

Anexo 5.10

Ampliación de Estudio de Línea Base de Biodiversidad



ERM-MÉXICO, S.A. DE C.V.
MAZATLÁN 96 COL CONDESA,
MÉXICO, D. F. MÉXICO 06140
(52 55) 50002500

FAMILIA GEOMYIDAE				
<i>Orthogeomys hispidus</i>	Tuza	E	R,E	LC
FAMILIA MURIDAE				
SUBFAMILIA SIGMODONTINAE				
<i>Oligoryzomys fulvescens</i>	Ratón	E	C	LC
<i>Sigmodon hispidus</i>	Rata	E	C	LC

Anexo 5.10
Ampliación de Estudio de Línea Base de
Biodiversidad
Trabajos de Septiembre 2011



ERM-MÉXICO, S.A. DE C.V.
MAZATLÁN 96 COL CONDESA,
MÉXICO, D. F. MÉXICO 06140
(52 55) 50002500

Distribución de *Ceratozamia miqueliana* Wendl. en el Sistema Ambiental Regional delimitado para el Predio Braskem, en los municipios de Nanchital y Coatzacoalcos, estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.

Jaime Ernesto Rivera Hernández, Saúl Germán Segura Burciaga, Noé Flores-Hernández, Graciela Alcántara Salinas, Diego Almaraz Vidal, Luz del Carmen Navarro Pérez, Amparo y Maritza Peña Mendoza.

1. Introducción

La distribución actual e histórica de *Ceratozamia miqueliana* va desde la región de los Tuxtlas, hasta el este de Tabasco y el norte de Chiapas, con una extensión en línea recta de 267 km. Las poblaciones conocidas por la ciencia hasta el día de hoy son escasas, con apenas 12 localidades muy dispersas en toda esta área. Si a esto, le sumamos el hecho que la literatura menciona que las poblaciones conocidas son muy pequeñas y con escasa regeneración, además de que Whitelock (2002) menciona la posibilidad de que al menos las poblaciones disyuntas de Veracruz y el norte de Chiapas podrían ser especies diferentes, por lo que, en relación a la especie estudiada de interés estaría entonces su distribución reducida al estado de Veracruz.

No obstante lo anterior, si consideramos el actual hallazgo en Nanchital, con una población sobreviviendo en una selva mediana subperennifolia perturbada, que se encuentra en parches, muy fragmentada, y que a pesar de estas condiciones, es una población grande, sana, en reproducción y crecimiento, aunado al hecho de que también se reporta del Parque Jaguaroundi (Vovides et al., 2009), nos hace pensar en la posibilidad de que existan más poblaciones en otros manchones con estas mismas condiciones y además, en otros manchones, más grandes y con mejores condiciones, que se encuentran cercanos a este predio y en medio de las otras localidades conocidas de esta especie.

2. Antecedentes

Esta especie fue inicialmente descrita por Wendland (1854) y posteriormente fue Pérez-Farrera (2005) y Pérez-Farrera et al. (2009) quienes han centrado su atención en este complejo de cinco especies que están cercanamente relacionadas y comparten características similares entre sí, como son *C. miqueliana*, *C. euryphyllidia*, *C. zoquorum*, *C. becerrae* y *C. santillanii*, todas con distribución en el sureste de México (Pérez-Farrera et al., 2009), específicamente en lo que se conoce como el arco de Wendt, el cual se localiza en la parte más sureña de Veracruz, sur de Tabasco y norte de Chiapas. Esta región se considera como un refugio florístico del Pleistoceno (Wendt, 1989). Esta área es rica en endemismos e incluye otros refugios del Pleistoceno propuestos por Toledo (1982). Estos refugios han sido postulados como el probable centro de origen del género *Ceratozamia* (González y Vovides, 2002). Aun faltan estudios puntuales sobre

la historia, distribución actual e histórica, así como la caracterización de su hábitat y los requerimientos ambientales que presenta esta especie para su sobrevivencia.

3. Metodología

Se partió de una propuesta inicial de ocho sitios diferentes donde potencialmente podrían encontrarse individuos de *Ceratozamia miqueliana* Wendl. (**Figura 1**), se realizó una campaña de trabajo de campo con una duración de nueve días, durante los cuales se asignó un horario de búsqueda de 9 de la mañana a 6 de la tarde, en donde se visitaron seis de los ocho sitios propuestos originalmente. Los dos sitios que no se visitaron fue debido a que no se pudo obtuvo el permiso de acceso a éstos. Sin embargo, se visitaron dos sitios adicionales a los originalmente propuestos (**Figura 2**). Se invirtieron siete días efectivos de búsqueda, con siete horas cada día, lo cual nos dio un total de 49 horas de búsqueda, con dos equipos de tres personas cada equipo.

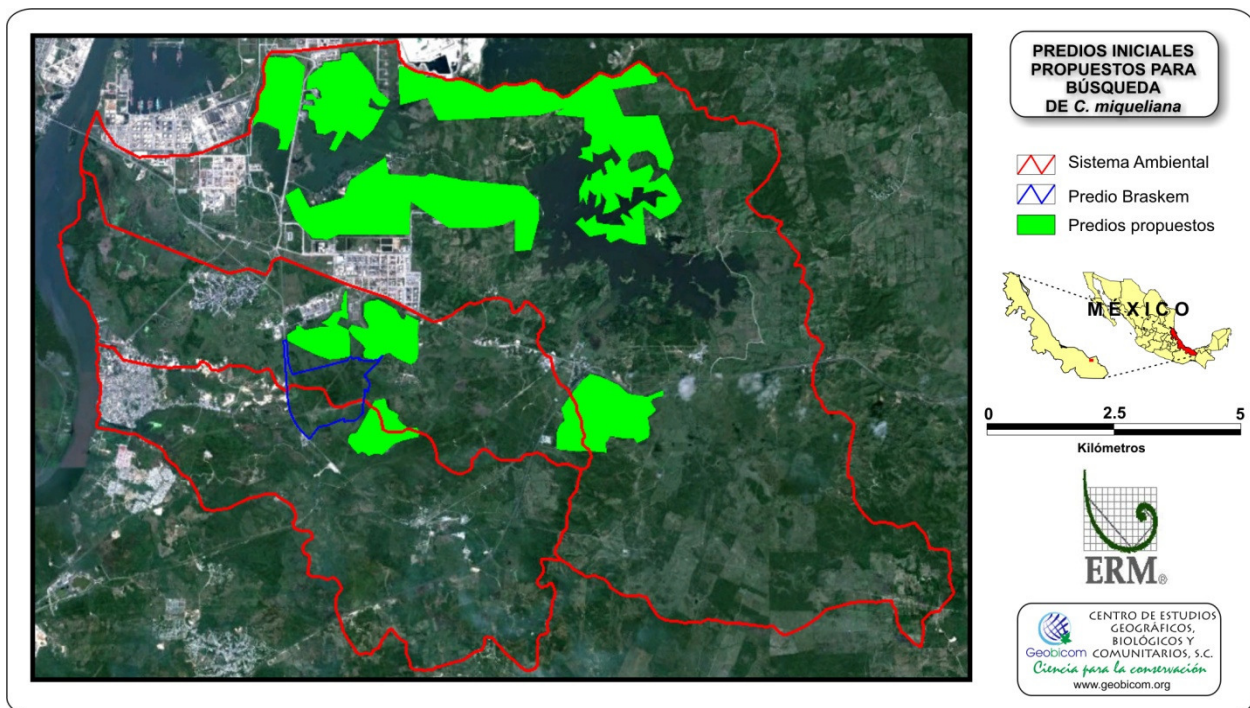


Figura 1. Predios propuestos inicialmente para búsqueda de *C. miqueliana*.

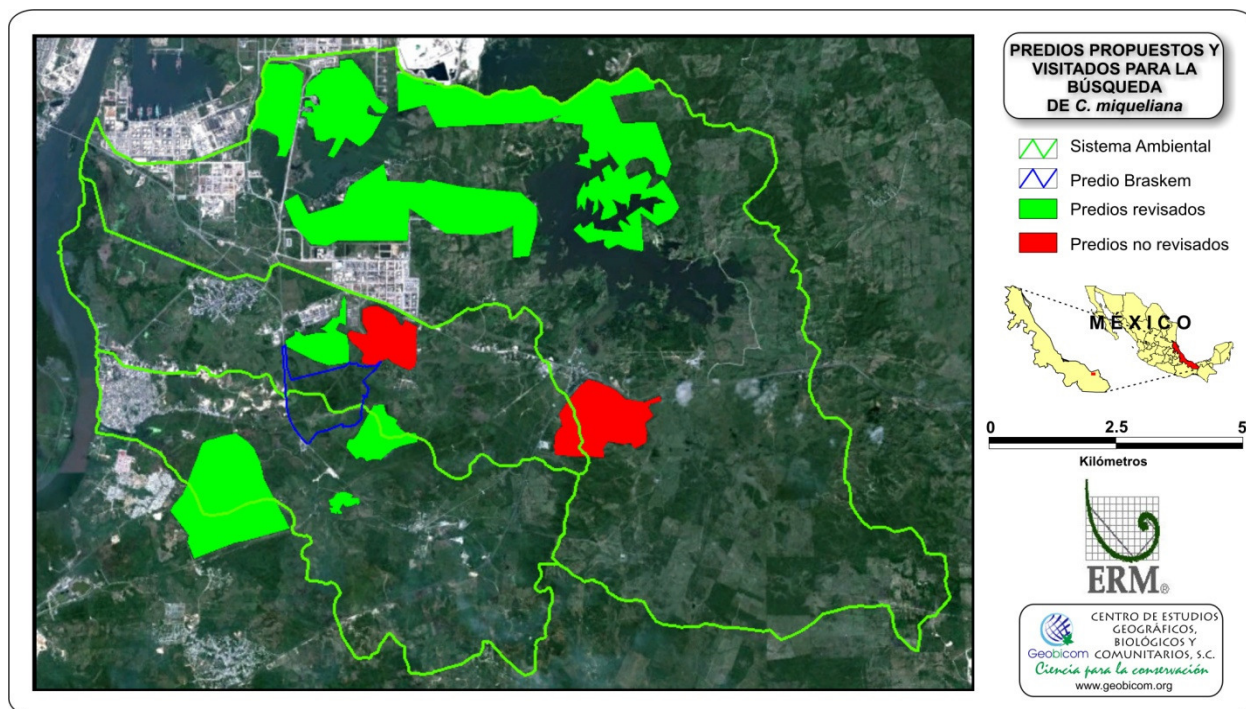


Figura 2. Predios revisados y no revisados en la búsqueda de *C. miqueliana*.

4. Resultados

Como resultado de la búsqueda realizada, se localizaron poblaciones de *Ceratozamia miqueliana*, de acuerdo a como se resume a continuación en la **tabla 1**:

Tabla 1. Resumen de las poblaciones e individuos localizados.

Predio	Número de individuos registrados	Número de poblaciones
Parque Ecológico Jaguaroundi	1333	55
Rincón Grande	7	5
Reserva 100 ha Celanese	7	3
Rancho el 34	32	2
Complejos (2 predios)	0	0
Rancho Los Cocos	0	0
Predio Marlboro	0	0
TOTAL	1379	65

A continuación, en la tabla 2 se presenta en detalle el número de poblaciones, individuos adultos, juveniles y plántulas, así como también el número de individuos reproductivos observados y la ubicación geográfica de cada población registrada.

Tabla 2. Número de individuos adultos, juveniles, plántulas, individuos reproductivos y localización geográfica de cada población por localidad registrada.

Parque Ecológico Jaguaroundi						
Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
1	1	0	0	0	18°6.225	94°19.858
2	1	0	20	0	18°6.229	94°19.858
3	1	0	25	0	18°6.238	94°19.845
4	1	0	0	0	18°6.241	94°19.845
5	6	0	6	0	18°6.242	94°19.850
6	3	4	12	0	18°6.236	94°19.852
7	1	0	0	0	18°6.232	94°19.860
8	3	0	0	0	18°6.234	94°19.860
9	2	0	0	0	18°6.219	94°19.870
10	1	0	0	0	18°6.150	94°20.261
11	2	0	0	0	18°6.131	94°20.254
12	3	0	40	0	18°6.100	94°20.248
13	4	0	40	0	18°6.093	94°20.264
14	3	0	2	0	18°6.093	94°20.264
15	4	0	0	0	18°6.223	94°19.872
16	10	1	0	0	18°6.149	94°19.861
17	1	0	0	0	18°6.221	94°19.871
18	1	0	0	0	18°6.161	94°20.254
19	4	0	0	0	18°6.156	94°20.214
20	3	2	0	0	18°6.131	94°20.246
21	1	0	73	0	18°6.098	94°20.256
22	4	1	0	0	18°6.098	94°20.255
23	1	0	0	0	18°6.213	94°20.228
24	6	2	0	0	18°6.432	94°21.264
25	18	2	0	0	18°6.399	94°21.306
26	1	0	25	0	18°6.412	94°21.523
27	1	0	0	0	18°6.403	94°21.548
28	13	0	68	1	18°6.405	94°21.577
29	31	0	103	1	18°6.397	94°21.595
30	1	0	0	0	18°6.346	94°21.585
31	4	0	23	0	18°6.339	94°21.573
32	8	0	0	0	18°6.281	94°21.469
33	3	0	0	0	18°6.277	94°21.441
34	4	0	25	0	18°6.297	94°21.422
35	3	0	0	0	18°6.331	94°21.414
36	10	0	0	0	18°6.350	94°21.419
37	1	0	25	0	18°6.396	94°21.500
38	1	0	0	0	18°6.422	94°21.503
39	3	8	6	0	18°6.415	94°21.590

Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
40	3	7	76	0	18°6.402	94°21.601
41	5	0	65	0	18°6.401	94°21.604
42	31	0	92	0	18°6.393	94°21.604
43	1	0	45	0	18°6.392	94°21.631
44	1	1	20	0	18°6.376	94°21.617
45	1	0	0	0	18°6.367	94°21.639
46	1	0	0	1	18°6.380	94°21.664
47	15	0	125	0	18°6.380	94°21.673
48	10	0	19	0	18°6.371	94°21.703
49	2	0	0	0	18°6.378	94°21.698
50	21	0	101	2	18°6.384	94°21.706
51	1	0	0	0	18°6.326	94°21.702
52	1	0	0	0	18°6.310	94°21.671
53	4	0	0	0	18°6.311	94°21.649
54	1	0	0	0	18°6.295	94°21.614
55	2	0	0	0	18°6.307	94°21.595
TOTAL	269	28	1036	5		

Predio Rincón Grande

Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
1	1	0	0	0	18°7.749	94°18.585
2	1	0	0	0	18°7.664	94°18.484
3	1	1	0	0	18°7.654	94°18.482
4	2	0	0	0	18°7.654	94°18.447
5	1	0	0	0	18°7.755	94°18.596
	6	1	0	0		

Reserva 100 ha Celanese

Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
1	2	0	0	0	18° 5.067	94°22.044
2	4	0	0	1	18° 5.091	94° 21.999
3	1	0	0	0	18° 5.164	94° 21.953
	7	0	0	1		

Rancho el 34

Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
1	1	0	30	1	18° 3.015	94° 23.300
2	1	0	0	0	18° 3.656	94° 23.406
	2	0	30	1		

En la siguiente figura (**Figura 3**) se observa la localización de las poblaciones encontradas en los diferentes predios visitados.

