación en la Finca	Término de corrección K_u dB(A)
Interiores: locales linderos con la vía pública.	0
Locales no linderos con la vía pública.	- 5
Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública. Por ejemplo: jardines, terrazas, patios, etc.	5

Tabla 22. Término de corrección por período horario según la Norma IRAM 4062/2001.

Período	Término de corrección K_h dB(A)
Días hábiles: de 8 a 20 hs.	5
Días hábiles: de 6 a 8 hs; de 20 a 22 hs.	0
Días feriados: de 6 a 22 hs.	
Noches: de 22 a 6 hs.	- 5

La norma específica que si el ruido ocurre en más de uno de los periodos considerados, tales periodos se considerarán separadamente.

Respecto a la ubicación relativa del potencial receptor, se considerará para todos los casos de análisis, su localización en exteriores, es decir, en áreas descubiertas no linderas con la vía pública, de acuerdo a las características del área.

En cuanto al período horario, se considera para la etapa constructiva los períodos horarios diurno y descanso, en los cuales se verán involucradas las actividades durante la misma, y todos los períodos para la operativa ya que la Planta funcionará también para ciclo combinado las 24 horas del día (4 turnos de 6 horas cada uno).

Así, una vez definidas las zonas potenciales receptoras de los ruidos a emitirse por dichas actividades y los períodos asociados se procede a determinar el nivel calculado de ruido de fondo que corresponde a cada una de las etapas en evaluación. En este sentido, en las tablas que se exhiben a continuación se presentan los cálculos de los niveles de ruido de fondo para las zonas definidas, durante los períodos seleccionados.

No obstante, es importante mencionar que la metodología de cálculo del nivel de ruido de fondo definido por la norma establece valores teóricos de ruido para una limitada cantidad de condiciones (tipo de zona, ubicación del receptor y período horario), pudiendo no verse representada la situación específica de las zonas de estudio.

4.3.1.1 Ruido de fondo calculado para la zona Tipo 1

A continuación se presentan los cálculos de los niveles de ruido de fondo para la Zona Rural durante el período diurno (Tabla 23), el período intermedio (Tabla 24), y el período nocturno (Tabla 25).

Tabla 23. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Rural en el período diurno.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 1: Rural.	-5
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Días hábiles: de 8 a 20 hs.	5
$L_c \text{ total}$	-	45

Tabla 24. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Rural en el período intermedio.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 1: Rural.	0
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Días hábiles: de 6 a 8 y de 20 a 22 hs. Días feriados: de 6 a 22 hs.	0
L_c total	-	40

Tabla 25. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Rural en el período nocturno.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 1: Rural.	-5
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Noche: de 22 a 6 hs.	-5
L_c total	-	35

4.3.1.2 Ruido de fondo calculado para la zona Tipo 2

Se presentan aquí los cálculos de los niveles de ruido de fondo para la Zona Suburbana con poco tránsito durante el período diurno (Tabla 26), el período intermedio (Tabla 27), y el período nocturno (Tabla 28).

Tabla 26. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Suburbana con poco tránsito en el período diurno.

Término de corrección	Especificación para el Caso de Estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 2: Suburbana con poco tránsito.	0
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Días hábiles: de 8 a 20 hs.	5
L_c total	-	50

Tabla 27. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Suburbana con poco tránsito en el período intermedio.

Término de corrección	Especificación para el Caso de Estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 2: Suburbana con poco tránsito.	0
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Días hábiles: de 6 a 8 y de 20 a 22 hs. Días feriados: de 6 a 22 hs.	0
$L_c \text{ total}$	-	45

Tabla 28. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Suburbana con poco tránsito en el período nocturno.

Término de corrección	Especificación para el Caso de Estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 2: Suburbana con poco tránsito.	0
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Noche: de 22 a 6 hs.	-5
$L_c \text{ total}$	-	40

4.3.1.3 Ruido de fondo calculado para la zona Tipo 4

A continuación se presentan los cálculos de los niveles de ruido de fondo para la Zona Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales durante el período diurno (Tabla 29), el período intermedio (Tabla 30), y el período nocturno (Tabla 31).

Tabla 29. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales en el período diurno.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 4: Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales.	10
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Días hábiles: de 8 a 20 hs.	5
$L_c \text{ total}$	-	60

Tabla 30. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales en el período intermedio.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 4: Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales.	10
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Días hábiles: de 6 a 8 y de 20 a 22 hs. Días feriados: de 6 a 22 hs.	0
$L_c \text{ total}$	-	55

Tabla 31. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales en el período nocturno.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 4: Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales.	10
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Noche: de 22 a 6 hs.	-5
$L_c \text{ total}$	-	50

4.3.1.4 Ruido de fondo calculado para la zona Tipo 6

Seguidamente se presentan los cálculos de los niveles de ruido de fondo para la Zona Industrial durante el período diurno (Tabla 32), el período intermedio (Tabla 33), y el período nocturno (Tabla 34).

Tabla 32: Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Industrial en el período diurno.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 6: predominantemente industrial con pocas viviendas.	20
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Días hábiles: de 8 a 20 hs.	5
$L_c \text{ total}$	-	70

Tabla 33: Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Industrial en el período intermedio.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 6: predominantemente Industrial con pocas viviendas.	20
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Días hábiles: de 6 a 8 y de 20 a 22 hs. Días feriados: de 6 a 22 hs.	0
$L_c \text{ total}$	-	65

Tabla 34: Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Industrial en el período nocturno.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 6: predominantemente Industrial con pocas viviendas.	20
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Noche: de 22 a 6 hs.	-5
$L_c \text{ total}$	-	60

4.3.2 Nivel medido (L_F)

En oportunidad de realización del Estudio de Impacto Ambiental para la operación a Ciclo Abierto de la Central Termoeléctrica Brigadier López (Serman & asociados SA, 2009), se realizaron mediciones de ruido de fondo, estableciendo punto de medición en función de la zonas definidas mediante la metodología correspondiente a la Norma IRAM N° 4.062/2001. En este sentido, debido a que se ha incorporado además la evaluación para actividades a realizarse fuera del predio de la Central (Componente 2), se ha incorporado un punto de medición (tomado el 23 de octubre de 2012), y se han conservado los datos anteriores dado que la Central aún se encuentra en su etapa operativa. En la Figura 39 se presenta un esquema de la ubicación de cada uno de los sitios de muestreo definidos.