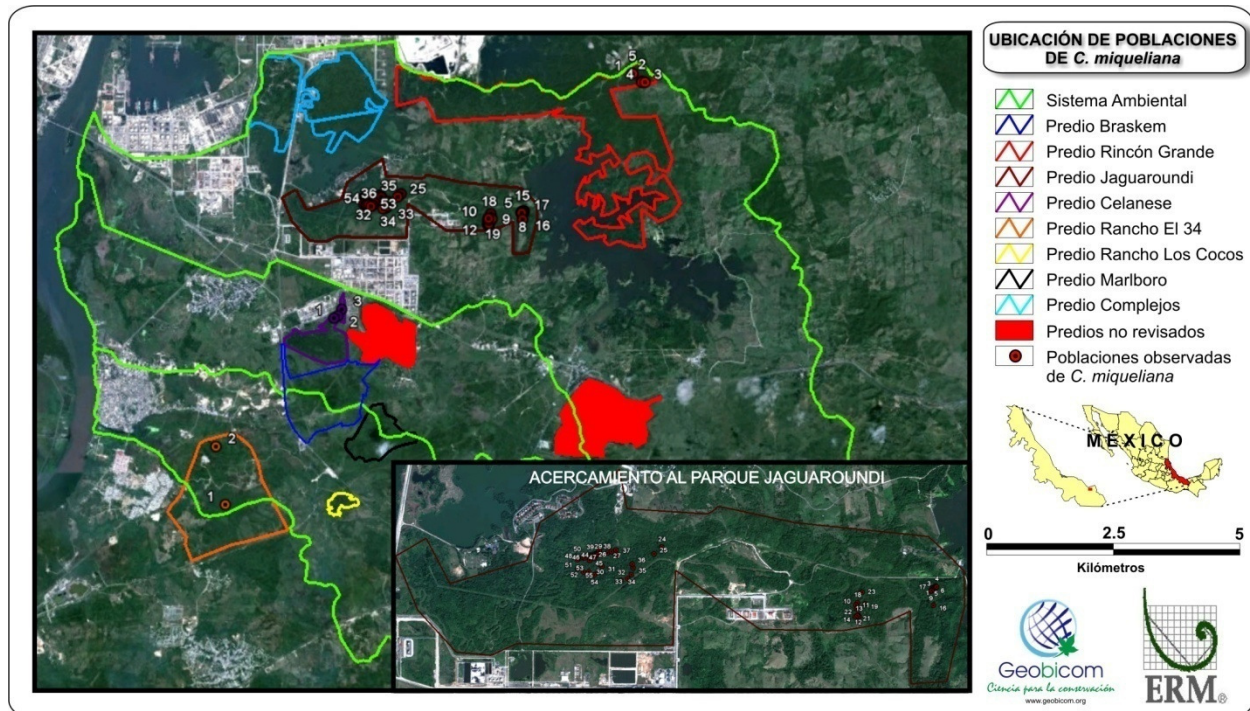
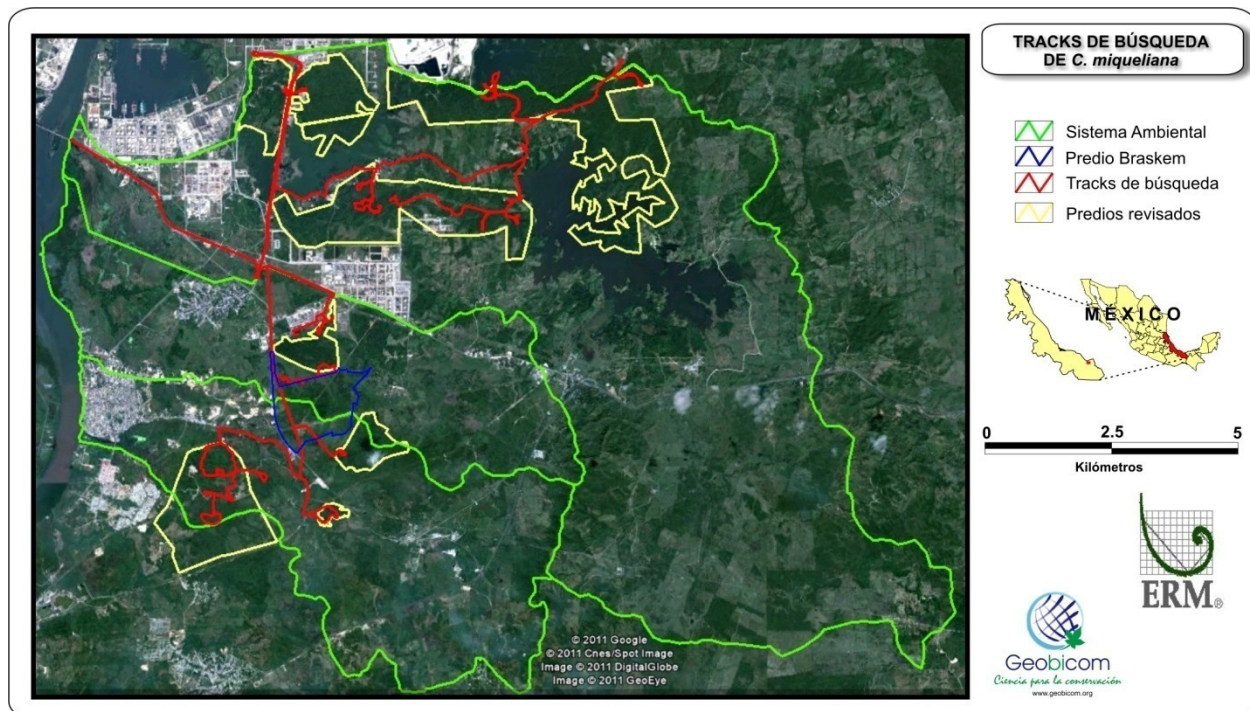


Figura 3. Localización de las poblaciones encontradas en el Sistema Ambiental.

De la misma manera, en la siguiente figura (**Figura 4**) se muestra el track de búsqueda total realizado en el Sistema Ambiental.



Estimación de individuos

En base a la distribución que se presenta en el Parque Jaguaroundi que es una zona altamente conservada y que no ha sufrido deforestación, se realizó una cuadrícula de 1 km² en sus dos principales distribuciones (Goldsmith & Harrison, 1976), por lo que en el primer cuadrado se ubicaron 1046 individuos y en el segundo 287. Posteriormente, se procedió a realizar un promedio de estos dos cuadrados de 1 km², por lo que se calcula la presencia de 800 individuos (conformado por adultos, juveniles y plántulas) por Km².

Esta estimación de 800 individuos por km² en la zona de estudio solo puede extrapolarse a otras áreas bajo los siguientes supuestos:

- 1.- Que sean áreas conservadas que nunca hayan sufrido perturbación humana, y
- 2.- Que los tipos de suelo estén conformados con una alta proporción de arcillas y muy pocas arenas.

5. Conclusiones y Recomendaciones

Es evidente que la zona de Coatzacoalcos ha sufrido cambios importantes en la vegetación a lo largo de su historia geológica. Esta afirmación se basa al observar que se trata de un área de tierras bajas y muy cercana a la costa, lo cual le ha ocasionado el sufrir a lo largo del tiempo de los frecuentes cambios en el nivel del mar, por lo que esta área ha estado sumergida en diferentes momentos históricos climatológicos, lo cual se puede constatar al observar la presencia de numerosas lagunas salobres, así como evidencias fósiles en las rocas de la zona (presencia de bivalvos y otros elementos marinos) y características en la composición de los suelos que sugieren también este hecho. Más aún, actualmente toda la zona presenta un sinnúmero de zonas inundables, y en general toda la región presenta un mal drenaje (Toledo, 1982). De esta manera, la región de Coatzacoalcos, a raíz de estos cambios en sus condiciones ambientales, ha presentado a lo largo del tiempo, diferentes coberturas vegetales, con diferencias importantes en su composición florística. Aunque actualmente la zona está cubierta por una vegetación tropical húmeda, principalmente representada por Selva Altas y medianas perennifolias, existe también la presencia de algunas especies de climas templados, tales como *Quercus oleoides*, *Q. glaucescens* y *Podocarpus guatemalensis*, entre otras, lo que sugiere que en períodos anteriores, la zona estuvo dominada por vegetación de climas más frescos o templados. Por otra parte, Wendt (1989) considera a una región adyacente a Coatzacoalcos, denominada el área de alta precipitación de Uxpanapa o “área del arco”, ubicada en la parte más sureña de Veracruz, sur de Tabasco y norte de Chiapas, como un importante centro de endemismos y de poblaciones disyuntas, debido principalmente a que históricamente ha funcionado como un refugio para especies de vegetación cálido-húmeda durante períodos

adversos del Pleistoceno y probablemente durante épocas anteriores y durante varios períodos distintos. Todas estas afirmaciones, hipótesis y teorías, permiten visualizar la historia de la especie de interés, *Ceratozamia miqueliana*, la cual, al parecer ha estado presente en esta región desde hace ya mucho tiempo y ha sobrevivido a los grandes cambios climáticos mencionados. Probablemente, la distribución de esta especie en otros tiempos fue más amplia, pero debido a los diferentes eventos climáticos y geológicos, sus poblaciones quedaron separadas, provocando de esta manera un proceso de especiación, separando esta especie en varias. Esta hipótesis se ve apoyada en el hecho de que actualmente los especialistas en sistemática consideran a *C. miqueliana* dentro de un complejo de cinco especies, al cual denominan Complejo *Ceratozamia miqueliana*, proponiendo a esta especie como la más antigua de la cual se derivan las demás. Todas estas especies tienen su distribución en la región y sus cercanías, dentro de los estados de Veracruz, Tabasco y Chiapas, y las cuales, mencionan, están muy emparentadas entre sí, con características muy similares entre ellas (Pérez-Farrera, 2005; Pérez-Farrera et al., 2009; Vovides et al., 2010). De esta manera, se puede pensar que la especie considerada como *Ceratozamia miqueliana* ha quedado reservada en su distribución para la zona de Coatzacoalcos y partes adyacentes de Tabasco y Chiapas, al parecer bien adaptada al bosque tropical perennifolio que domina esta región y bien representada en toda esta zona. Sin embargo, la deforestación y la consiguiente pérdida de hábitat que sufre toda la región, debido principalmente a las actividades antrópicas de agricultura e industrial, han reducido drásticamente su área de distribución, pues los resultados observados en el presente estudio, indican que la población es abundante localmente en sitios con buen estado de conservación de la vegetación, principalmente donde la vegetación no ha sido modificada desde hace más de 10 años, quedando elementos aislados en sitios donde el hábitat se ha modificado. En el área donde existen zonas selváticas en recuperación, en estos lugares no se encontraron poblaciones importantes de la cícada, observando solo individuos aislados.

Otra característica observada, que bien valdría la pena ahondar en su estudio, es que la presencia de *C. miqueliana* en la región está restringida a lomeríos o cimas de lomas, con características edafológicas arcillosas, no encontrando ningún individuo en tierras bajas con acumulación de arenas presentes en la cota, entre los 20-30 msnm, lo cual sugiere que las inundaciones frecuentes (geológicamente hablando) han sido las causantes de la transformación de los tipos de suelo y por ende modificaron las condiciones donde seguramente se presentaban poblaciones de *Ceratozamia*. Los eventos de inundación en la región puede remontarse desde el tsunami generado por el impacto del meteorito Chicxulub hace 65 millones de años (Smit, 1996; Schulte, 2010), y los posteriores eventos de cambio del nivel del mar causado por las glaciaciones y deshielos históricos. Todos estos elementos refuerzan la teoría de una desaparición de poblaciones a nivel regional y una diversificación local del Complejo *Ceratozamia miqueliana*.

Según las observaciones de campo, la especie se encuentra protegida y bien representada en el Parque Ecológico Jaguaroundi, con un buen número de individuos de todas las edades y con algunos de ellos en estado reproductivo. Para asegurar la viabilidad de la especie, se propone llevar a cabo acciones de promoción de conservación de la especie mediante el apoyo en el repoblamiento de esta especie en acahuales viejos (selvas en recuperación), con el fin de promover y ayudar a la colonización de esta especie en nuevas áreas.

En la zona del monitoreo, también se encuentra presente la *Zamia loddigesii*, que se trata de una especie más generalista en cuanto a sus requerimientos ecológicos, así como también presenta importantes adaptaciones a las perturbaciones y eventos como incendios e inundaciones, pues se encuentra bien distribuida y representada en toda el área de estudio, en prácticamente todas las condiciones existentes, según lo que observamos durante el trabajo de campo de este estudio.

Otra especie de cícada presente en la zona según el muestreo realizado es *Zamia furfuracea*, dicha especie, hace unas cuantas decenas de años, era común encontrarla en la zona costera, los médanos y acantilados, yendo tierra adentro en los palmares, sin embargo, la sobreexplotación como planta de ornato, en los años '70 y 80s, donde se llegó a exportar hasta 40 toneladas por mes a los Estados Unidos, provocó que se redujeran drásticamente sus poblaciones en toda su área de distribución, desapareciendo prácticamente en la región de Coatzacoalcos (Vovides, com. pers.), aunado a la pérdida de hábitat por la construcción de los complejos petroleros. En el presente estudio, encontramos un individuo dentro del complejo Celanese, en su reserva ecológica, que significa un registro histórico como remanente y prueba de la otra común especie en estas zonas.

6. Literatura citada y consultada

- Goldsmith, F.B. & Harrison C.M. 1976. Description and analysis of vegetation. In: Chapman S.B. (Ed.) **Methods in Plant Ecology**. Blackwell Sci. Pub. London. C.3., pp 57-98
- González, D. y A.P. Vovides. 2002. Low intralinage divergence in *Ceratozamia* (Zamiaceae) detected with nuclear ribosomal DNA ITS and Chloroplasts DNA trnL-F non-coding region. **Systematic Botany** 27(4): 654-661. 9
- Pérez-Farrera, M.A. 2005. Estudio sistemático de los complejos *Ceratozamia norstogii* D. W. Stev. y *Ceratozamia miqueliana* H. Wendl. (Cycadales, Zamiaceae). Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. México.
- Pérez-Farrera, M.A., A.P. Vovides, R. Martínez-Camilo, N. Martínez M. y C. Iglesias. 2009. A reassessment of the *Ceratozamia miqueliana* species complex (Zamiaceae) of

- southeastern Mexico, with comments on species relationships. ***Systematics and Biodiversity*** 7(4): 433-443.
- Ramos A., C.H., Martínez E., Nava-Cruz Y., Martínez-Bravo R. y Ricker M. 2008. Descripción de la vegetación y diagnóstico de la diversidad florística en el Parque Ecológico Jaguaroundi. En: Nava, Y. y I. Rosas (Coord.). ***El Parque Ecológico Jaguaroundi: Conservación de la selva tropical veracruzana en una zona industrializada***. Programa Universitario de Medio Ambiente, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. pp.55-78.
- Schulte P, Alegret L., Arenillas I., Arz J.A., Barton P.J., Bown P.R., Bralower T.J., Christeson G.L., Claeys P., Cockell C.S., Collins G.S., Deutsch A., Goldin T.J., Goto K., Grajales-Nishimura J.M., Grieve R.A., Gulick S.P., Johnson K.R., Kiessling W., Koeberl C., Kring D.A., MacLeod K.G., Matsui T., Melosh J., Montanari A., Morgan J.V., Neal C.R., Nichols D.J., Norris R.D., Pierazzo E. 2010. The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous-Paleogene boundary. ***Science*** 327:1214-1218.
- Smit, J., Alvarez W., Montanari A., Claeys P. & Grajales-Nishimura J.M. 1996. Coarse-grained, clastic sandstone complex at the K/T boundary around the Gulf of Mexico: Deposition by tsunami waves induced by the Chicxulub impact?. ***Spec. Pap. Geol. Soc. Am.*** 307, 151.
- Toledo, V.M. 1982. Pleistocene changes of vegetation in tropical Mexico. P.p. 93-111. In: Prance G.T. (ed). ***Biological diversification in the tropics***. Columbia University Press. New York
- Vovides, A.P., J. Chemnick y T. Gregory. 2009. *Ceratozamia miqueliana*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 26 August 2011.
- Vovides, A.P. y Nicolalde-Morejón F. 2010. Ficha técnica de *Ceratozamia miqueliana*. En: Vovides, A. P. (compilador). Base de datos de las cícadas mexicanas. Instituto de Ecología A.C., INECOL. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. DK008. México, D.F.
- Wendland, H. 1854. Index Palmarum, Cyclantheorum, Pandanearum, Cycadearum, quae in hortis europaeis Honover.
- Wendt, T. 1989. Las selvas de Uxpanapa, Veracruz-Oaxaca, México: Evidencia de refugios florísticos cenozoicos. ***Anales del Instituto de Biología UNAM. Serie Botánica***. 58: 29-54.
- Whitelock, L. 2002. ***The Cycads***. Timber Press. Portland, Oregon.

7. ANEXO FOTOGRÁFICO

PARQUE ECOLÓGICO JAGUAROUNDI

Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
1	1	0	0	0	18°6.225	94°19.858



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
2	1	0	20	0	18°6.229	94°19.858



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
3	1	0	25	0	18°6.238	94°19.845



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
4	1	0	0	0	18°6.241	94°19.845



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
5	6	0	6	0	18°6.242	94°19.850



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
6	3	4	12	0	18°6.236	94°19.852



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
7	1	0	0	0	18°6.232	94°19.860



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
8	3	0	0	0	18°6.234	94°19.860



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
9	2	0	0	0	18°6.219	94°19.870



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
10	1	0	0	0	18°6.150	94°20.261



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
11	2	0	0	0	18°6.131	94°20.254



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
12	3	0	40	0	18°6.100	94°20.248



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
13	4	0	40	0	18°6.093	94°20.264



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
14	3	0	2	0	18°6.093	94°20.264



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
15	4	0	0	0	18°6.223	94°19.872



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
16	10	1	0	0	18°6.149	94°19.861



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
17	1	0	0	0	18°6.221	94°19.871



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
18	1	0	0	0	18°6.161	94°20.254



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
19	4	0	0	0	18°6.156	94°20.214



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
20	3	2	0	0	18°6.131	94°20.246



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
21	1	0	73	0	18°6.098	94°20.256



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
22	4	1	0	0	18°6.098	94°20.255



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
23	1	0	0	0	18°6.213	94°20.228



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
24	6	2	0	0	18°6.432	94°21.264



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
25	18	2	0	0	18°6.399	94°21.306



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
26	1	0	25	0	18°6.412	94°21.523



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
27	1	0	0	0	18°6.403	94°21.548



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
28	13	0	68	1	18°6.405	94°21.577



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
29	31	0	103	1	18°6.397	94°21.595



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
30	1	0	0	0	18°6.346	94°21.585



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
31	4	0	23	0	18°6.339	94°21.573



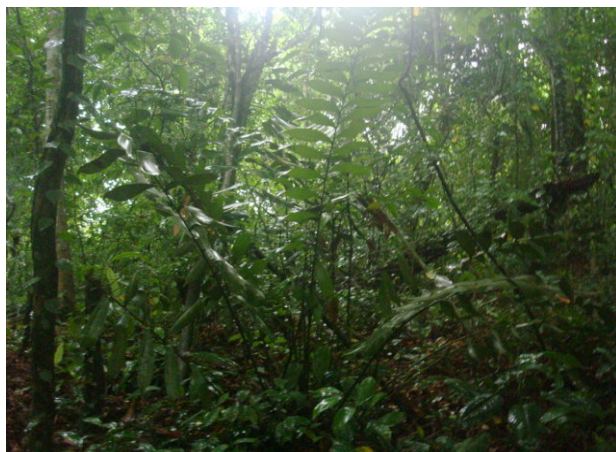
Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
32	8	0	0	0	18°6.281	94°21.469



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
33	3	0	0	0	18°6.277	94°21.441



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
34	4	0	25	0	18°6.297	94°21.422



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
35	3	0	0	0	18°6.331	94°21.414



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
36	10	0	0	0	18°6.350	94°21.419



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
37	1	0	25	0	18°6.396	94°21.500



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
38	1	0	0	0	18°6.422	94°21.503



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
39	3	8	6	0	18°6.415	94°21.590



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
40	3	7	76	0	18°6.402	94°21.601



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
41	5	0	65	0	18°6.401	94°21.604



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
42	31	0	92	0	18°6.393	94°21.604



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
43	1	0	45	0	18°6.392	94°21.631



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
44	1	1	20	0	18°6.376	94°21.617



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
45	1	0	0	0	18°6.367	94°21.639



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
46	1	0	0	1	18°6.380	94°21.664



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
47	15	0	125	0	18°6.380	94°21.673



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
48	10	0	19	0	18°6.371	94°21.703



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
49	2	0	0	0	18°6.378	94°21.698



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
50	21	0	101	2	18°6.384	94°21.706



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
51	1	0	0	0	18°6.326	94°21.702



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
52	1	0	0	0	18°6.310	94°21.671



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
53	4	0	0	0	18°6.311	94°21.649



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
54	1	0	0	0	18°6.295	94°21.614



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
55	2	0	0	0	18°6.307	94°21.595



PREDIO RINCÓN GRANDE

Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
1	1	0	0	0	18°7.749	94°18.585



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
2	1	0	0	0	18°7.664	94°18.484



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
3	1	1	0	0	18°7.654	94°18.482



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
4	2	0	0	0	18°7.654	94°18.447



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
5	1	0	0	0	18°7.755	94°18.596



Reserva 100 ha Celanese

Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
1	2	0	0	0	18° 5.067	94° 22.044



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
2	4	0	0	1	18° 5.091	94° 21.999



Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
3	1	0	0	0	18° 5.164	94° 21.953



RANCHO EL 34

Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
1	1	0	30	1	18° 3.015	94° 23.300



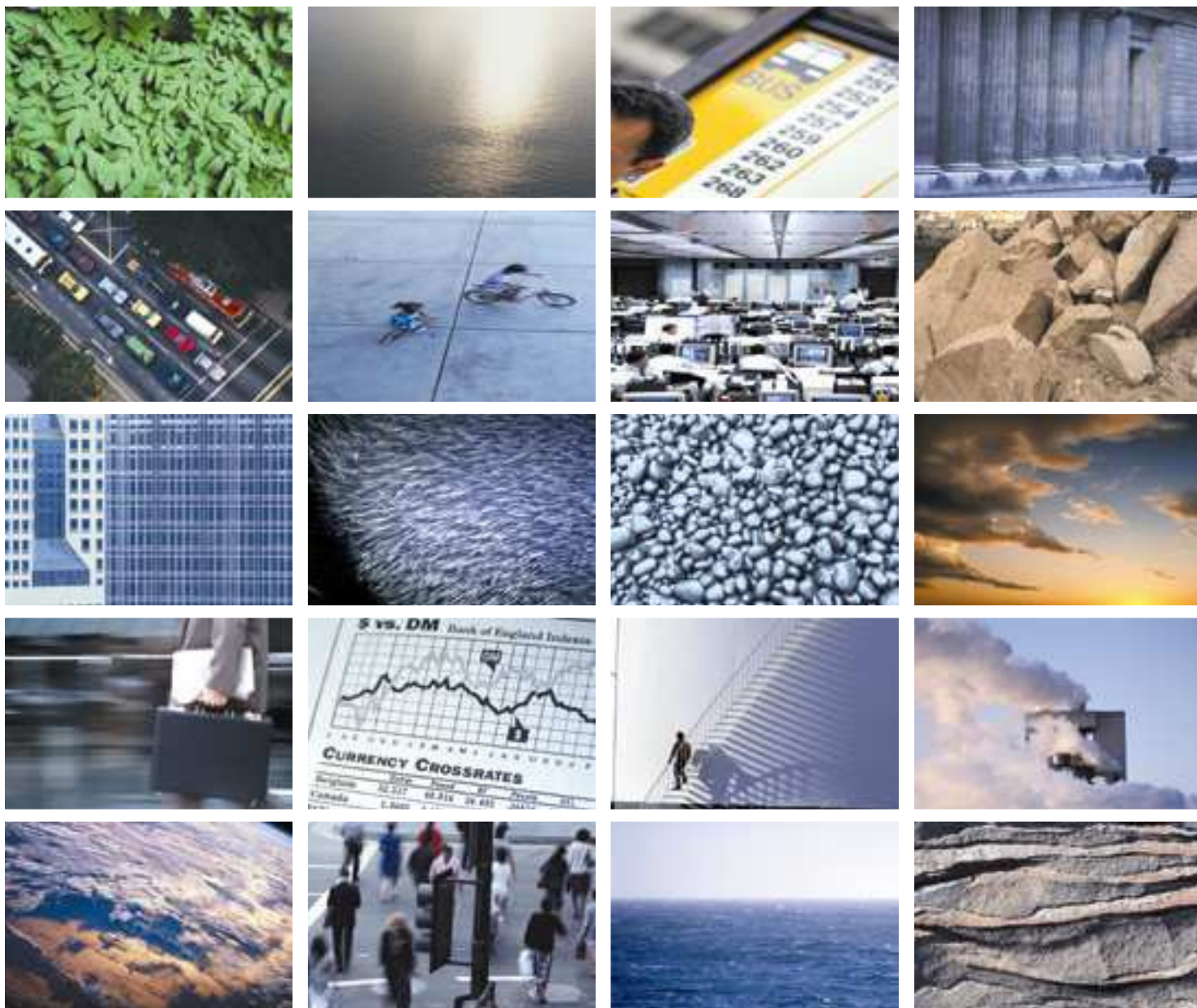
Población	Adultos	Juveniles	Plántulas	Ind. Reprod.	Latitud N	Longitud W
2	1	0	0	0	18° 3.656	94° 23.406



Anexo 5.11
Modelación de Dispersión de Contaminantes y
Monitoreo de Calidad de Aire



ERM-MÉXICO, S.A. DE C.V.
MAZATLÁN 96 COL CONDESA,
MÉXICO, D. F. MÉXICO 06140
(52 55) 50002500



Estudio de Dispersión Atmosférica para Braskem, Nanchital de Lázaro Cárdenas, Veracruz, México

Braskem

www.erm.com.br

Delivering sustainable solutions in a more competitive world



Braskem

Estudio de Dispersión Atmosférica para Braskem, Nanchital de Lázaro Cárdenas, Veracruz, México

Agosto, 2011

Referencia: 0123172

Fecha: 24/03/2011

Coordenado por: Franco Caldas Degrazia

Aprobado por: Marcos Edgardo Suringar

Cargo: Gerente Técnico

Autorizado por: Donizete Macedo Costa

Cargo: Socio Responsable por el Proyecto

ÍNDICE

resumen Ejecutivo

Error! Bookmark not defined.

1.0	INTRODUCCIÓN	4
2.0	OBJETIVO	4
3.0	INVENTARIO DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE BRASKEM	4
4.0	ESTUDIO DE DISPERSIÓN DE COMPUESTOS EMITIDOS POR BRASKEM	7
4.1	MODELO MATEMÁTICO AERMOD	7
4.2	DATOS METEOROLÓGICOS	9
5.0	RESULTADOS DEL ESTUDIO DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES EN LA ATMÓSFERA	13
5.1	RESULTADOS PARA MONÓXIDO DE CARBONO	13
5.2	RESULTADOS PARA MATERIAL PARTICULADO	18
5.3	RESULTADOS PARA BIÓXIDO DE NITRÓGENO	23
5.4	RESULTADOS PARA BIÓXIDO DE AZUFRE	28
6.0	COMENTÁRIOS FINALES	33
7.0	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

ANEXOS

<i>ANEXO I</i>	<i>FIGURA 1 - ÁREA DE ESTUDIO</i>
<i>ANEXO II</i>	<i>FIGURA 2 - RECEPTORES EN EL ENTORNO DEL SITIO</i>
<i>ANEXO III</i>	<i>FIGURA 3 – ROSA DE LOS VIENTOS</i>
<i>ANEXO IV</i>	<i>FIGURA 4 – MÁXIMA CONCENTRACIÓN HORARIA NO₂</i>
<i>ANEXO V</i>	<i>FIGURA 4B – MÁXIMA CONCENTRACIÓN HORARIA NO₂ EPA</i>
<i>ANEXO VI</i>	<i>FIGURA 5 – MÁXIMA CONCENTRACIÓN ANUAL NO₂</i>
<i>ANEXO VII</i>	<i>FIGURA 5B – MÁXIMA CONCENTRACIÓN ANUAL NO₂ EPA</i>
<i>ANEXO VIII</i>	<i>FIGURA 6 – MÁXIMA CONCENTRACIÓN DIARIA MP</i>
<i>ANEXO IX</i>	<i>FIGURA 7 – MÁXIMA CONCENTRACIÓN ANUAL MP</i>
<i>ANEXO X</i>	<i>FIGURA 8 – MÁXIMA CONCENTRACIÓN HORARIA CO</i>
<i>ANEXO XI</i>	<i>FIGURA 8B – MÁXIMA CONCENTRACIÓN HORARIA CO EPA</i>
<i>ANEXO XII</i>	<i>FIGURA 9 – MÁXIMA CONCENTRACIÓN 8 HORAS CO</i>
<i>ANEXO XIII</i>	<i>FIGURA 9B – MÁXIMA CONCENTRACIÓN 8 HORAS CO EPA</i>
<i>ANEXO XIV</i>	<i>FIGURA 10 – MÁXIMA CONCENTRACIÓN DIARIA SO₂</i>
<i>ANEXO XV</i>	<i>FIGURA 11 – MÁXIMA CONCENTRACIÓN ANUAL SO₂</i>

RESUMEN EJECUTIVO

ERM ha elaborado un estudio de dispersión atmosférica de Material Particulado (MP10), Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Monóxido de Carbono (CO), emitidos por las fuentes puntuales de **BRASKEM**, ubicada en la ciudad de Nanchital de Lázaro Cárdenas, Veracruz, México.

Los resultados del estudio de dispersión apuntan que las plumas de mayor concentración se encuentran limitadas a las cercanías del Sitio, dentro de un rayo de aproximadamente 400 metros. Excepción hecha a las máximas horarias de CO, NO₂ y SO₂. Sin embargo, es importante resaltar que para todos los compuestos las concentraciones calculadas son inferiores a los límites exigidos. Por lo tanto no ocurre impacto de corto o largo plazo en la calidad del aire.

Tabla 1 Máximas concentraciones atmosféricas calculadas

Máximas Concentraciones Atmosféricas						
Compuestos Evaluados	Intervalo de Tiempo	Máximas Concentraciones (µg/m ³)	Distancia en relación al Sitio	Ubicación de las máximas (coordenadas UTM)	Límite IFC (µg/m ³)	Límite Mexicano (µg/m ³)
MP10	24 horas	0,44	250m a O	354119-1998638	50	120
	MAA ⁽¹⁾	0,08	100m a O	354219-1997938	20	50
NO ₂	1 hora	58,14	4500m a SE	360131-1996509	200	395
	MAA ⁽¹⁾	1,76	50m a O	354567-1997811	40	-
NO ₂ *	1 hora	92,91	4500m a SE	360125-1996450	200	395
	MAA ⁽¹⁾	2,625	50m al S	360140-1996640	40	-
SO ₂	10 min.	56,32 ⁽²⁾	4500m a SE ⁽²⁾	360130-1996480 ⁽²⁾	500	-
	24 horas	5,86	200m a O	354020-1998640	125 ³	341
	MAA ⁽¹⁾	1,11	100m a O	354260-1997940	-	79
CO	1 hora	18,88	1000m a SE	356360-1997180	-	-
	8 horas	6,45	200m al N	355310-1999340	-	12595
CO*	1 hora	592,21	50m al S	355550-1997850	-	-
	8 horas	177,21	400m a S	355500-1997500	-	12595

* Escenario con factores de emisión de EPA

¹ Media Aritmética Anual

² Basado en los resultados para el periodo de 1 hora.

³ Límite intermedio propuesto para países en vías de desarrollo

1.0 INTRODUCCIÓN

ERM ha sido contratada por **BRASKEM** para la elaboración de un estudio de dispersión atmosférica a partir de la modelación matemática para evaluar las concentraciones ambientales de Material Particulado (MP10), Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Monóxido de Carbono (CO), emitidos por las fuentes puntuales de **BRASKEM**. La futura planta está ubicada en la ciudad de Nanchital de Lázaro Cárdenas.