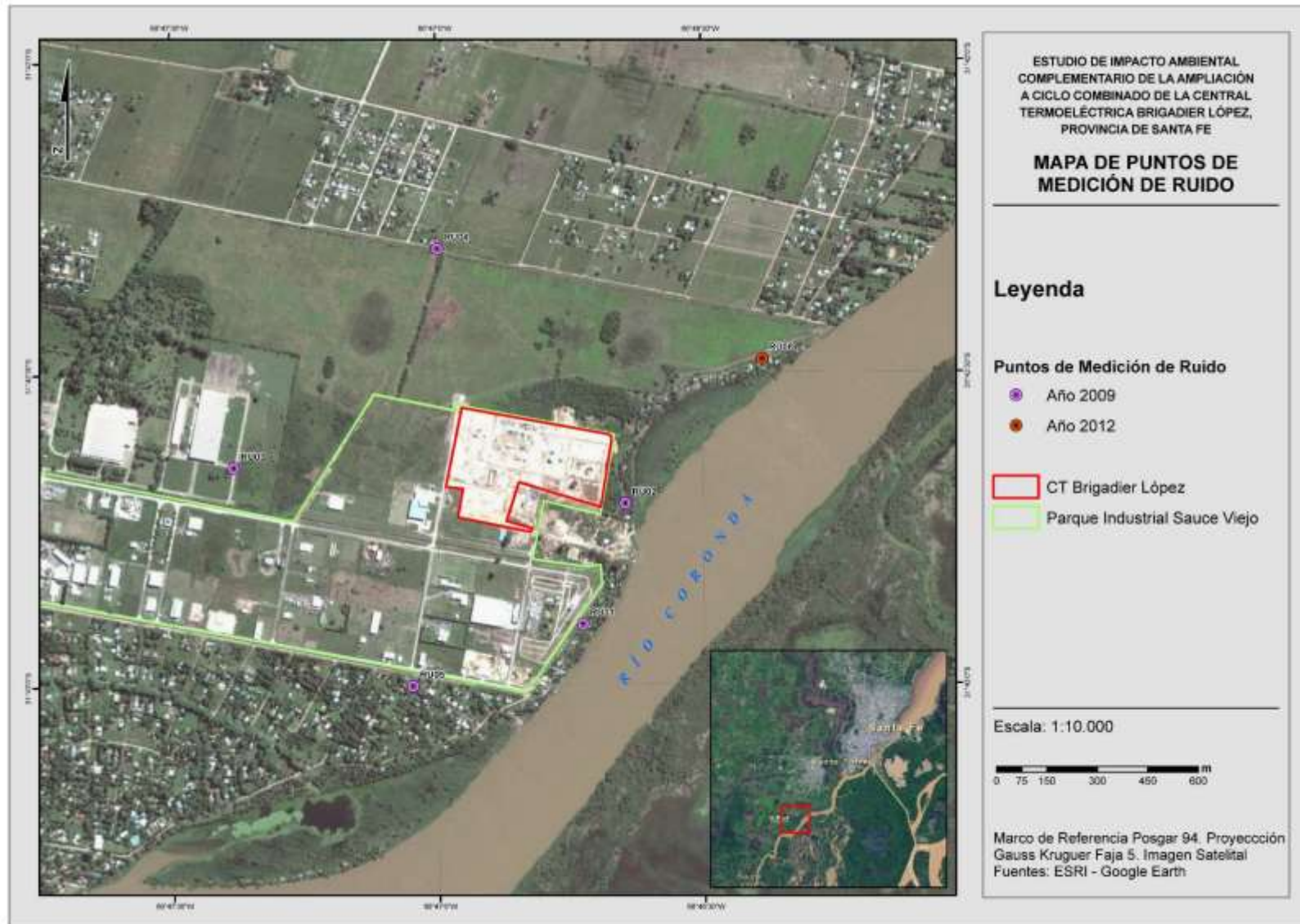


Figura 39. Esquema de la ubicación de los sitios de medición de ruido ambiente. Se indican en color violeta aquellos puntos medidos en oportunidad realización del EIA CTBL (2009)

A continuación se presenta la descripción de los puntos seleccionados y la zona en base a la metodología IRAM que representan a los efectos de la comparación con los niveles de fondo calculados. Todas las mediciones realizadas corresponden al período diurno.

La medición realizada en oportunidad de este informe fue realizada con un decibelímetro marca Hepta-Instruments modelo HDT-18852 (DT-8852) Clase 2 que cumple con la norma IEC N° 61.672-1 para medidores de nivel sonoro.

Antes de dicha medición se verificó el correcto funcionamiento del equipamiento utilizado con un calibrador acústico marca Hepta-Instruments modelo SC-05 Clase 2 que cumple con la norma IEC N° 60.942.

La medición se realizó midiendo el nivel de presión sonora compensado según la curva “A”, expresado en dB(A), medido con la respuesta S (slow/lenta) del medidor de nivel sonoro.

La duración de la medición buscó englobar un período típico de la aparición del ruido en estudio. En este sentido, y en función de lo que establece la norma IRAM N° 4062/01, para el horario de referencia diurno la medición se extendió por 60 minutos.



Figura 40. Medición de ruidos durante el período diurno

El intervalo de medición se estableció en 3 segundos.

El cálculo del nivel sonoro continuo equivalente compensado según la curva A (L_{Aeq}) se pudo determinar en forma práctica según la fórmula siguiente:

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{T} \sum_i^n t_i 10^{L_i/10}$$

Donde:

L_i : nivel sonoro, presente durante el intervalo de medición t_i , en decibeles compensados A.

$T = \sum t_i$: el tiempo total de medición, en minutos.

En base a la fórmula anterior, se calcularon los niveles de ruido expresados en L_{Aeq} para cada punto y período, definiéndose de esta forma los niveles medidos L_F , tal como se presenta a continuación:

Tabla 35. Niveles medidos según tipo de uso.

Tipo de Uso	Punto de medición relacionado	Observaciones	Nivel Medido dB(A)
Zona Tipo 1	-	No se tomaron mediciones debido a que las zonas rurales definidas en este caso no poseen receptores.	-
Zona Tipo 2	RU 01	Dado que se encontraron distintos tipos de usos dentro de dicha zona, se evaluaron cada uno de los mismos, definiéndose como Nivel medido el menor valor obtenido, a los fines de evaluar la peor afectación que podría obtenerse	50,4
	RU 02		48,5
	RU 04		47,8
	RU 05		46,5
	RU 06		51,1
Zona Tipo 4	-	Considerando la lejanía de este tipo de uso a la zona de obras, se lo incluye en el análisis pero no ha sido sujeto de medición.	-
Zona Tipo 6	RU 03	-	47,2

Tabla 36. Niveles medidos según tipo de uso.

Tipo de Uso	Punto de medición relacionado	Observaciones	Nivel Medido dB(A)
Zona Tipo 1	-	No se tomaron mediciones debido a que las zonas rurales definidas en este caso no poseen receptores.	-
Zona Tipo 2	RU 01	Dado que se encontraron distintos tipos de usos dentro de dicha zona, se evaluaron cada uno de los mismos, definiéndose como Nivel medido el menor valor obtenido, a los fines de evaluar la peor afectación que podría obtenerse	50,4
	RU 02		48,5
	RU 04		47,8
	RU 05		46,5
	RU 06		51,1
Zona Tipo 4	-	Considerando la lejanía de este tipo de uso a la zona de obras, se lo incluye en el análisis pero no ha sido sujeto de medición.	-
Zona Tipo 6	RU 03	-	47,2

4.3.3 Nivel de evaluación (L_E)

Es importante mencionar que la norma establece que cuando el ruido de fondo (L_F) no haya sido medido o cuando L_F sea mayor que el nivel calculado (L_C), se utilizará L_C para la evaluación del potencial impacto acústico de las obras sobre el vecindario, considerando para el análisis la hipótesis de trabajo más conservativa.

De esta forma, a continuación se realiza la comparación de los valores obtenidos tanto para L_F como para L_C , y la correspondiente determinación del ruido de fondo para cada punto, durante el período analizado.

Tabla 37: Niveles de L_{Aeq} para cada zona en evaluación.

Punto	Período	L_C	L_F	L_{Aeq}
Zona Tipo 1	Diurno	45,0	-	45,0
	Descanso	40,0	-	40,0
	Nocturno	35,0	-	35,0
Zona Tipo 2	Diurno	50,0	46,5	46,5
	Descanso	45,0	-	45,0
	Nocturno	40,0	-	40,0
Zona Tipo 4	Diurno	60,0	-	60,0
	Descanso	55,0	-	55,0
	Nocturno	50,0	-	50,0
Zona Tipo 6	Diurno	70,0	47,2	47,2
	Descanso	65,0	-	65,0
	Nocturno	60,0	-	60,0

El Nivel de Evaluación se determina para cada horario de medición, el mismo se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$L_E = L_{Aeq} + K$$

Siendo:

- L_E : el nivel sonoro continuo equivalente corregido por sus características tonales e impulsivas para el horario de medición, en dB compensados A;
- L_{Aeq} : el nivel sonoro continuo equivalente para el horario de referencia t_i , en dB compensados A;
- K : término de corrección por carácter tonal y/o impulsivo, en dB compensados A.

La normativa define que en caso que se perciba por lo menos un tono individual que sobresale claramente en el ruido a ser evaluado, se debe proceder a una verificación. A tal fin debe efectuar un análisis espectral del ruido por bandas de tercios de octava. Cuando en una banda, el nivel de presión sonora supera al menos en 5 dB al nivel de presión sonora en ambas bandas adyacentes, se confirma la presencia de componentes tonales del ruido. En este caso al término de corrección K se le asigna un valor de 5 dBA.

Asimismo, la normativa define que en caso que se perciban componentes impulsivos o de impactos repetitivos y/o reiterados (golpes, martillazos, etc.) en el ruido, se debe proceder a una verificación. Para ello se debe efectuar la medición del nivel máximo de ruido, la constante de tiempo "S" (lenta) y la constante de tiempo "I" (impulsiva). Cuando la diferencia entre los valores máximos de las dos mediciones mencionadas sea superior a los 5 dBA, se confirma la presencia de componentes impulsivos en el ruido y, en ese caso, al término de corrección K se le asigna un valor de 5 dBA.

Cabe destacar que el ruido a ser evaluado en el presente informe no presentaba tonos individuales que sobresalieran o componentes impulsivos, motivo por el cual no se aplica corrección (K) por carácter tonal/impulsivo, resultando entonces $L_E = L_{Aeq}$, para cada sitio y período monitoreado.

4.4 DETERMINACIÓN DE LA EMISIÓN Y CÁLCULO DE LA INMISIÓN

4.4.1 Niveles de emisión

Con la finalidad de establecer el nivel de inmisión sonora que se tendrá a partir de la ejecución de las actividades, se procede a calcular la propagación sonora desde la fuente hasta el punto receptor. Esto se realiza a partir del nivel de emisión esperable como consecuencia de la realización de los trabajos.

De esta forma, se ha diferenciado, para cada componente en evaluación, la etapa de construcción, de la de operación.

Salvo para la etapa de operación del ciclo combinado, es decir, el funcionamiento de los equipos en planta, no se han suministrado datos de emisión de ruido esperable para el resto de las etapas del proyecto, en función del tipo de trabajos a realizarse. Si se cuenta con datos de estimación de equipos a utilizarse durante el período constructivo, pero tampoco se cuenta con el cronograma de obra que pueda definir cuáles de ellos serán utilizados en simultáneo. De esta forma, los mismos fueron considerados de manera general, considerando además datos bibliográficos de maquinarias para proyectos similares, con lo cual se ha estimado el nivel de emisión de cada una de estas fuentes mediante datos obtenidos a partir de catálogos de equipos similares.

En este sentido, se considera que las fuentes no actuarán por separado, sino todas conjuntamente en el mismo sitio de obra, lo cual lógicamente incrementa el nivel de presión sonora emitido, respecto a cada máquina individualmente, la cual se irá desplazando a lo largo de cada área de trabajo, sin considerar dos frentes de trabajo simultáneo. Es decir, se consideró una única fuente de emisión puntual para cada componente que se trasladará a medida que avance la obra.

Al tratarse de una escala logarítmica, ese incremento es estimado en el presente análisis considerando la simultaneidad de trabajo mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$NPS = 10 * \log \left(10^{\frac{L1}{10}} + 10^{\frac{L2}{10}} + 10^{\frac{LN}{10}} \right)$$

Donde:

NPS: Nivel de presión sonora (o ruido);

L₁, L₂...L_N: Nivel de cada fuente en decibeles.