2.0 OBJETIVO

El estudio propuesto tiene como principal finalidad la evaluación de calidad de aire alrededor del futuro complejo industrial. La evaluación se basa en datos de proyecto y datos empíricos provenientes de otras unidades de producción ya instaladas. Con base en estas estimativas y la modelación matemática fue posible evaluar la calidad del aire.

3.0 INVENTARIO DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE BRASKEM

Las emisiones atmosféricas de MP10, CO, SO₂ y NO₂ de las fuentes de BRASKEM fueron estimadas con base en las informaciones de proyecto presentadas por BRASKEM. ERM, utilizando datos técnicos de caudal, consumo de combustibles, estableció las futuras emisiones atmosféricas generadas por el proyecto.

A partir de los límites de emisión de la tabla a continuación, fueron estimadas las emisiones de los procesos de craqueo, calderas, planta de etileno, antorcha (flare) del tanque de etileno y antorcha principal.

Tabla 2 *Límites de emisión atmosférica utilizados*

Límites de Emisión Atmosférica		
Contaminante	IFC - Polyethylene Plants (mg/Nm ³)	México (mg/m ³)
NO ₂	300	-
MP10	20	35
SO ₂	500	-

Fuente: BRASKEM

Para NO₂ y CO, además de la estimación por intermedio de emisión, ERM ha establecido, asimismo, las emisiones de antorchas a partir de factores de emisión de EPA. El objetivo ha sido el desarrollo de un segundo escenario de modelación para estos dos compuestos.

Las emisiones de CO y NO₂ fueron calculadas mediante la aplicación directa de factores sugeridos por “US EPA”, basándose en datos de mediciones realizadas por “API/Chemical Manufactures Association”. Las ecuaciones utilizadas para determinación de estas emisiones son:

$$E_{CO} = f_{CO} * \dot{Q} \quad \text{y} \quad E_{NO_2} = f_{NO_2} * \dot{Q}$$

Donde:

E = Emisión del contaminante (g/s);

f_{CO} = Factor de emisión de CO;

f_{NO_2} = Factor de emisión de NO₂;

$\dot{Q}$ = Caudal másica del gas quemado (Mg/mes).

Tabla 3 Factores de emisión empleados

Contaminante	Factor de Emisión (Mg/Mg de gas quemado)
CO	0,0088776
NO ₂	0,0015000

Fuente: US EPA

Fueron adoptados dos escenarios distintos en la modelación:

- Escenario 1 – las emisiones de todas fuentes puntuales fueron estimadas por límites de emisión del IFC, límites de emisión de la legislación mexicana y datos de proceso de BRASKEM;
- Escenario 2 – las emisiones de NO₂ y CO para las antorchas fueron estimadas por factores de emisión de EPA.

Tabla 4 Tasas de Emisiones Atmosféricas de BRASKEM

Fuentes Atmosféricas	Emisión CO (g/s)	Emisión NO ₂ (g/s)	Emisión MP10 (g/s)	Emisión SO ₂ (g/s)
Flare Principal	2,6940	0,0035	0,0030	0,0435
Flare Tanque de Etileno	0,2778	0,4528	-	-
Boiler 1	0,0306	3,4722	-	-
Boiler 2	0,0306	3,4722	-	-
Boiler 3	0,0306	3,4722	-	-
Thermal Oxidiser	4,4444	4,7133	0,5499	7,8555
Cracking Furnace 1	0,3039	1,6301	0,1096	1,4508
Cracking Furnace 2	0,3039	1,6301	0,1096	1,4508
Cracking Furnace 3	0,3039	1,6301	0,1096	1,4508
Cracking Furnace 4	0,3039	1,6301	0,1096	1,4508
Cracking Furnace 5	0,3039	1,6301	0,1096	1,4508

Fuentes Atmosféricas	Emisión CO (g/s)	Emisión NO ₂ (g/s)	Emisión MP10 (g/s)	Emisión SO ₂ (g/s)
Cracking Furnace 6	0,0972	0,5216	0,0351	0,4642

Fuente: BRASKEM

Para simular las emisiones de fuentes puntuales, además de las emisiones, son necesarias algunas variables de proceso y aspectos constructivos referentes a las chimeneas. Las variables son presentadas, para cada una de las fuentes estudiadas, en la tabla 5. Los valores referentes a la temperatura y velocidad de los gases en la salida de la chimenea fueron establecidos por BRASKEM.

Tabla 5 *Características de las fuentes de BRASKEM*

Fuentes Atmosféricas	Velocidad de los Gases (m/s)	Temperatura de los Gases (°C)	Altura (m)	Diámetro (m)
Flare Principal	10	500	100	1,32
Flare Tanque de Etileno	21,9	300	55	0,355
Boiler 1	15	180	50	2,7
Boiler 2	15	180	50	2,7
Boiler 3	15	180	50	2,7
Thermal Oxidiser	10	350	50	3,2
Cracking Furnace 1	13,7	200	50	2,225
Cracking Furnace 2	13,7	200	50	2,225
Cracking Furnace 3	13,7	200	50	2,225
Cracking Furnace 4	13,7	200	50	2,225
Cracking Furnace 5	13,7	200	50	2,225
Cracking Furnace 6	13,7	200	50	2,225

Fuente: BRASKEM

Fue utilizado el modelo matemático de dispersión atmosférica AERMOD, de la USEPA, versión 6.2, de Lakes Environmental con el objetivo de calcular las concentraciones de los compuestos evaluados. La elección de ese modelo se debe a las siguientes ventajas en relación al ISCST3:

4.1

MODELO MATEMÁTICO AERMOD

- Mejor correlación entre las concentraciones calculadas y medidas, debido a la utilización de un modelo de turbulencia más avanzado que aquel basado en Clases de Estabilidad Atmosféricas, adoptado en el modelo ISCST3 de la USEPA;
- AERMOD representa la generación más avanzada de los modelos matemáticos y, desde noviembre del 2006 EPA ha sustituido el ISC por el AERMOD en los Estados Unidos;
- En AERMOD los datos meteorológicos son pre-procesados en el software AERMET de una manera más apropiada que en el ISC (que solamente interpola los datos de Altura de Capa de Mezcla);
- AERMOD calcula concentraciones con buena resolución para terrenos complejos;
- Mejor tratamiento de efectos de dispersión en áreas urbanas;
- Mejor tratamiento de efectos de topografía, a través de la utilización del software AERMAP, que obtiene los datos de terreno en archivos DEM, de la US Geological Survey;
- Mejor tratamiento de las características de uso del suelo.

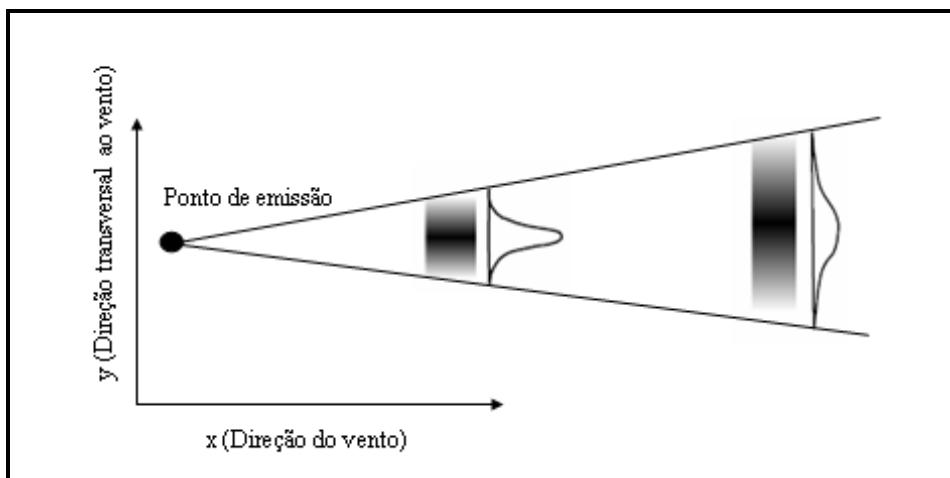
AERMOD ha sido alimentado con datos referentes a las estimaciones de las emisiones atmosféricas de cada fuente.

A partir de esos datos y utilizándose el modelo basado en la distribución Gaussiana, se obtuvieron las concentraciones máximas al nivel del suelo.

Los modelos utilizados en estudios de dispersión son, en su mayoría, basados en la distribución gaussiana, o sea, el modelo considera que la pluma de determinada fuente de emisión se dispersa en las direcciones lateral, horizontal y vertical con un perfil gaussiano. Las concentraciones máximas se ubican en el centro de la pluma, disminuyéndose en las tres direcciones

cartesianas (x, y, z) siguiendo la distribución de Gauss. La figura 1.0 ilustra la evolución de una pluma gaussiana en los momentos siguientes a la emisión.

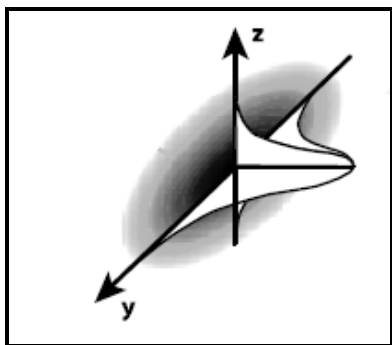
Figura 1.0 Vista superior de una pluma gaussiana



En la figura 1.0 los tonos más oscuros representan las concentraciones máximas de determinada especie química en el centro de la pluma, mientras que los tonos más claros representan concentraciones más chicas.

En el eje vertical las especies químicas siguen la misma distribución, formando por lo tanto una pluma tridimensional (Figura 2.0).

Figura 2.0 Pluma tridimensional de modelos gaussianos



Nuevamente, en la Figura 2.0, los tonos oscuros representan concentraciones más altas y los tonos más claros concentraciones menores.

En general, los modelos gaussianos ofrecen interpretaciones adecuadas para la mayoría de las evaluaciones normalmente realizadas, razón por la cuál han sido utilizadas por agencias ambientales de diversas organizaciones, en ámbito mundial.

Los datos meteorológicos utilizados en la modelación fueron originados por la *Lakes Environmental*. Ha sido elaborado un archivo meteorológico del modelo PSU/NCAR *mesoscale model* conocido como MM5, para los años 2006, 2007, 2008, 2009, 2010. Estos datos son obtenidos a partir de un análisis detallado de la climatología regional usando la técnica de la modelación numérica de meso escala. Para tal, los datos de reanálisis, referentes a la gran escala, son asimilados por un modelo numérico de atmósfera con resolución espacial de aproximadamente 3km, y las condiciones de contorno referentes a la topografía detallada, la cobertura y el uso del suelo y los campos de temperatura del agua del mar. La combinación de la información meteorológica de grande escala, representada por los reanálisis del NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*), con los factores locales, descritos en bancos de datos específicos para la región de estudio, permite un descripción pormenorizada de la climatología regional, es decir, se obtiene un “downscaling” del comportamiento atmosférico. Los beneficios de ese abordaje son la continuación espacial y temporal de las series climáticas en la región de interés y la posibilidad de evaluar el impacto de diferentes escenarios de fluctuaciones climáticas sobre la región analizada.

La utilización de archivos meteorológicos creados por simulación numérica posibilita la utilización de modelos modernos como el AERMOD. Tal modelo requiere datos meteorológicos para cada hora, referentes al periodo de simulación. Algunos de estos datos (variables meteorológicas) no se pueden obtener por medio de red meteorológica. A continuación las principales variables intervinientes en el proceso de dispersión de compuestos en la atmósfera.

Altura de Capa de Mezcla

La capa de mezcla es la región en la cuál la parte inferior de la atmósfera sufre efectos superficiales (forzantes). Allí ocurre intercambio vertical de calor, movimiento, agua en vapor, emisión de contaminantes y la influencia del terreno sobre el flujo de aire.

Una de las principales características de la capa de mezcla es la variación diurna de temperatura, provocada por el calentamiento y enfriamiento de la superficie de la Tierra. La radiación proveniente del sol es el mecanismo que induce estas variaciones, que no ocurren a grandes altitudes en relación al suelo. En general, durante el día, esta capa puede llegar a 1 o 2 km de altura, mientras de noche su espesura se reduce drásticamente, y puede llegar a ser inferior a los 100 metros.

En esta región las propiedades atmosféricas temperatura y presión son mezcladas. La turbulencia es responsable por esa mezcla, y es compuesta por tres mecanismos: flujo de movimiento (momentum), flujo de calor y empuje.

A partir de la interacción diaria de estos mecanismos, se puede dividir la capa de mezcla en distintos comportamientos de estabilidad.

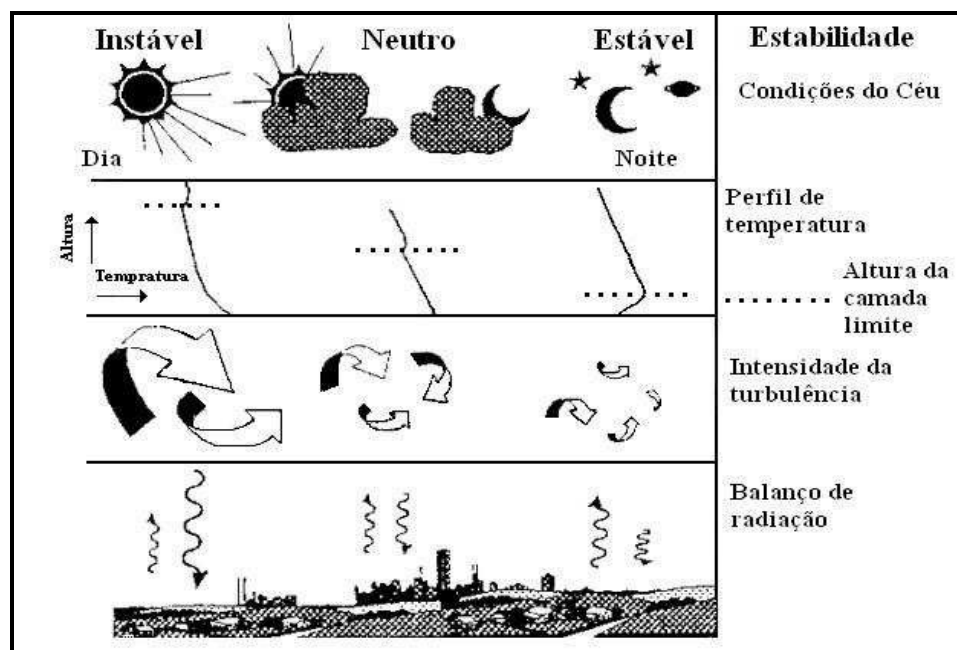
La capa de mezcla turbulenta favorece a la dispersión horizontal y vertical de todas las sustancias en suspensión en el aire. Arriba de la capa de mezcla existe la capa estable, o inversión térmica, que impide los movimientos verticales de las corrientes ascendentes de aire. Luego, una capa de mezcla elevada, tiene la capacidad de diluir mejor a los contaminantes dentro de un volumen de aire más grande.

La altura de la capa de mezcla, o altura de la capa de inversión, establece la altura límite de ascensión de la pluma. Esta altura es usada en el AERMOD, y en los otros modelos de dispersión con el objetivo de determinar cuando la pluma ocupa totalmente la capa de mezcla, interrumpiendo la difusión de los contaminantes hacia arriba, o sea, hacia adentro de capas estables, y concentrando a la pluma en la capa próxima al suelo.

Estabilidad Atmosférica

La estabilidad atmosférica en la capa de mezcla es definida por el comportamiento de la temperatura y de su variación vertical en función de la altura. La atmósfera, en determinada situación, exhibe una variación vertical de temperatura, denominada de variación neutra o adiabática (0.0098 K/m). Sin embargo, existen otras dos situaciones en que la atmósfera exhibe un comportamiento diferente de la neutralidad, ambas en consecuencia del balance superficial de radiación solar (la figura 3 presenta tres comportamientos de los perfiles de temperatura, neutro, instable, y estable, que establecen el comportamiento de la estabilidad atmosférica).