4.4.1.1 Etapa de construcción

Se realiza a continuación el análisis para cada componente en evaluación.

- **Componente 1 – Obra principal de cierre de ciclo**

Durante esta etapa se llevarán a cabo las actividades de obra correspondientes a la construcción / instalación de equipos dentro de la Central, inherentes al cambio a ciclo combinado y la operación del obrador. Tal como fue mencionado anteriormente, si bien se cuenta con una descripción estimativa de los equipos y maquinarias que operarán durante la etapa constructiva, pero no se cuenta con un cronograma de obra que pudiera determinar la operación de equipos en simultáneo, ni los niveles de emisión esperados, se presentan a continuación los niveles considerados en base a datos bibliográficos para obras similares. Cabe destacar que además de la operación de maquinaria, se incluye dentro del listado la operación del obrador que se encontrará dentro del predio.

Tabla 38. Maquinaria utilizada en las actividades de construcción.

Nombre de la Fuente	Potencia sonora Lw dB(A)	Cantidad
Camiones	110,3	4
Cargador Frontal	110,3	2
Motoniveladora	108,0	1
Bulldozer	110,2	1
Dumper	110,3	1
Retroexcavadora	110,6	1
Grúas	108,5	4
Operación del obrador	100,0	1

Fuente: Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) del Proyecto Central Termoeléctrica Castilla. Chile. ARCADIS Geotécnica.

Se evaluará la condición de todas las maquinas funcionando en simultáneo, en todos los puntos de la obra, es decir, a lo largo de todo el perímetro (puntos exteriores más cercanos a las zonas en evaluación). En este contexto, la evaluación será la más desfavorable, definiendo, de acuerdo a la experiencia, valores de obra aun mayores a los que se obtendrán en la realidad. De esta forma se permitirá establecer las medidas de mitigación y reducción de impactos que contengan a la situación real.

De acuerdo a lo mencionado, con relación a los datos presentados en la Tabla 38, y en base a la metodología de cálculo descrita anteriormente, se ha obtenido para la etapa de construcción de la Componente 1 un nivel de emisión de **121 dB(A)**.

Al respecto, cabe mencionar además que en base a información antecedente, el ruido generado en obradores durante la etapa de construcción de obras de similares características, en general se encuentra en el rango de entre 90 a 100 dB(A), no obstante, para el análisis se ha considerado un mayor valor de este rango debido a la incertidumbre respecto de los reales niveles sonoros que se producirán.

▪ Componente 2 – Obra de toma, conducción y descarga de agua

Para la ejecución de estas tareas no se posee la descripción de maquinarias ni de las metodologías de construcción a emplear. En este sentido, se realizará un análisis similar al de la componente anterior, pero sin considerar el obrador. En caso de que, previo al inicio de obras, se cuente con una descripción más detallada de las actividades a realizarse y que las mismas difieran significativamente del análisis realizado, se recomienda repetir este estudio. Cabe aclarar en este punto, que las actividades de obra de toma y de descarga y construcción del acueducto se llevarán a cabo por menos tiempo que aquellas a ser realizadas dentro del predio de la CTBL. Por su parte, el acueducto irá avanzando en un frente de obra a medida que vaya concluyendo sus actividades por sectores, por lo cual no presentará emisiones de ruidos a lo largo de todo el período constructivo en un mismo lugar y simultáneamente.

En este sentido, de acuerdo a lo mencionado, y a la metodología descrita, se ha definido también un nivel de emisión de **121 dB(A)**.

4.4.1.2 Etapa de operación

▪ Componente 1 – Obra principal de cierre de ciclo

Con relación a la operación a ciclo combinado, la empresa proveedora de los equipos (Siemens), definió en su propuesta que el nivel acústico promedio garantizado en el marco de emisiones de ruido, para la turbina de vapor y para la caldera de recuperación de calor y sus auxiliares sería de 85 dB (A), o menos, en un medio libre de ruido, cuando se mide en las proximidades del cerramiento acústico de la fuente de emisión del ruido, con todos los equipos trabajando en un estado estacionario a condiciones de carga base durante la operación a ciclo combinado, tanto bajo la utilización de gas natural como de combustible líquido, excluyendo operaciones de limpieza de filtro, transitorios, operación de bypass, venteos atmosféricos, arranques, paradas o cualquier otra operación fuera de lo normal y/o situaciones de emergencia, usando los procedimientos de test acústicos y los métodos de medida preparados por Siemens basados en sus procedimientos de test acústicos.

Este dato es similar al aportado por dicha Empresa al momento de proveer los equipos correspondientes a la operación en ciclo abierto (85 dB(A) de emisión a 1 m del gabinete de la turbina de gas).

Al respecto, la ampliación de la Central no supondrá la incorporación de toda una nueva unidad industrial, sino de los equipos mencionados. En este sentido, considerando las tres fuentes y la metodología definida, se ha considerado un nivel de emisión de todos los equipos operando en su conjunto de **90 dB(A)**.