Figura 3.0 *Comportamiento de Estabilidad atmosférica*



Cuando la incidencia de rayos solares calienta al suelo terrestre, la radiación que llega a la superficie es más grande que la radiación perdida. En esta situación parcelas de aire próximas al suelo elevan su temperatura. Debido al calor, su masa específica disminuye, volviéndolas más livianas.

Consecuentemente, fuerzas de empuje las aceleran hacia arriba mientras parcelas de aire de las capas superiores de la atmósfera, más pesadas, bajan para las capas inferiores. Este comportamiento de aire atmosférico provoca mezcla o inestabilidad atmosférica y la dispersión de contaminantes es ampliada. Así, la variación de temperatura es más acentuada (perfil de temperatura inestable) que la variación adiabática (perfil de temperatura neutra).

A partir del momento que la radiación solar para de incidir sobre el suelo, el balance indica que la radiación que llega a la superficie es más chica que aquella perdida. En este momento el suelo se enfría, provocando el enfriamiento de parcelas de aire adyacentes. Este fenómeno se amplifica hasta capas más elevadas, restando en las capas superiores las parcelas de aire más calientes (livianas). En esta situación la variación vertical de temperatura exhibe un comportamiento diferente de un perfil adiabático, exhibiendo un comportamiento estratificado de la temperatura próxima a la superficie (ver en la figura 3.0 el perfil de temperatura estable). Las parcelas superiores de aire (calientes) no permiten que las parcelas de aire inferiores (frías) cambien de posición. En esta situación la atmósfera es considerada estable y la dispersión es atenuada.

El modelo empleado en este estudio (AERMOD) establece la intensidad de dispersión a partir del comportamiento de la estabilidad. Las tres características de estabilidad presentes en la atmósfera son presentadas en la modelación a través de la longitud de Monin Obukhov (L). El valor de L representa un balance de energía entre todos los forzantes que actúan en la baja atmósfera (flujo de calor sensible, empuje, flujo de momentum). En la modelación de AERMOD los tres compartimientos de estabilidad atmosférica, a partir del valor de L , son definidos conforme presenta la tabla 6.0.

Tabla 6 *Estabilidad Atmosférica*

Longitud de Monin Obukhov (m)	Estabilidad Atmosférica
$L > 0$	Estable
$L = 0$	Neutro
$L < 0$	Inestable

Valores positivos o negativos de L apuntan la dirección del flujo de calor sensible. Cuando $L > 0$ la superficie terrestre pierde calor para la atmósfera, luego la dirección del flujo de calor es del suelo para la atmósfera (observar el balance de radiación en la figura 3.0). Para $L=0$ el flujo de calor es cero.

Temperatura

La temperatura es un factor meteorológico importante por varias razones. La variación diaria de la temperatura ambiente determina el intercambio de calor entre el suelo y la atmósfera, siendo un factor expresivo en la formación de la altura de la capa de mezcla. El perfil vertical de la temperatura, por su vez, es determinante en la ascensión de la pluma y en la formación de la capa de mezcla.

Velocidad y dirección del viento

Los vientos, asociados a la estabilidad atmosférica y al perfil vertical de temperatura del aire, actúan directamente en la dispersión de contaminantes en la atmósfera.

Área de Dominio Del Modelo y Receptores

En este estudio la región evaluada comprende un área total de 1600 km² (área de estudio de 40 km x 40 km). Esta área comprende la unidad de BRASKEM, su entorno y demás áreas urbanas de la región. A partir del punto central del área de estudio (fuentes puntuales evaluadas) se extiende por 20 km en todas las direcciones. Las dimensiones del *grid* empleado fueron:

- Grid 1 – 100 m extendiéndose por 2,5 km;
- Grid 2 – 100 m extendiéndose por 4,2 km;
- Grid 3 – 100 m extendiéndose por 7,5 km;
- Grid 4 – 100 m extendiéndose por 15 km;
- Grid 5 – 100 m extendiéndose por 40 km;

En el anexo I es presentada la figura de Área de estudio utilizada en la simulación. La topografía de la región ha sido incorporada al Área de Dominio del Modelo, por intermedio de la utilización de satélite *STRM 90m Digital Evaluation Data*. Estos datos permiten inserir en la modelación una topografía de 90 metros de resolución espacial, permitiendo describir satisfactoriamente la influencia topográfica en la dispersión de contaminantes.

Efecto de Building Downwash

En simulaciones de esa naturaleza, en presencia de edificios industriales y chimeneas, es muy importante considerar este fenómeno. El *Building Downwash* ocurre debido a la circulación turbulenta alrededor de predios y chimeneas. Las circulaciones turbulentas (vórtices) pueden trasportar hacia el nivel del suelo las concentraciones de contaminantes que ocurren, en general, en niveles más elevados. Los resultados de este estudio contemplan este fenómeno.

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES EN LA ATMÓSFERA

Los resultados de la modelación son presentados a continuación y son comparados a referencias internacionales y nacionales para la calidad del aire:

- IFC (*International Finance Corporation*);
- Normas Oficiales Mexicanas (NOM-021-SSA1-1993, NOM-022-SSA1-1993, NOM-023-SSA1-1993, NOM-025-SSA1-1993)

Los estándares de calidad del aire definen legalmente los límites máximos para la concentración de un componente atmosférico que garantiza la protección a la salud y al bienestar de las personas. Los estándares de calidad del aire son basados en estudios científicos de los efectos producidos por contaminantes específicos y son fijados en niveles que puedan propiciar un margen de seguridad adecuado.

Tabla 7 *Estándares de Calidad del Aire Adoptados en el Estudio*

Estándares de Calidad del Aire			
Compuestos Evaluados	Intervalo de Tiempo	Límite IFC (µg/m³)	Límite Mexicano (µg/m³)
PM10	24 horas	50	120
	MAA ⁽¹⁾	20	50
NO ₂	1 hora	200	395
	MAA ⁽¹⁾	40	-
SO ₂	10 min.	500	-
	24 horas	20	341
	MAA ⁽¹⁾	-	79
CO	1 hora	-	-
	8 horas	-	12595

¹ Media Aritmética Anual

RESULTADOS PARA MONÓXIDO DE CARBONO

Los resultados de la modelación son presentados a continuación y fueron comparados con referencias del IFC para la calidad del aire. Los resultados para CO se mantuvieron abajo de los estándares del IFC y no representan alteración en la calidad del aire para este compuesto.

La tabla 8 presenta los resultados de las máximas concentraciones obtenidas por intermedio del estudio de dispersión.

Tabla 8 **Resultados de las Máximas Concentraciones calculadas por AERMOD para CO**

Máximas Concentraciones Atmosféricas para CO (µg/m³)						
Compuestos Evaluados	Intervalo de Tiempo	Máximas Concentraciones (µg/m³)	Distancia en relación al Sitio	Ubicación de las máximas (coordenadas UTM)	Límite IFC (µg/m³)	Límite Mexicano (µg/m³)
CO	1 hora	18,88	1000m a SE	356360-1997180	-	-
	8 horas	6,45	200m al N	355310-1999340	-	12595
CO*	1 hora	592,21	50m al S	355550-1997850	-	-
	8 horas	177,21	400m a S	355500-1997500	-	12595

* Escenario con factores de emisión de EPA

¹ Media Aritmética Anual

En las figuras en Anexo (Figuras 8, 8B, 9 y 9B) son presentados los sitios en que fueron calculadas las concentraciones máximas.

A continuación son presentados los principales receptores encontrados en los alrededores de la futura BRASKEM (60 receptores). La tabla 9 presenta los valores de las concentraciones calculadas en los respectivos puntos receptores.

Tabla 9 *Resultados de las Concentraciones Calculadas por AERMOD para CO en los receptores discretos*

Concentraciones de CO en el Entorno del Sitio (µg/m3)							
Receptores	Descripción	X (UTM)	Y (UTM)	1 Hora	8 horas	1 Hora*	8 horas*
R1	Residencias 800m a E del Sitio (Lázaro Cárdenas del Río)	356490	1998662	11,83	2,78	302,83	50,76
R2	Residencias 500m a E del Sitio (Lázaro Cárdenas del Río)	356838	1998784	12,10	1,97	312,38	49,58
R3	Residencias 2,5km a E del Sitio (La Verónica)	358233	1999525	8,28	1,67	201,55	30,07
R4	Residencias 3km a E del Sitio (Ejido de 5 de Mayo)	358896	1999264	7,81	1,61	173,94	27,43
R5	Residencias 3km a E del Sitio (Cangrejera Dos)	358428	2000505	6,78	1,31	122,65	29,80
R6	Residencias 4km a E del Sitio (Nuevo Teapa)	360137	1998745	6,66	1,01	118,42	19,87
R7	Residencias 7km a E del Sitio (Manuel Almanza)	362512	2001056	7,84	1,26	93,17	14,31
R8	Residencias 9km a E del Sitio (Nuevo Teapa Santa Cecilia)	364817	1998845	4,69	0,73	71,96	11,84
R9	Residencias 11km a E del Sitio	366752	1998213	3,82	0,67	48,38	8,88
R10	Residencias 14km a E del Sitio	369832	1995600	3,40	0,50	50,97	7,35
R11	Residencias 200m al S del Sitio (Pollo de Oro) - (PUNTO DE MONITOREO)	354625	1997517	11,07	4,20	405,10	78,45
R12	Residencias 350m al S del Sitio (Pollo de Oro)	354630	1997385	10,57	4,28	343,55	78,45
R13	Residencias 2km a SE del Sitio (El Chapo)	356872	1995809	15,78	2,76	205,46	42,32
R14	Residencias 3km a SE del Sitio (El Chapo)	357041	1995326	14,05	2,57	184,33	34,90
R15	Residencias 4 km al S del Sitio (Guayabal)	355582	1993723	8,58	3,65	162,08	46,87
R16	Residencias 5 km a SE del Sitio	358308	1993182	10,75	2,14	121,61	23,69
R17	Residencias 7 km a SE del Sitio	360535	1992878	7,61	1,53	120,56	17,42
R18	Residencias 3,5 km a SO del Sitio	352833	1994862	8,59	2,31	142,28	23,42
R19	Residencias 4,5 km a SO del Sitio (Ixhuatlán)	353428	1993431	9,33	2,62	132,56	27,26
R20	Residencias 5,5 km a SO del Sitio (Ixhuatlán)	352305	1993033	7,47	1,94	96,18	16,55
R21	Residencias 8,5 km al S del Sitio (Moloacán)	357392	1989472	6,63	3,92	95,60	31,08
R22	Residencias 10 km a SE del Sitio	363160	1990065	5,40	1,21	84,34	12,29
R23	Residencias 14 km a SE del Sitio	366015	1988340	3,76	0,74	56,66	9,76
R24	Residencias 16 km a SE del Sitio (Cuichapa)	364078	1984016	4,66	0,95	43,01	9,15
R25	Residencias 14 km a S del Sitio	356296	1984740	4,40	1,66	59,22	17,77

Concentraciones de CO en el Entorno del Sitio (µg/m3)							
Receptores	Descripción	X (UTM)	Y (UTM)	1 Hora	8 horas	1 Hora*	8 horas*
R26	Residencias 9,5 km al S del Sitio	352777	1988740	5,95	1,51	78,57	14,80
R27	Residencias 350 m a O del Sitio (Nahualapa)	353866	1998914	10,55	3,82	176,70	41,78
R28	Residencias 750 m a O del Sitio	353541	1997985	8,70	2,75	210,88	26,36
R29	Residencias 1,35 km a O del Sitio (Colonia Los Cocos)	352896	1998114	8,46	1,90	173,30	21,69
R30	Residencias 1,75 km a O del Sitio (Colonia Los Cocos)	352539	1998454	8,70	1,62	121,04	21,76
R31	Residencias 5,5 km a O del Sitio (Colonia Los Cocos)	352384	1998251	8,14	1,53	127,90	16,24
R32	Residencias 2,5 km a O del Sitio (Nanchital)	351774	1998160	7,36	1,31	113,46	14,87
R33	Residencias 2,5 km a O del Sitio (Nanchital - Jardín)	351729	1998992	7,95	2,06	103,01	22,37
R34	Residencias 3,5 km a O del Sitio (Nanchital - San Agustín)	351060	1999365	7,61	1,92	109,48	19,37
R35	Residencias 3 km a O del Sitio (Nanchital - San Nicolás de Bari)	351212	1998787	6,42	1,63	133,79	18,16
R36	Residencias 3,5 km a O del Sitio (Nanchital - Lázaro Cárdenas)	350606	1998141	6,29	1,05	92,90	15,71
R37	Residencias 2,5 km a SO del Sitio (Nanchital - San Miguel Arcangel)	351922	1996793	5,91	1,45	126,92	26,58
R38	Residencias 3 km a SO del Sitio (Nanchital - San Regino)	351579	1996226	6,06	1,51	102,13	21,24
R39	Residencias 3,5 km a SO del Sitio (Nanchital - Guadalupe Tepeyac)	350616	1996623	5,26	1,16	110,57	20,16
R40	Residencias 7,5 km a SO del Sitio	347764	1993905	4,61	1,00	54,66	18,53
R41	Residencias 9 km a SO del Sitio (cerca al Puente Ing.Dovali Jaime)	347479	1992067	4,36	1,04	63,81	14,12
R42	Residencias 16,5 km a SO del Sitio (Minatitlán - Tecoteno)	338726	1991310	2,29	0,66	39,36	8,11
R43	Residencias 1,5 km a NO del Sitio (Mundo Nuevo)	353104	2000065	9,03	2,06	132,46	21,63
R44	Residencias 1,5 km a NO del Sitio (Mundo Nuevo)	353662	2000589	7,93	1,94	235,51	33,64
R45	Residencias 2 km a NO del Sitio (Mundo Nuevo)	352661	2000465	8,55	1,98	122,14	18,75
R46	Residencias 8 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Estero del Pantano)	346340	2001147	4,11	0,94	57,65	11,74
R47	Residencias 9, 5 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Trópico de la Rivera)	345500	2002699	3,78	0,67	51,43	10,39
R48	Residencias 11 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Independencia)	344705	2004299	3,40	0,67	46,58	8,22
R49	Residencias 14 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Divina Providencia)	341859	2005343	3,07	0,50	37,92	9,24
R50	Residencias 17,5 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos)	338630	2007178	2,45	0,42	29,81	8,41
R51	Residencias 7,5 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Adolfo Lopez Mateos)	348700	2003949	4,93	0,94	57,56	7,84
R52	Residencias 10 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Benito Juárez Norte)	346831	2005691	4,02	0,75	51,20	7,01
R53	Residencias 12,5 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Playa de Oro)	344987	2007357	3,18	0,58	40,72	6,46
R54	Residencias 8 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Hermanos del Trabajo)	350445	2006296	4,67	0,83	86,05	10,76

Concentraciones de CO en el Entorno del Sitio (µg/m3)							
Receptores	Descripción	X (UTM)	Y (UTM)	1 Hora	8 horas	1 Hora*	8 horas*
R55	Residencias 8,5 km a N del Sitio (Allende - Bella Vista)	352682	2007086	4,28	0,93	61,51	11,38
R56	Residencias 10 km a N del Sitio (Allende - Las Escolleras)	351650	2008328	4,07	0,89	57,95	8,61
R57	Residencias 9,5 km a N del Sitio (Gavilán de Allende)	355991	2008174	4,44	1,06	71,48	13,75
R58	Residencias 10 km a NE del Sitio	360080	2008042	4,62	0,92	73,77	12,42
R59	Residencias 13 km a NE del Sitio	364821	2008251	3,73	0,73	42,86	8,70
R60	Residencias 20 km a NE del Sitio (Las Palmitas)	373360	2012408	2,14	0,54	29,02	6,87

* Escenario con factores de emisión de EPA

En el receptor R11 fue calculado las concentraciones atmosféricas. En esta ubicación, anterior al estudio de la calidad del aire, fue elaborado un monitoreo de CO. Con este monitoreo fue posible establecer la calidad del aire actual (*background*), anterior a la implantación de la BRASKEM.