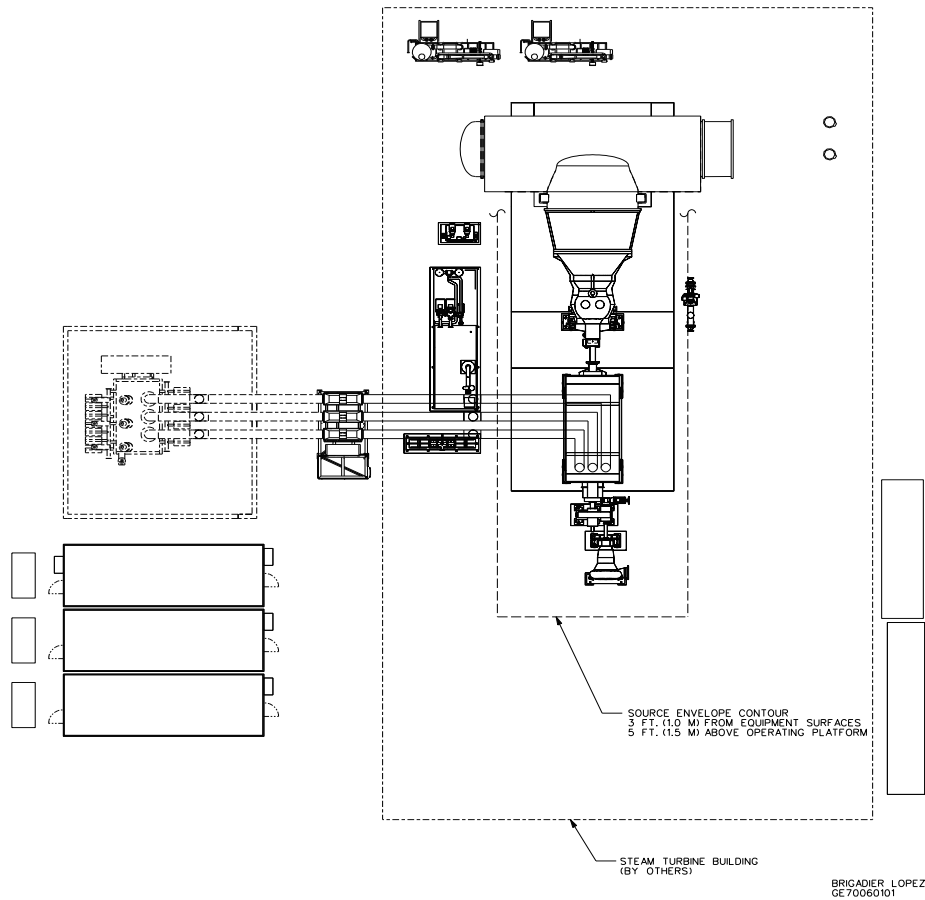


Figura 41. Indicación de los límites en el que se garantiza un nivel sonoro máximo de 85 dB(A) para la turbina de vapor.

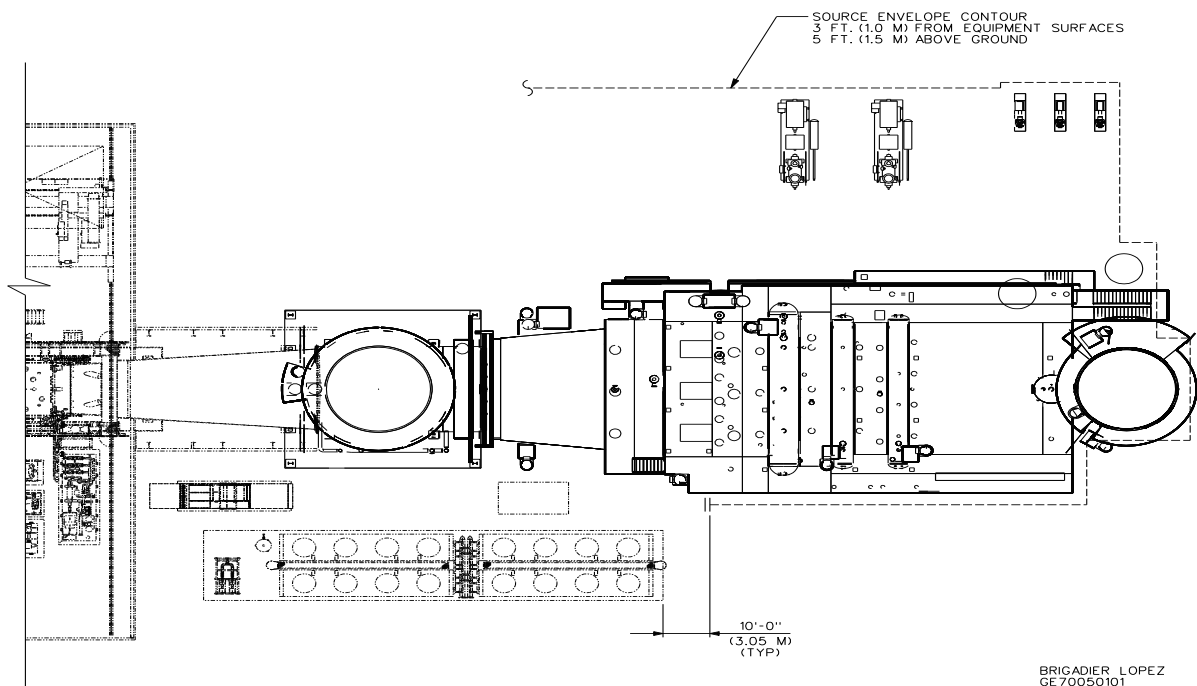


Figura 42. Indicación de los límites en el que se garantiza un nivel sonoro máximo de 85 dB(A) para la caldera de recuperación de calor.

▪ Componente 2 – Obra de toma, conducción y descarga de agua

Para la operación del acueducto y de la descarga no se considera la generación de ruidos. Sin embargo, en cuanto a la toma, operará fuera de la Central una sala de bombas mediante la cual se impulsará el agua del río Coronda hacia el interior del predio. En este sentido, se dispondrán 3 bombas para la operación del nuevo acueducto y 2 para la del acueducto existente. Si bien cada grupo de bombas poseerá una de reserva, se considerará la operación de las cinco unidades en simultáneo a los fines de encontrar la condición más desfavorable.

De acuerdo a la información obtenida por catálogos de obras similares y aplicando la metodología de cálculo mencionada, para un nivel de emisión de 80 dB(A) por bomba, se ha obtenido un nivel de emisión total de **87 dB(A)**.

4.4.2 Cálculo del nivel de inmisión

A los fines de obtener el nivel de inmisión sonora en las zonas aledañas a la ampliación a ciclo combinado de la CTBL como consecuencia de las actividades desarrolladas en la etapa de construcción de la misma, y considerando los niveles de ruido definidos en el punto 4.4.1 en la situación más desfavorable estimada, se ha calculado la propagación sonora producto de la divergencia geométrica hasta los receptores más cercanos. Para ello se utiliza la siguiente expresión (Cyril Harris, 1998) para fuentes de tipo puntual que emiten en forma radial.

$$L_p = L_w - 20 \log_{10} r - 11 - C$$

Donde L_p es el nivel de presión sonora en el punto receptor luego de producida la propagación por divergencia geométrica, L_w es el nivel de potencia sonora generada por la fuente puntual, r es la distancia desde la fuente puntual en metros y C es un término de corrección que depende de la temperatura y la presión atmosférica característicos del lugar en que se produce la propagación.