Con base en los resultados del monitoreo, la máxima concentración horaria en el periodo de monitoreo ($4149,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$) fue adicionada al resultado de la modelación matemática. El resultado de la adición entre la concentración del modelo y la concentración del monitoreo fue $4554,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o sea, los resultados para CO se mantuvieron abajo de los estándares y no representan alteración en la calidad del aire para este compuesto.

5.2

RESULTADOS PARA MATERIAL PARTICULADO

Los resultados de la modelación son presentados a continuación y fueron comparados con referencias del IFC para la calidad del aire. Los resultados para MP10 se mantuvieron abajo de los estándares del IFC y no representan alteración en la calidad del aire para este compuesto.

ERM también ha contabilizado el número de veces en que se ha superado el límite de 25% de los estándares del IFC, para MP10 de $12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedio diario) y de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedio anual). Esta evaluación tiene la intención de verificar si la inclusión de este proyecto altera la futura calidad del aire de la cuenca aérea en cuestión, algo que podría tornar inviable la inclusión de otros proyectos en la misma región en el futuro. Los resultados de la simulación para MP10 no presentaron superación a los 25% del estándar del IFC en los 5 años de datos meteorológicos simulados.

La Tabla 10 presenta los resultados de las máximas concentraciones obtenidas por intermedio del estudio de dispersión y su comparación con las referencias adoptadas para la calidad de aire.

Tabla 10 *Resultados de las Máximas Concentraciones calculadas por AERMOD para MP10*

Máximas Concentraciones Atmosféricas para MP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
Compuestos Evaluados	Intervalo de Tiempo	Máximas Concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Distancia en relación al Sitio	Ubicación de las máximas (coordenadas UTM)	Límite IFC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Límite Mexicano ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
MP10	24 horas	0,44	250m a O	354119-1998638	50	120
	MAA ⁽¹⁾	0,08	100m a O	354219-1997938	20	50

¹ Media Aritmética Anual

Es posible observar que las máximas concentraciones calculadas por el modelo matemático fueron inferiores a los límites establecidos.

En las Figuras 6 y 7 (Anexo) son presentados los sitios donde fueron calculadas las concentraciones máximas. Por intermedio de los gráficos se observa que los límites ambientales son respetados.

A continuación son presentados los principales receptores encontrados en los alrededores de la futura Braskem (60 receptores). La tabla 11 presenta los valores de las concentraciones calculadas en los respectivos puntos receptores. En todos los puntos las concentraciones calculadas están debajo de los límites ambientales exigidos.

Tabla 11 Resultados de las Concentraciones Calculadas por AERMOD para MP en los receptores discretos

Concentraciones de MP en el Entorno del Sitio (µg/m3)					
Receptores	Descripción	X (UTM)	Y (UTM)	24 Horas	Anual
R1	Residencias 800m a E del Sitio (Lázaro Cárdenas del Río)	356490	1998662	0,095	0,006
R2	Residencias 500m a E del Sitio (Lázaro Cárdenas del Río)	356838	1998784	0,085	0,006
R3	Residencias 2,5km a E del Sitio (La Verónica)	358233	1999525	0,089	0,004
R4	Residencias 3km a E del Sitio (Ejido de 5 de Mayo)	358896	1999264	0,073	0,003
R5	Residencias 3km a E del Sitio (Cangrejera Dos)	358428	2000505	0,084	0,005
R6	Residencias 4km a E del Sitio (Nuevo Teapa)	360137	1998745	0,064	0,003
R7	Residencias 7km a E del Sitio (Manuel Almanza)	362512	2001056	0,061	0,003
R8	Residencias 9km a E del Sitio (Nuevo Teapa Santa Cecilia)	364817	1998845	0,048	0,002
R9	Residencias 11km a E del Sitio	366752	1998213	0,036	0,001
R10	Residencias 14km a E del Sitio	369832	1995600	0,026	0,001
R11	Residencias 200m al S del Sitio (Pollo de Oro) - (PUNTO DE MONITOREO)	354625	1997517	0,269	0,057
R12	Residencias 350m al S del Sitio (Pollo de Oro)	354630	1997385	0,262	0,055
R13	Residencias 2km a SE del Sitio (El Chapo)	356872	1995809	0,119	0,007
R14	Residencias 3km a SE del Sitio (El Chapo)	357041	1995326	0,107	0,007
R15	Residencias 4 km al S del Sitio (Guayabal)	355582	1993723	0,182	0,014
R16	Residencias 5 km a SE del Sitio	358308	1993182	0,087	0,006
R17	Residencias 7 km a SE del Sitio	360535	1992878	0,087	0,003
R18	Residencias 3,5 km a SO del Sitio	352833	1994862	0,164	0,024
R19	Residencias 4,5 km a SO del Sitio (Ixhuatlán)	353428	1993431	0,135	0,020
R20	Residencias 5,5 km a SO del Sitio (Ixhuatlán)	352305	1993033	0,128	0,017
R21	Residencias 8,5 km al S del Sitio (Moloacán)	357392	1989472	0,383	0,031
R22	Residencias 10 km a SE del Sitio	363160	1990065	0,067	0,002
R23	Residencias 14 km a SE del Sitio	366015	1988340	0,046	0,002
R24	Residencias 16 km a SE del Sitio (Cuichapa)	364078	1984016	0,055	0,003
R25	Residencias 14 km a S del Sitio	356296	1984740	0,082	0,006
R26	Residencias 9,5 km al S del Sitio	352777	1988740	0,084	0,011

Concentraciones de MP en el Entorno del Sitio (µg/m3)					
Receptores	Descripción	X (UTM)	Y (UTM)	24 Horas	Anual
R27	Residencias 350 m a O del Sitio (Nahualapa)	353866	1998914	0,280	0,029
R28	Residencias 750 m a O del Sitio	353541	1997985	0,230	0,027
R29	Residencias 1,35 km a O del Sitio (Colonia Los Cocos)	352896	1998114	0,122	0,014
R30	Residencias 1,75 km a O del Sitio (Colonia Los Cocos)	352539	1998454	0,096	0,012
R31	Residencias 5,5 km a O del Sitio (Colonia Los Cocos)	352384	1998251	0,099	0,011
R32	Residencias 2,5 km a O del Sitio (Nanchital)	351774	1998160	0,082	0,008
R33	Residencias 2,5 km a O del Sitio (Nanchital - Jardín)	351729	1998992	0,087	0,009
R34	Residencias 3,5 km a O del Sitio (Nanchital - San Agustín)	351060	1999365	0,079	0,007
R35	Residencias 3 km a O del Sitio (Nanchital - San Nicolás de Bari)	351212	1998787	0,092	0,008
R36	Residencias 3,5 km a O del Sitio (Nanchital - Lázaro Cárdenas)	350606	1998141	0,092	0,007
R37	Residencias 2,5 km a SO del Sitio (Nanchital - San Miguel Arcangel)	351922	1996793	0,079	0,010
R38	Residencias 3 km a SO del Sitio (Nanchital - San Regino)	351579	1996226	0,082	0,010
R39	Residencias 3,5 km a SO del Sitio (Nanchital - Guadalupe Tepeyac)	350616	1996623	0,066	0,006
R40	Residencias 7,5 km a SO del Sitio	347764	1993905	0,069	0,006
R41	Residencias 9 km a SO del Sitio (cerca al Puente Ing. Dovali Jaime)	347479	1992067	0,063	0,006
R42	Residencias 16,5 km a SO del Sitio (Minatitlán - Tecoteno)	338726	1991310	0,043	0,004
R43	Residencias 1,5 km a NO del Sitio (Mundo Nuevo)	353104	2000065	0,080	0,008
R44	Residencias 1,5 km a NO del Sitio (Mundo Nuevo)	353662	2000589	0,110	0,007
R45	Residencias 2 km a NO del Sitio (Mundo Nuevo)	352661	2000465	0,075	0,006
R46	Residencias 8 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Estero del Pantano)	346340	2001147	0,046	0,004
R47	Residencias 9,5 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Trópico de la Rivera)	345500	2002699	0,045	0,003
R48	Residencias 11 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Independencia)	344705	2004299	0,034	0,003
R49	Residencias 14 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Divina Providencia)	341859	2005343	0,031	0,002
R50	Residencias 17,5 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos)	338630	2007178	0,026	0,002
R51	Residencias 7,5 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Adolfo Lopez Mateos)	348700	2003949	0,052	0,003
R52	Residencias 10 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Benito Juárez Norte)	346831	2005691	0,042	0,002
R53	Residencias 12,5 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Playa de Oro)	344987	2007357	0,033	0,002
R54	Residencias 8 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Hermanos del Trabajo)	350445	2006296	0,058	0,003
R55	Residencias 8,5 km a N del Sitio (Allende - Bella Vista)	352682	2007086	0,047	0,003
R56	Residencias 10 km a N del Sitio (Allende - Las Escolleras)	351650	2008328	0,044	0,003

Concentraciones de MP en el Entorno del Sitio (µg/m3)					
Receptores	Descripción	X (UTM)	Y (UTM)	24 Horas	Anual
R57	Residencias 9,5 km a N del Sitio (Gavilán de Allende)	355991	2008174	0,097	0,005
R58	Residencias 10 km a NE del Sitio	360080	2008042	0,079	0,005
R59	Residencias 13 km a NE del Sitio	364821	2008251	0,043	0,003
R60	Residencias 20 km a NE del Sitio (Las Palmitas)	373360	2012408	0,027	0,001

En el receptor R11 fue calculado las concentraciones atmosféricas. En esta ubicación, anterior al estudio de la calidad del aire, fue elaborado un monitoreo de MP10. Con este monitoreo fue posible establecer la calidad del aire actual (*background*), anterior a la implantación de la BRASKEM.

Con base en los resultados del monitoreo, la máxima concentración diaria en el periodo de monitoreo ($23,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$) fue adicionada al resultado de la modelación matemática. El resultado de la adición entre la concentración del modelo y la concentración del monitoreo fue $24,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o sea, los resultados para MP10 se mantuvieron abajo de los estándares y no representan alteración en la calidad del aire para este compuesto.

5.3

RESULTADOS PARA DIÓXIDO DE NITRÓGENO

Los resultados de la modelación son presentados a continuación y fueron comparados con referencias del IFC para la calidad del aire. Los resultados para dióxido de nitrógeno para los dos escenarios simulados se mantuvieron abajo de los estándares del IFC y no representan alteración en la calidad del aire para este compuesto.

ERM también ha contabilizado el número de veces en que se ha superado el límite de 25% de los estándares del IFC, para NO_2 de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media horaria) y de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media anual). Los resultados de la simulación para NO_2 para el escenario 1 presentaron 14 superaciones a los 25% del estándar del IFC, totalizando 0,03% del periodo de 5 años de datos meteorológicos simulados. Para el escenario 2, fueron 807 superaciones, o 1,8% del periodo total simulado. Ya para el periodo anual, en los dos escenarios, no ocurrieron superaciones.

La Tabla 12 presenta los resultados de las máximas concentraciones obtenidas por intermedio del estudio de dispersión y su comparación con las referencias adoptadas para la calidad de aire.

Tabla 12 Resultados de las Máximas Concentraciones calculadas por AERMOD para NO_2

Máximas Concentraciones Atmosféricas para NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
Compuestos Evaluados	Intervalo de Tiempo	Máximas Concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Distancia en relación al Sitio	Ubicación de las máximas (coordenadas UTM)	Límite IFC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Límite Mexicano ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
NO_2	1 hora	58,14	4500m a SE	360131-1996509	200	395
	MAA ⁽¹⁾	1,76	50m a O	354567-1997811	40	-
NO_2^*	1 hora	92,91	4500m a SE	360125-1996450	200	395
	MAA ⁽¹⁾	2,625	50m al S	360140-1996640	40	-

* Escenario con factores de emisión de EPA

¹ Media Aritmética Anual

Es posible observar que las máximas concentraciones calculadas por el modelo matemático fueron inferiores a los límites establecidos.

En las Figuras 4, 4B, 5 y 5B (Anexo) son presentados los sitios donde fueron calculadas las concentraciones máximas. Por intermedio de los gráficos se observa que los límites ambientales son respetados.

A continuación son presentados los principales receptores encontrados en los alrededores de la futura Braskem (60 receptores). La tabla 13 presenta los valores de las concentraciones calculadas en los respectivos puntos receptores. En todos los puntos las concentraciones calculadas están debajo de los límites ambientales exigidos.

Tabla 13 Resultados de las Concentraciones Calculadas por AERMOD para NO₂ en los receptores

Concentraciones de NO ₂ en el Entorno del Sitio (µg/m ³)							
Receptores	Descripción	X (UTM)	Y (UTM)	1 Hora	Anual	1 Hora*	Anual*
R1	Residencias 800m a E del Sitio (Lázaro Cárdenas del Río)	356490	1998662	29,29	0,14	45,78	0,25
R2	Residencias 500m a E del Sitio (Lázaro Cárdenas del Río)	356838	1998784	28,32	0,12	43,23	0,20
R3	Residencias 2,5km a E del Sitio (La Verónica)	358233	1999525	26,45	0,09	48,28	0,14
R4	Residencias 3km a E del Sitio (Ejido de 5 de Mayo)	358896	1999264	19,57	0,08	38,33	0,11
R5	Residencias 3km a E del Sitio (Cangrejera Dos)	358428	2000505	20,50	0,10	25,14	0,14
R6	Residencias 4km a E del Sitio (Nuevo Teapa)	360137	1998745	26,95	0,06	26,95	0,08
R7	Residencias 7km a E del Sitio (Manuel Almanza)	362512	2001056	19,96	0,05	29,59	0,08
R8	Residencias 9km a E del Sitio (Nuevo Teapa Santa Cecilia)	364817	1998845	20,47	0,04	20,47	0,05
R9	Residencias 11km a E del Sitio	366752	1998213	13,38	0,03	13,38	0,04
R10	Residencias 14km a E del Sitio	369832	1995600	9,81	0,03	15,29	0,04
R11	Residencias 200m al S del Sitio (Pollo de Oro) - (PUNTO DE MONITOREO)	354625	1997517	34,22	1,41	49,58	2,18
R12	Residencias 350m al S del Sitio (Pollo de Oro)	354630	1997385	35,13	1,34	43,22	2,19
R13	Residencias 2km a SE del Sitio (El Chapo)	356872	1995809	42,57	0,17	58,32	0,27
R14	Residencias 3km a SE del Sitio (El Chapo)	357041	1995326	40,81	0,17	54,53	0,26
R15	Residencias 4 km al S del Sitio (Guayabal)	355582	1993723	34,24	0,31	50,53	0,43
R16	Residencias 5 km a SE del Sitio	358308	1993182	30,17	0,13	39,88	0,18
R17	Residencias 7 km a SE del Sitio	360535	1992878	22,56	0,07	35,54	0,09
R18	Residencias 3,5 km a SO del Sitio	352833	1994862	29,98	0,52	36,01	0,66
R19	Residencias 4,5 km a SO del Sitio (Ixhuatlán)	353428	1993431	32,37	0,45	39,27	0,60
R20	Residencias 5,5 km a SO del Sitio (Ixhuatlán)	352305	1993033	28,48	0,37	38,07	0,48
R21	Residencias 8,5 km al S del Sitio (Moloacán)	357392	1989472	29,19	0,70	30,10	0,82
R22	Residencias 10 km a SE del Sitio	363160	1990065	17,44	0,05	26,48	0,07
R23	Residencias 14 km a SE del Sitio	366015	1988340	11,59	0,04	17,64	0,05
R24	Residencias 16 km a SE del Sitio (Cuichapa)	364078	1984016	13,04	0,06	16,39	0,08
R25	Residencias 14 km a S del Sitio	356296	1984740	14,38	0,13	20,35	0,17
R26	Residencias 9,5 km al S del Sitio	352777	1988740	20,30	0,24	28,59	0,31