Para el cálculo de r , se definen las distancias mínimas de ubicación del potencial receptor a la línea perimetral de la zona de trabajo, donde será emitido el ruido. En este sentido, en la Tabla 39 y la Tabla 40 se presentan dichas distancias para las Componentes 1 y 2, respectivamente.

Tabla 39. Distancias mínimas al receptor más cercano para la Componente 1

Zona	Distancia mínima al receptor más cercano	Observaciones
Tipo 1	1 m	Si bien no se encuentran receptores asociados, se ha definido la distancia mínima al perímetro del predio en la cual podría encontrarse un potencial receptor
Tipo 2	45 m	-
Tipo 4	1350 m	-
Tipo 6	1 m	La industria más cercana se encuentra a 50 m, pero nuevamente se ha definido la distancia mínima al perímetro del predio en la cual podría encontrarse un potencial receptor

Tabla 40. Distancias mínimas al receptor más cercano para la Componente 2

Zona	Distancia mínima al receptor más cercano	Observaciones
Tipo 1	1 m	Si bien no se encuentran receptores asociados, se ha definido la distancia mínima al perímetro del predio en la cual podría encontrarse un potencial receptor
Tipo 2	12 m	-
Tipo 4	880 m	-
Tipo 6	215 m	-

Respecto de los datos atmosféricos para el cálculo de C , se consideran una temperatura media anual de 16 °C y una presión atmosférica media anual de 1013 hPa, a partir de estos datos surge un factor de atenuación de 0,1 dB(A).

De esta forma se presentan los niveles de inmisión obtenidos, de acuerdo a las distancias definidas de los receptores correspondientes a cada uso y componente asociada:

Tabla 41. Niveles de inmisión establecidos para cada componente, etapa y zona analizada

Componente	Etapa	Zona	L_W	r	C	L_P
Componente 1	Constructiva	Tipo 1	121	1	0,1	110
		Tipo 2		45		77
		Tipo 4		1350		47
		Tipo 6		1		110
	Operativa	Tipo 1	90	1		79
		Tipo 2		45		46
		Tipo 4		1350		16
		Tipo 6		1		79
Componente 2	Constructiva	Tipo 1	121	1	110	
		Tipo 2		12	88	
		Tipo 4		880	51	
		Tipo 6		215	63	
	Operativa	Tipo 1	87	1	76	
		Tipo 2		12	54	
		Tipo 4		880	17	
		Tipo 6		215	29	

4.5 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN

El procedimiento de calificación se basa en la diferencia entre el nivel de evaluación total L_P (nivel de inmisión) y el nivel de ruido de fondo L_E . Se considerará que el ruido es

No Molesto si: $L_P - L_E < 8$ dBA

Molesto si: $L_P - L_E \geq 8$ dBA

En este sentido, se realiza a continuación dicha evaluación para cada componente, etapa y zona definida.

• **Componente 1: Obra de cierre de ciclo combinado**

Etapas Constructivas

Tabla 42. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa de construcción para la Zona Tipo 1 – Componente 1.

	Período diurno	Período de descanso
Ruido de Fondo [dB(A)]	45,0	40,0
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	1	1
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	110	110
Nivel de Superación [dB(A)]	58	63
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	785	1397
Tipo de Ruido	MOLESTO	MOLESTO

Tabla 43. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa de construcción para la Zona Tipo 2 – Componente 1.

	Período diurno	Período de descanso
Ruido de Fondo [dB(A)]	46,5	45,0
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	45	45
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	77	77
Nivel de Superación [dB(A)]	23	25
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	661	785
Tipo de Ruido	MOLESTO	MOLESTO

Tabla 44. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa de construcción para la Zona Tipo 4 – Componente 1.

	Período diurno	Período de descanso
Ruido de Fondo [dB(A)]	60,0	55,0
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	1350	1350
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	47	47
Nivel de Superación [dB(A)]	-	-
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	140	248
Tipo de Ruido	NO MOLESTO	NO MOLESTO

Tabla 45. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa de construcción para la Zona Tipo 6 – Componente 1.

	Período diurno	Período de descanso
Ruido de Fondo [dB(A)]	47,2	65,0
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	1	1
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	110	110
Nivel de Superación [dB(A)]	56	38
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	610	79
Tipo de Ruido	MOLESTO	NO MOLESTO

Etapa Operativa

Tabla 46. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa operativa para la Zona Tipo 1 – Componente 1.

	Período diurno	Período de descanso	Período nocturno
Ruido de Fondo [dB(A)]	45,0	40,0	35,0
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	1	1	1
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	79	79	79
Nivel de Superación [dB(A)]	27	32	37
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	22	39	70
Tipo de Ruido	MOLESTO	MOLESTO	MOLESTO

Tabla 47. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa operativa para la Zona Tipo 2 – Componente 1.

	Período diurno	Período de descanso	Período nocturno
Ruido de Fondo [dB(A)]	46,5	45,0	40,0
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	45	45	45
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	46	46	46
Nivel de Superación [dB(A)]	-	-	-
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	19	22	39
Tipo de Ruido	NO MOLESTO	NO MOLESTO	NO MOLESTO

Tabla 48. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa operativa para la Zona Tipo 4 – Componente 1.

	Período diurno	Período de descanso	Período nocturno
Ruido de Fondo [dB(A)]	60,0	55,0	50,0
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	1350	1350	1350
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	16	16	16
Nivel de Superación [dB(A)]	-	-	-
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	4	7	12
Tipo de Ruido	NO MOLESTO	NO MOLESTO	NO MOLESTO

Tabla 49. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa operativa para la Zona Tipo 6 – Componente 1.

	Período diurno	Período de descanso	Período nocturno
Ruido de Fondo [dB(A)]	47,2	65,0	60,0
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	1	1	1
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	79	79	79
Nivel de Superación [dB(A)]	25	7	12
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	17	2	4
Tipo de Ruido	MOLESTO	MOLESTO	MOLESTO

- **Componente 2: Obra de toma de agua, conducción y descarga**

Etapa Constructiva

Tabla 50. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa de construcción para la Zona Tipo 1 – Componente 2.

	Período diurno	Período de descanso
Ruido de Fondo [dB(A)]	45,0	40,0
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	1	1
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	110	110
Nivel de Superación [dB(A)]	58	63
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	785	1396
Tipo de Ruido	MOLESTO	MOLESTO

Tabla 51. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa de construcción para la Zona Tipo 2 – Componente 2.

	Período diurno	Período de descanso
Ruido de Fondo [dB(A)]	46,5	45,0
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	12	12
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	88	88
Nivel de Superación [dB(A)]	35	36
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	661	785
Tipo de Ruido	MOLESTO	MOLESTO

Tabla 52. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa de construcción para la Zona Tipo 4 – Componente 2.

	Período diurno	Período de descanso
Ruido de Fondo [dB(A)]	60,0	55,0
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	880	880
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	51	51
Nivel de Superación [dB(A)]	-	-
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	140	248
Tipo de Ruido	NO MOLESTO	NO MOLESTO

Tabla 53. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa de construcción para la Zona Tipo 6 – Componente 2.

	Período diurno	Período de descanso
Ruido de Fondo [dB(A)]	47,2	65,0
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	215	215
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	63	63
Nivel de Superación [dB(A)]	9	-
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	700	79
Tipo de Ruido	MOLESTO	NO MOLESTO

Etapa Operativa

Tabla 54. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa de operación para la Zona Tipo 1 – Componente 2.

	Período diurno	Período de descanso	Período nocturno
Ruido de Fondo [dB(A)]	45,0	40,0	35,0
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	1	1	1
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	76	76	76
Nivel de Superación [dB(A)]	24	29	34
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	16	28	50
Tipo de Ruido	MOLESTO	MOLESTO	MOLESTO

Tabla 55. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa de operación para la Zona Tipo 2 – Componente 2.

	Período diurno	Período de descanso	Período nocturno
Ruido de Fondo [dB(A)]	46,5	45,0	40,0
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	12	12	12
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	54	54	54
Nivel de Superación [dB(A)]	1	2	7
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	13	16	28
Tipo de Ruido	MOLESTO	MOLESTO	MOLESTO

Tabla 56. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa de operación para la Zona Tipo 4 – Componente 2.

	Período diurno	Período de descanso	Período nocturno
Ruido de Fondo [dB(A)]	60,0	55,0	50,0
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	880	880	880
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	17	17	17
Nivel de Superación [dB(A)]	-	-	-
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	3	5	9
Tipo de Ruido	NO MOLESTO	NO MOLESTO	NO MOLESTO

Tabla 57. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa de operación para la Zona Tipo 6 – Componente 2.

	Período diurno	Período de descanso	Período nocturno
Ruido de Fondo [dB(A)]	47,2	65,0	60,0
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	215	215	215
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	29	29	29
Nivel de Superación [dB(A)]	-	-	-
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	12	1	3
Tipo de Ruido	NO MOLESTO	NO MOLESTO	NO MOLESTO

4.6 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Para el desarrollo del presente estudio se consideraron las actividades relacionadas a la ampliación a ciclo combinado de la CTBL, que tienen asociadas un potencial impacto acústico sobre la población, para lo cual fue aplicada la metodología establecida por la Norma N° IRAM 4.062/01. Al respecto el estudio se dividió en su análisis en dos componentes (obra de cierre de ciclo y obra de toma de agua, conducción y descarga), debido a las diferencias en las actividades a realizar.

Para cada una de las mismas se identificaron las zonas sobre las que influirán dichas actividades, las distancias a las cuales se encontrarán los receptores más cercanos de cada una de éstas, y los períodos de trabajo. Con dichas premisas fue posible asignar un ruido característico de fondo (L_C) a cada uno de los puntos seleccionados, el cual fue comparado con las correspondientes mediciones realizadas para los mismos.

Luego, se procedió al análisis por etapa. En cuanto a la Componente 1, para la etapa constructiva fue considerada la utilización de maquinaria y la operación de un obrador dentro del predio. Respecto a la etapa operativa, se consideraron los valores de emisiones aportados por el proveedor de los equipos. De esta forma, dentro de los límites establecidos por el mismo, se registrará un incremento del ruido de la operación que anteriormente había sido calculado considerando solamente la operación de la turbina de gas. Asimismo, debe considerarse que probablemente aumenten los episodios de ruidos eventuales, como posibles mantenimientos en el sentido de la incorporación de nueva maquinaria.

Para la Componente 2, el análisis de la etapa constructiva incluyó la operación de maquinaria sin la instalación de un obrador, considerando que el mismo que se incluya dentro del predio proveerá a ambas componentes. En cuanto a la etapa operativa, se consideró la operación de todas las bombas de alimentación en su conjunto, con el fin de definir la situación más desfavorable de generación de ruidos al ambiente.

De esta forma, se estimaron los niveles de emisión y posteriormente los de inmisión, estableciendo que la maquinaria que operará para la realización de cada actividad, lo hará de manera simultánea en cada uno de los puntos de cada zona de obra. Cabe destacarse que estas distancias fueron consideradas en función de contemplar la atenuación por divergencia geométrica que sufre el nivel de emisión al recorrer un determinado trayecto.

Finalmente se aplicó la metodología de evaluación que propone la norma con el objeto de determinar para cada fuente y cada zona considerada si el ruido puede ser considerado molesto o no molesto, comparando el nivel de ruido de fondo con el nivel de inmisión calculado. De los resultados obtenidos se puede determinar lo siguiente:

Componente 1: Obra de cierre de ciclo

Según los resultados obtenidos, para la etapa constructiva, el ruido será considerado *Molesto* para las Zonas Tipo 1 y Tipo 2, en ambos períodos evaluados, y para la Zona Tipo 6, para el período diurno. Las distancias a las cuales el ruido comenzará a ser No Molesto se han definido en 785 y 1397 m, para la Zona Tipo 1 y 661 y 785 m, para la Zona Tipo 2, para los períodos diurno y descanso, respectivamente, y 610 m para la Zona Tipo 6, en período diurno. En cuanto a la Zona Tipo 4 en ambos casos evaluados, y al período de descanso de la Zona Tipo 6, el ruido tendrá carácter de *No Molesto*.

En cuanto a la etapa operativa, el ruido será considerado *Molesto* en los tres períodos evaluados para la Zona Tipo 1 y Zona Tipo 6, modificándose dicho carácter a los 22, 39 y 70 m, para la Zona Tipo 1, y a los 17, 2 y 4 m, durante los períodos diurno, descanso y nocturno, respectivamente. Para las Zonas Tipo 2 y Tipo 4, el ruido será *No Molesto*, en todos los casos evaluados.