Concentraciones de NO ₂ en el Entorno del Sitio (µg/m ³)							
Receptores	Descripción	X (UTM)	Y (UTM)	1 Hora	Anual	1 Hora*	Anual*
R27	Residencias 350 m a O del Sitio (Nahualapa)	353866	1998914	34,27	0,62	48,09	0,77
R28	Residencias 750 m a O del Sitio	353541	1997985	23,31	0,54	36,25	0,66
R29	Residencias 1,35 km a O del Sitio (Colonia Los Cocos)	352896	1998114	26,56	0,30	34,72	0,38
R30	Residencias 1,75 km a O del Sitio (Colonia Los Cocos)	352539	1998454	23,77	0,26	31,59	0,34
R31	Residencias 5,5 km a O del Sitio (Colonia Los Cocos)	352384	1998251	21,91	0,23	29,80	0,30
R32	Residencias 2,5 km a O del Sitio (Nanchital)	351774	1998160	20,07	0,18	26,98	0,25
R33	Residencias 2,5 km a O del Sitio (Nanchital - Jardín)	351729	1998992	24,14	0,19	33,79	0,25
R34	Residencias 3,5 km a O del Sitio (Nanchital - San Agustín)	351060	1999365	22,53	0,16	30,79	0,21
R35	Residencias 3 km a O del Sitio (Nanchital - San Nicolás de Bari)	351212	1998787	21,01	0,17	26,14	0,23
R36	Residencias 3,5 km a O del Sitio (Nanchital - Lázaro Cárdenas)	350606	1998141	20,20	0,14	28,26	0,20
R37	Residencias 2,5 km a SO del Sitio (Nanchital - San Miguel Arcangel)	351922	1996793	22,09	0,21	31,71	0,28
R38	Residencias 3 km a SO del Sitio (Nanchital - San Regino)	351579	1996226	28,31	0,21	32,57	0,27
R39	Residencias 3,5 km a SO del Sitio (Nanchital - Guadalupe Tepeyac)	350616	1996623	16,49	0,14	21,63	0,19
R40	Residencias 7,5 km a SO del Sitio	347764	1993905	15,23	0,12	19,42	0,18
R41	Residencias 9 km a SO del Sitio (cerca al Puente Ing.Dovalí Jaime)	347479	1992067	18,14	0,14	22,80	0,19
R42	Residencias 16,5 km a SO del Sitio (Minatitlán - Tecoteno)	338726	1991310	9,18	0,08	13,20	0,11
R43	Residencias 1,5 km a NO del Sitio (Mundo Nuevo)	353104	2000065	27,69	0,17	37,21	0,23
R44	Residencias 1,5 km a NO del Sitio (Mundo Nuevo)	353662	2000589	26,94	0,16	35,85	0,21
R45	Residencias 2 km a NO del Sitio (Mundo Nuevo)	352661	2000465	25,36	0,14	33,28	0,18
R46	Residencias 8 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Estero del Pantano)	346340	2001147	11,63	0,09	17,65	0,12
R47	Residencias 9, 5 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Trópico de la Rivera)	345500	2002699	12,94	0,07	16,03	0,09
R48	Residencias 11 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Independencia)	344705	2004299	11,64	0,05	14,64	0,07
R49	Residencias 14 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Divina Providencia)	341859	2005343	11,21	0,05	12,07	0,06
R50	Residencias 17,5 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos)	338630	2007178	9,16	0,04	9,50	0,05
R51	Residencias 7,5 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Adolfo Lopez Mateos)	348700	2003949	14,54	0,06	19,69	0,08
R52	Residencias 10 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Benito Juárez Norte)	346831	2005691	12,32	0,05	17,78	0,06
R53	Residencias 12,5 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Playa de Oro)	344987	2007357	10,40	0,04	14,72	0,05
R54	Residencias 8 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Hermanos del Trabajo)	350445	2006296	17,25	0,05	26,47	0,07
R55	Residencias 8,5 km a N del Sitio (Allende - Bella Vista)	352682	2007086	13,59	0,07	20,04	0,09
R56	Residencias 10 km a N del Sitio (Allende - Las Escolleras)	351650	2008328	11,66	0,06	17,71	0,07

Concentraciones de NO ₂ en el Entorno del Sitio (µg/m ³)							
Receptores	Descripción	X (UTM)	Y (UTM)	1 Hora	Anual	1 Hora*	Anual*
R57	Residencias 9,5 km a N del Sitio (Gavilán de Allende)	355991	2008174	15,33	0,11	21,33	0,15
R58	Residencias 10 km a NE del Sitio	360080	2008042	15,06	0,10	20,95	0,14
R59	Residencias 13 km a NE del Sitio	364821	2008251	10,55	0,06	14,95	0,08
R60	Residencias 20 km a NE del Sitio (Las Palmitas)	373360	2012408	6,57	0,03	9,66	0,04

* Escenario con factores de emisión de EPA

En el receptor R11 fue calculado las concentraciones atmosféricas. En esta ubicación, anterior al estudio de la calidad del aire, fue elaborado un monitoreo de NO₂. Con este monitoreo fue posible establecer la calidad del aire actual (*background*), anterior a la implantación de la BRASKEM.

Con base en los resultados del monitoreo, la máxima concentración horaria en el periodo de monitoreo (11,1 µg/m³) fue adicionada al resultado de la modelación matemática. El resultado de la adición entre la concentración del modelo y la concentración del monitoreo fue 60,68 µg/m³, o sea, los resultados para NO₂ se mantuvieron abajo de los estándares y no representan alteración en la calidad del aire para este compuesto.

5.4 RESULTADOS PARA DIOXIDO DE AZUFRE

Los resultados de la modelación son presentados a continuación y fueron comparados con referencias del International Finance Corporation (IFC) para la calidad del aire. Los resultados para dióxido de azufre se mantuvieron abajo de los estándares del IFC y no representan alteración en la calidad del aire para este compuesto.

ERM también ha contabilizado el número de veces en que se ha superado el límite de 25% de los estándares del IFC, para SO₂ de 5 µg/m³ (promedio diario). Los resultados de la simulación para SO₂ presentaron 29 superaciones a los 25% del estándar del IFC, totalizando 1,6% del periodo de 5 años de datos meteorológicos simulados.

La Tabla 14 presenta los resultados de las máximas concentraciones obtenidas por intermedio del estudio de dispersión y su comparación con las referencias adoptadas para la calidad del aire.

Tabla 14 Resultados de las Máximas Concentraciones calculadas por AERMOD para SO₂

Máximas Concentraciones Atmosféricas para SO ₂ (µg/m ³)						
Compuestos Evaluados	Intervalo de Tiempo	Máximas Concentraciones (µg/m ³)	Distancia en relación al Sitio	Ubicación de las máximas (coordenadas UTM)	Límite IFC (µg/m ³)	Límite Mexicano (µg/m ³)
SO ₂	10 min.	56,32 ⁽²⁾	4500m a SE ⁽²⁾	360130-1996480 ⁽²⁾	500	-
	24 horas	5,86	200m a O	354020-1998640	125 ³	341
	MAA ⁽¹⁾	1,11	100m a O	354260-1997940	-	79

¹ Media Aritmética Anual

² Basado en los resultados para el periodo de 1 hora.

³ Límite intermedio propuesto para países en vías de desarrollo

Es posible observar que las máximas concentraciones calculadas por el modelo matemático fueron inferiores a los límites establecidos.

En las Figuras 10 y 11 (Anexo) son presentados los sitios donde fueron calculadas las concentraciones máximas. Por intermedio de los gráficos se observa que los límites ambientales son respetados.

A continuación son presentados los principales receptores encontrados en los alrededores de la futura BRASKEM (60 receptores). La tabla 15 presenta los valores de las concentraciones calculadas en los respectivos puntos receptores. En todos los puntos las concentraciones calculadas están debajo de los límites ambientales exigidos.

Tabla 15 Resultados de las Concentraciones Calculadas por AERMOD para SO₂ en los receptores

Concentraciones de SO ₂ en el Entorno del Sitio (µg/m3)						
Receptores	Descripción	X (UTM)	Y (UTM)	1 Hora	24 Horas	Anual
R1	Residencias 800m a E del Sitio (Lázaro Cárdenas del Río)	356490	1998662	17,27	1,29	0,09
R2	Residencias 500m a E del Sitio (Lázaro Cárdenas del Río)	356838	1998784	17,13	1,15	0,08
R3	Residencias 2,5km a E del Sitio (La Verónica)	358233	1999525	14,88	1,20	0,06
R4	Residencias 3km a E del Sitio (Ejido de 5 de Mayo)	358896	1999264	11,21	0,98	0,05
R5	Residencias 3km a E del Sitio (Cangrejera Dos)	358428	2000505	12,48	1,15	0,06
R6	Residencias 4km a E del Sitio (Nuevo Teapa)	360137	1998745	17,17	0,86	0,04
R7	Residencias 7km a E del Sitio (Manuel Almanza)	362512	2001056	12,31	0,82	0,03
R8	Residencias 9km a E del Sitio (Nuevo Teapa Santa Cecilia)	364817	1998845	13,11	0,66	0,02
R9	Residencias 11km a E del Sitio	366752	1998213	8,59	0,49	0,02
R10	Residencias 14km a E del Sitio	369832	1995600	5,98	0,36	0,02
R11	Residencias 200m al S del Sitio (Pollo de Oro) - (PUNTO DE MONITOREO)	354625	1997517	18,60	3,52	0,78
R12	Residencias 350m al S del Sitio (Pollo de Oro)	354630	1997385	19,37	3,43	0,76
R13	Residencias 2km a SE del Sitio (El Chapo)	356872	1995809	25,66	1,61	0,10
R14	Residencias 3km a SE del Sitio (El Chapo)	357041	1995326	24,69	1,46	0,10
R15	Residencias 4 km al S del Sitio (Guayabal)	355582	1993723	20,37	2,47	0,19
R16	Residencias 5 km a SE del Sitio	358308	1993182	18,66	1,17	0,08
R17	Residencias 7 km a SE del Sitio	360535	1992878	13,39	1,19	0,04
R18	Residencias 3,5 km a SO del Sitio	352833	1994862	18,89	2,21	0,33
R19	Residencias 4,5 km a SO del Sitio (Ixhuatlán)	353428	1993431	19,77	1,84	0,28
R20	Residencias 5,5 km a SO del Sitio (Ixhuatlán)	352305	1993033	17,19	1,74	0,24
R21	Residencias 8,5 km al S del Sitio (Moloacán)	357392	1989472	14,04	5,15	0,42
R22	Residencias 10 km a SE del Sitio	363160	1990065	10,57	0,91	0,03
R23	Residencias 14 km a SE del Sitio	366015	1988340	7,07	0,63	0,03
R24	Residencias 16 km a SE del Sitio (Cuichapa)	364078	1984016	8,13	0,75	0,04
R25	Residencias 14 km a S del Sitio	356296	1984740	8,90	1,11	0,08

Concentraciones de SO ₂ en el Entorno del Sitio (µg/m ³)						
Receptores	Descripción	X (UTM)	Y (UTM)	1 Hora	24 Horas	Anual
R26	Residencias 9,5 km al S del Sitio	352777	1988740	12,41	1,13	0,15
R27	Residencias 350 m a O del Sitio (Nahualapa)	353866	1998914	20,89	3,72	0,39
R28	Residencias 750 m a O del Sitio	353541	1997985	13,87	3,07	0,36
R29	Residencias 1,35 km a O del Sitio (Colonia Los Cocos)	352896	1998114	16,55	1,65	0,19
R30	Residencias 1,75 km a O del Sitio (Colonia Los Cocos)	352539	1998454	14,98	1,29	0,16
R31	Residencias 5,5 km a O del Sitio (Colonia Los Cocos)	352384	1998251	13,79	1,33	0,15
R32	Residencias 2,5 km a O del Sitio (Nanchital)	351774	1998160	12,66	1,11	0,11
R33	Residencias 2,5 km a O del Sitio (Nanchital - Jardín)	351729	1998992	15,12	1,17	0,12
R34	Residencias 3,5 km a O del Sitio (Nanchital - San Agustín)	351060	1999365	14,16	1,07	0,10
R35	Residencias 3 km a O del Sitio (Nanchital - San Nicolás de Bari)	351212	1998787	13,06	1,24	0,11
R36	Residencias 3,5 km a O del Sitio (Nanchital - Lázaro Cárdenas)	350606	1998141	12,82	1,24	0,09
R37	Residencias 2,5 km a SO del Sitio (Nanchital - San Miguel Arcangel)	351922	1996793	13,61	1,07	0,13
R38	Residencias 3 km a SO del Sitio (Nanchital - San Regino)	351579	1996226	18,18	1,11	0,13
R39	Residencias 3,5 km a SO del Sitio (Nanchital - Guadalupe Tepeyac)	350616	1996623	10,37	0,90	0,09
R40	Residencias 7,5 km a SO del Sitio	347764	1993905	9,73	0,93	0,08
R41	Residencias 9 km a SO del Sitio (cerca al Puente Ing. Dovali Jaime)	347479	1992067	11,54	0,86	0,08
R42	Residencias 16,5 km a SO del Sitio (Minatitlán - Tecoteno)	338726	1991310	5,69	0,58	0,05
R43	Residencias 1,5 km a NO del Sitio (Mundo Nuevo)	353104	2000065	16,80	1,08	0,11
R44	Residencias 1,5 km a NO del Sitio (Mundo Nuevo)	353662	2000589	16,40	1,49	0,10
R45	Residencias 2 km a NO del Sitio (Mundo Nuevo)	352661	2000465	15,56	1,01	0,09
R46	Residencias 8 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Estero del Pantano)	346340	2001147	7,40	0,62	0,05
R47	Residencias 9, 5 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Trópico de la Rivera)	345500	2002699	8,23	0,61	0,04
R48	Residencias 11 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Independencia)	344705	2004299	7,42	0,47	0,03
R49	Residencias 14 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Divina Providencia)	341859	2005343	7,15	0,42	0,03
R50	Residencias 17,5 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos)	338630	2007178	5,85	0,35	0,03
R51	Residencias 7,5 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Adolfo Lopez Mateos)	348700	2003949	9,29	0,71	0,04
R52	Residencias 10 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Benito Juárez Norte)	346831	2005691	7,64	0,57	0,03
R53	Residencias 12,5 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Playa de Oro)	344987	2007357	6,46	0,45	0,03
R54	Residencias 8 km a NO del Sitio (Coatzacoalcos - Hermanos del Trabajo)	350445	2006296	10,35	0,79	0,03

Concentraciones de SO ₂ en el Entorno del Sitio (µg/m ³)						
Receptores	Descripción	X (UTM)	Y (UTM)	1 Hora	24 Horas	Anual
R55	Residencias 8,5 km a N del Sitio (Allende - Bella Vista)	352682	2007086	8,56	0,64	0,04
R56	Residencias 10 km a N del Sitio (Allende - Las Escolleras)	351650	2008328	7,46	0,60	0,04
R57	Residencias 9,5 km a N del Sitio (Gavilán de Allende)	355991	2008174	9,74	1,30	0,07
R58	Residencias 10 km a NE del Sitio	360080	2008042	9,61	1,07	0,06
R59	Residencias 13 km a NE del Sitio	364821	2008251	6,56	0,58	0,04
R60	Residencias 20 km a NE del Sitio (Las Palmitas)	373360	2012408	4,06	0,36	0,02

En el receptor R11 fue calculado las concentraciones atmosféricas. En esta ubicación, anterior al estudio de la calidad del aire, fue elaborado un monitoreo de SO₂. Con este monitoreo fue posible establecer la calidad del aire actual (*background*), anterior a la implantación de la BRASKEM.

Con base en los resultados del monitoreo, la máxima concentración diaria en el periodo de monitoreo (35,92 µg/m³) fue adicionada al resultado de la modelación matemática. El resultado de la adición entre la concentración del modelo y la concentración del monitoreo fue 39,44 µg/m³, o sea, los resultados para SO₂ se mantuvieron abajo de los estándares y no representan alteración en la calidad del aire para este compuesto.