Componente 2: Obra de toma de agua, conducción y descarga

Los resultados obtenidos para la etapa constructiva, presentaron un ruido de carácter Molesto, para las Zonas Tipo 1 y Tipo 2, en ambos períodos evaluados. Las distancias a las cuales el ruido dejará dicha condición serán respectivamente, y para los períodos diurno y descanso, de 785 y 1396 m, y de 661 y 785 m. Las Zonas Tipo 4 y Tipo 6, presentarán, en todos los casos, ruidos *No Molestos*.

Lo mismo sucederá para la etapa operativa, difiriendo únicamente en las distancias a las cuales el ruido dejará de ser considerado molesto. En este sentido, para la Zona Tipo 1, las mismas estuvieron dadas a los 16, 28 y 50 m, y para la Zona Tipo 2, a los 13, 16 y 28 m, respectivamente para los períodos diurno, descanso y nocturno.

Como se mencionó previamente, al carecer de información precisa sobre el ruido que será generado por la obra, se consideró información bibliográfica, y el funcionamiento en conjunto de los equipos que serán utilizados en la obra (evaluando de este modo la peor situación). Lo mismo sucedió para la etapa operativa de la obra de toma de agua, conducción y descarga.

En este punto, vale recordar que las distancias definidas para las Zonas Tipo 1 y Tipo 6, fueron las mínimas, encontrándose por ejemplo la industria más cercana a aproximadamente 50 m de distancia del perímetro de obra.

En este sentido, como recomendaciones generales se propone la implementación de un plan de monitoreo de ruidos y de medidas tendientes a la minimización de las emisiones de ruido, así como a la instalación de protecciones y determinación de horarios de trabajo, de forma tal de no alterar los períodos de descanso de la población.

Dicho plan de monitoreo, permitirá una evaluación real del impacto producido durante la ejecución de las tareas analizadas, sin contemplar aquellos aspectos conservativos asociados a las consideraciones mencionadas y a la metodología de evaluación aplicada.

5 BIBLIOGRAFÍA

BEST, P. R., LONNY K. E. AND FILLIP C.A. (2000). Averaging time correction for estimating extreme air quality statistics. 15th international Clean Air Conference, Sydney, Australia.

CIMORELLI A. J., PERRY S. G., LEE R. F., PAINE R. J., VENKATRAM A., WEIL J. C. AND WILSON. (1996). Current progress in the AERMIC model development program. Preprint, 89th Annual Meeting Air and Waste Management Association. Pittsburgh, Air and Waste Management Association, 1-27.

CIMORELLI A. J., PERRY S. G., VENKATRAM A., WEIL J. C., PAINE R. J. WILSON R. B., LEE R. F. AND PETERS W. D. (2003). AERMOD: Description of Model Formulations. U. S. Environmental Protection Agency, EPA Rep. 454/R-03-002d. Research Triangle Park, NC., 85pp.

HEINERIKSON A.J., GOODMAN A. C., HARRISON D. AND PHAM M. (2007). Modeling Fugitive Dust Sources. National Stone, Sand & Gravel Association. Washington, DC. 20090-2281.

HINO, M. (1968). Maximum ground level concentration and sampling time. Atmospheric Environment, Vol.2, 149-165.

HÖGSTROM, U. (1972). A method for predicting odour frequencies from a point source. Atmospheric Environment, Vol 6, 106-121.

LARSEN, R.I. (1969). A new mathematical model of fair pollutant concentration averaging time and frequency. J. of the Air Pollution Control Association, Vol.19, 1, 24-30.

LARSEN, R.I. (1971). A mathematical model for relating air quality measurements to air quality standards. U.S. Environmental Protection Agency, Pub. AP-89. Research Triangle Park, N.C.

LARSEN, R.I. AND HECK, W.W. (1985). An Air Quality Data Analysis System for Interrelating Effects, Standards, and Needed Source Reductions: Part 9. Calculating Effective Ambient Air Quality Parameters. J. of the Air Pollution Control Association, Vol.35, 12, 1274-1279.

LARSEN, R.I., ZIMMER, C.E., LYNN, D.A. AND BLEMEL, K.G. (1967). Analyzing Air Pollutant Concentration and Dosage Data. J. of the Air Pollution Control Association, Vol.17, 2, 85-93.

MULESKI G. E. (1985). Coal yard wind erosion measurement. Midwest Research Institute. Kansas City. MO.

PERRY S. G., CIMORELLI A. J., LEE R. F., PAINE R. J. VENKATRAM A., WEIL J. C. AND WILSON R. B. (1994). AERMOD: A dispersion model for industrial source applications. In Proceedings 87th Annual Meeting Air and Waste Management Association. Pittsburgh, 94-TA23.04. Air and Waste Management Association, Pittsburgh, PA.

SCHULMAN I. I., STRIMAITIS D. G. AND SCIRE J. S. (2000). Development and evaluation of the PRIME plume rise and building downwash model. J. Air Waste Manage Assoc. 50, 378-390.

SNYDER W. H., THOMPSON R. S., ESKRIDGE R. E., LAWSON R. E, CASTRO I. P., J. T. LEE, HUNT J. C. R. AND OGAWA Y. (1985). The structure of the strongly stratified flow over hills: Dividing streamline concept. J. Fluid Mech, 152, 249-288.

TURNER D. B. AND SCHULZE R. H. (2007). Practical Guide to Atmospheric Dispersion Modeling. Air & Waste Management Association-Trinity Consultants, Inc.

US.EPA. (1992). Volatile Organic Compound (VOC)/Particle Matter (PM) Data System. Version 1.5. EPA-450/4-91-027.

US.EPA. (1995): User instructions. User's Guide for Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models (revised), U. S. Environmental Protection Agency Rep. EPA-454/b-95-003a, 390pp.

US.EPA. (2006). Compilation of Air Pollutant Emission Factors. AP-42. Office of Air Quality Planning and Standards: Research Triangle Park, NC.

WEIL J. C. (1996). A new dispersion algorithm for stack sources in building wakes. Ninth Joint Conference on Applications of Air Pollution Meteorology with AWMA. Atlanta. GA. Paper 6.6.

ZHANG X. AND GHONIEM A. F. (1993). A computation and model for the rise and dispersion of wind-blown, buoyancy-driven plumes-I. Neutrally stratified atmosphere. Atmospheric Environment, Vol. 15, 2295-2311.