6.0

COMENTARIOS FINALES

Los efectos físicos de deposición seca y húmeda no fueron considerados en la modelación matemática. En el proceso de deposición seca los constituyentes son removidos de la atmósfera debido a la fuerza de gravedad y subsecuente absorción en la superficie del suelo, agua o vegetación. En el proceso de deposición húmeda, los constituyentes son removidos de la atmósfera por hidrometeoros para la superficie. Por lo tanto, los resultados encontrados son conservadores, visto que estos procesos tienden a disminuir la concentración atmosférica.

Los resultados del estudio de dispersión apuntan que las plumas de mayor concentración se encuentran limitadas a las cercanías del Sitio, dentro de un radio de aproximadamente 400 metros. Excepción hecha a las máximas horarias de CO, NO₂ y SO₂. Sin embargo, es importante resaltar que para todos los compuestos las concentraciones calculadas están debajo de los límites exigidos.

U.S. Environmental Protection Agency, 2004. Revised Draft - User's Guide for the AERMOD Meteorological Preprocessor (AERMET). Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC.

U.S. Environmental Protection Agency. AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 1 - External Combustion Sources: 1.4 Natural Gas Combustion, Supplement D , July 1998.

User's Guide for the ISC-AERMOD View – 6.2, Lakes Environmental Software, Waterloo, ON, N2L 5J2, Canadá.

<http://www.weblakes.com/guides/aermod/toc/index.html>. Novembro, 2009.

U.S. Environmental Protection Agency, 1993. National Air Toxics Information Clearinghouse (NATICH). Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC.

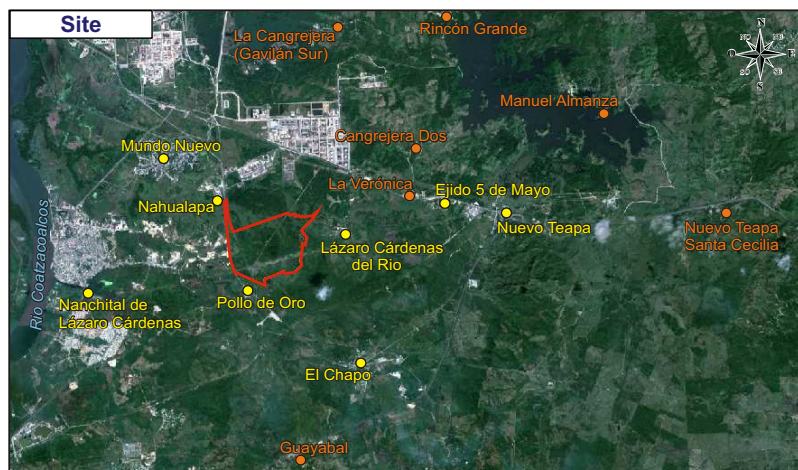
Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Applications. United States Office of Air Quality EPA-454/R-99-005. Environmental Protection Planning and Standards. Agency Research Triangle Park, NC 27711 February 2000.

Modelagem da Concentração de Poluentes na Bacia Aérea III via Modelo AERMOD considerando Processos de Deposição. Cunha, Bruno D., Pimentel, Luiz C. G. Revista Ciência e Natura – Centro de Ciências Naturais e Exatas, UFSM, Dezembro de 2007.

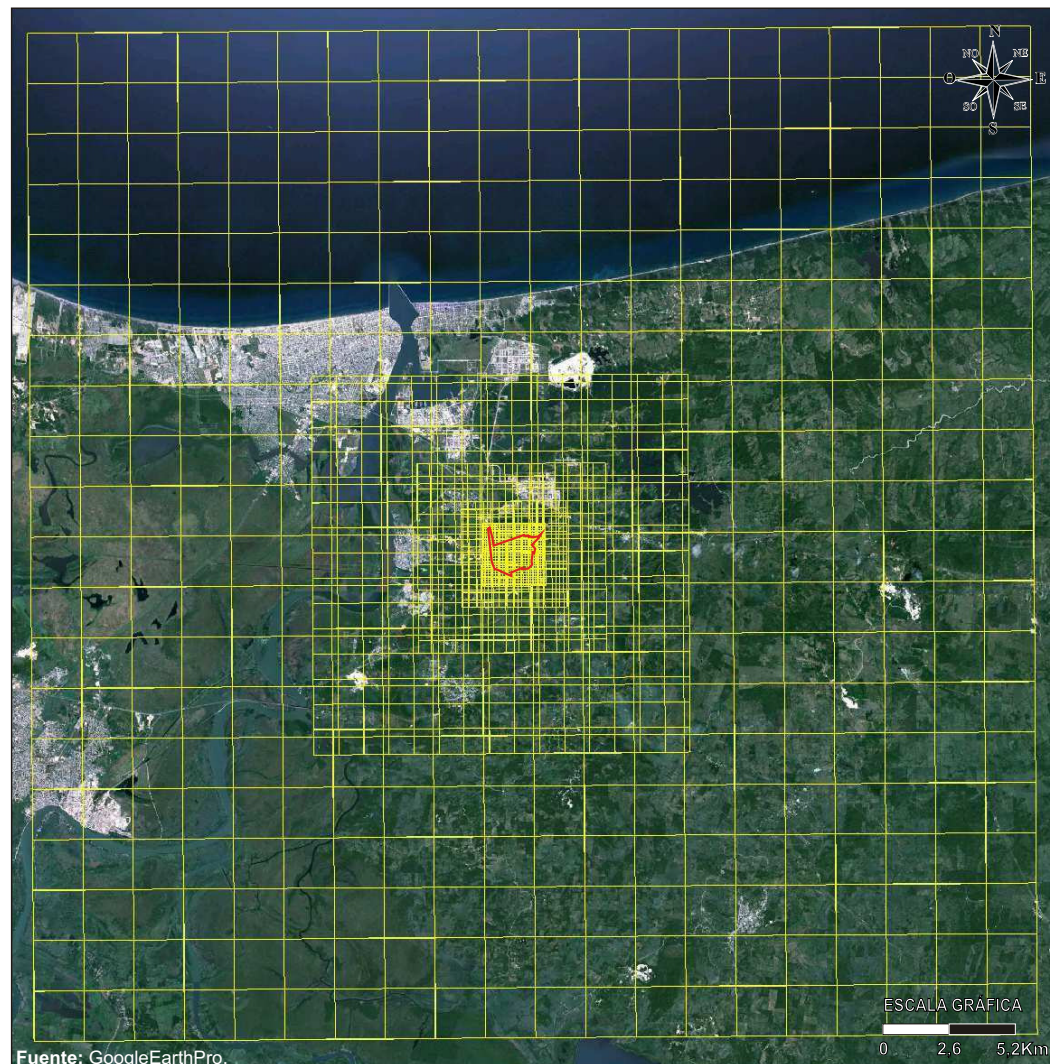
Evolução da Camada Limite Planetária para Dispersão de Poluentes pelo Método da GILTT. Degrazia, F. C. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFRGS, 2005.

ANEXO I

FIGURA 1 – ÁREA DE ESTUDIO



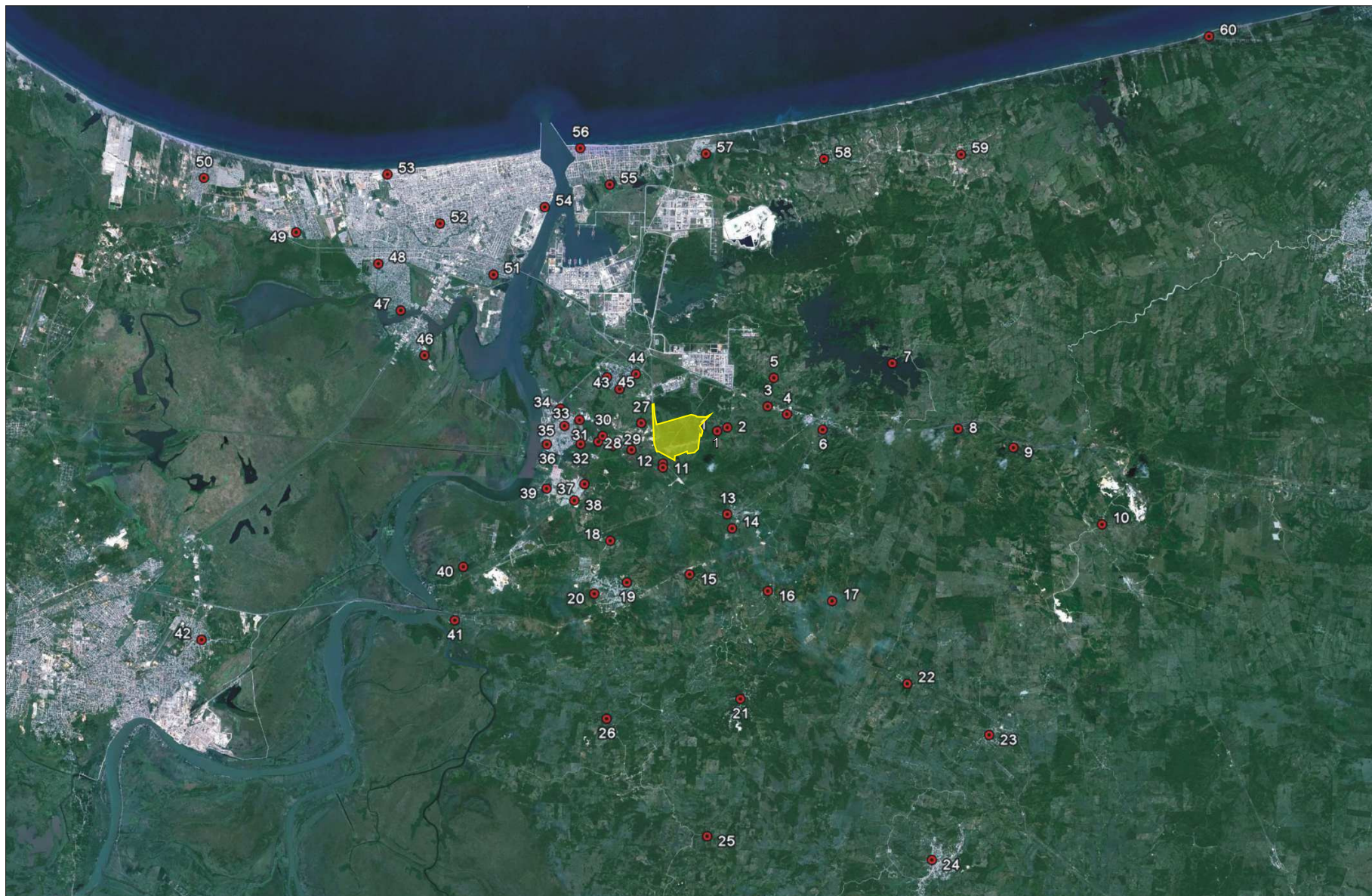
Leyenda	
●	Comunidades en Área de Influencia
●	Comunidades dentro de SAP
	Ubicación del Sitio



CLIENTE		DESCRIPCIÓN		ORDEN DE SERVICIO	
Braskem Idesa S.A.P. I		Área de Estudio		0123172	
PROYECTO		CONTROL DE LA EDICIÓN		FIGURA ANEXO	
Etileno XXI		12/08/2011 / 12/08/2011		EDITOR/DISEÑO	
		EDICIÓN / REVISIÓN		CARLOS ROBERTO TO	
		ESTO DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE ERM BRASIL LTDA. Y NO PUEDE SER COPIADO, REPRODUCIDO O TRANSMITIDO POR NINGÚN OTRO MEDIO, O SER UTILIZADO EN DIFERENTE PROPOSITO QUE AQUEL PARA EL CUAL HA SIDO ELABORADO.		RESPONSABLE TÉCNICO	
				FRANCO DEGRAZIA	
				[P0123172-1-EC001]	
				ERM	

ANEXO II

FIGURA 2 – RECEPTORES DISCRETOS EN EL ENTORNO DEL SITIO



Fuente: GoogleEarthPro.

Leyenda

● Receptores Discretos

Ubicación del Sitio



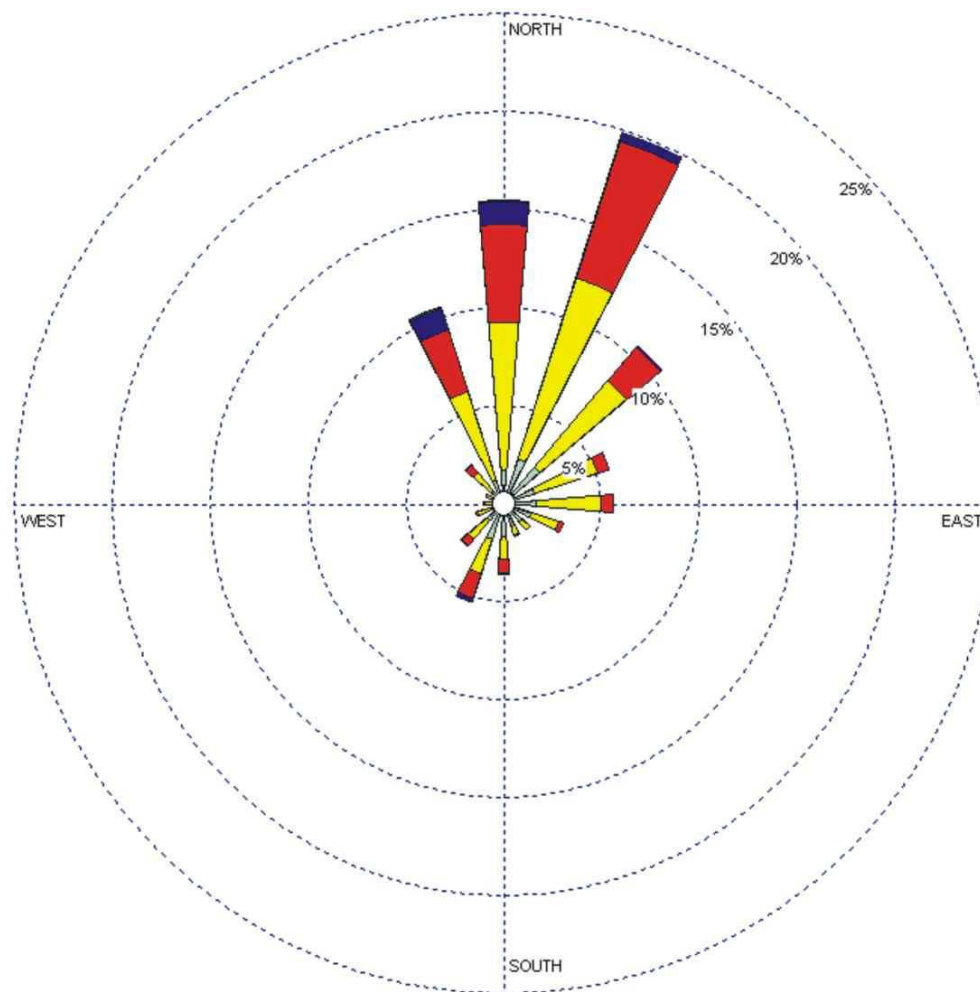
ESCALA GRÁFICA
0 3,5km

CLIENTE Braskem I de S.A.P. I	DESCRIPCIÓN Receptores Discretos		ORDEN DE SERVICIO 0123172 FIGURA ANEXO FIGURA 02
PROYECTO Etieno XXI	CONTROL DE LA EDICIÓN 15/08/2011 / 15/08/2011 EDICIÓN / REVISIÓN	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE ERM BRASIL LTA Y NO PUEDE SER COPIADO, REPRODUCIDO, TRANSMITIDO O PUNTO DE VENTA, SIN EL UTILIZADO EN DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUEL PARA EL CUAL HA SIDO ELABORADO.	RESPONSABLE TÉCNICO CARLOS ROBERTO TO RESPONSABLE EJECUTIVO FRANCO DE GRAZIA



ANEXO III

FIGURA 3 – ROSA DE LOS VIENTOS

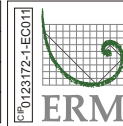


WIND SPEED
(m/s)

- $\geq 11,1$
- 8,8 - 11,1
- 5,7 - 8,8
- 3,6 - 5,7
- 2,1 - 3,6
- 0,5 - 2,1

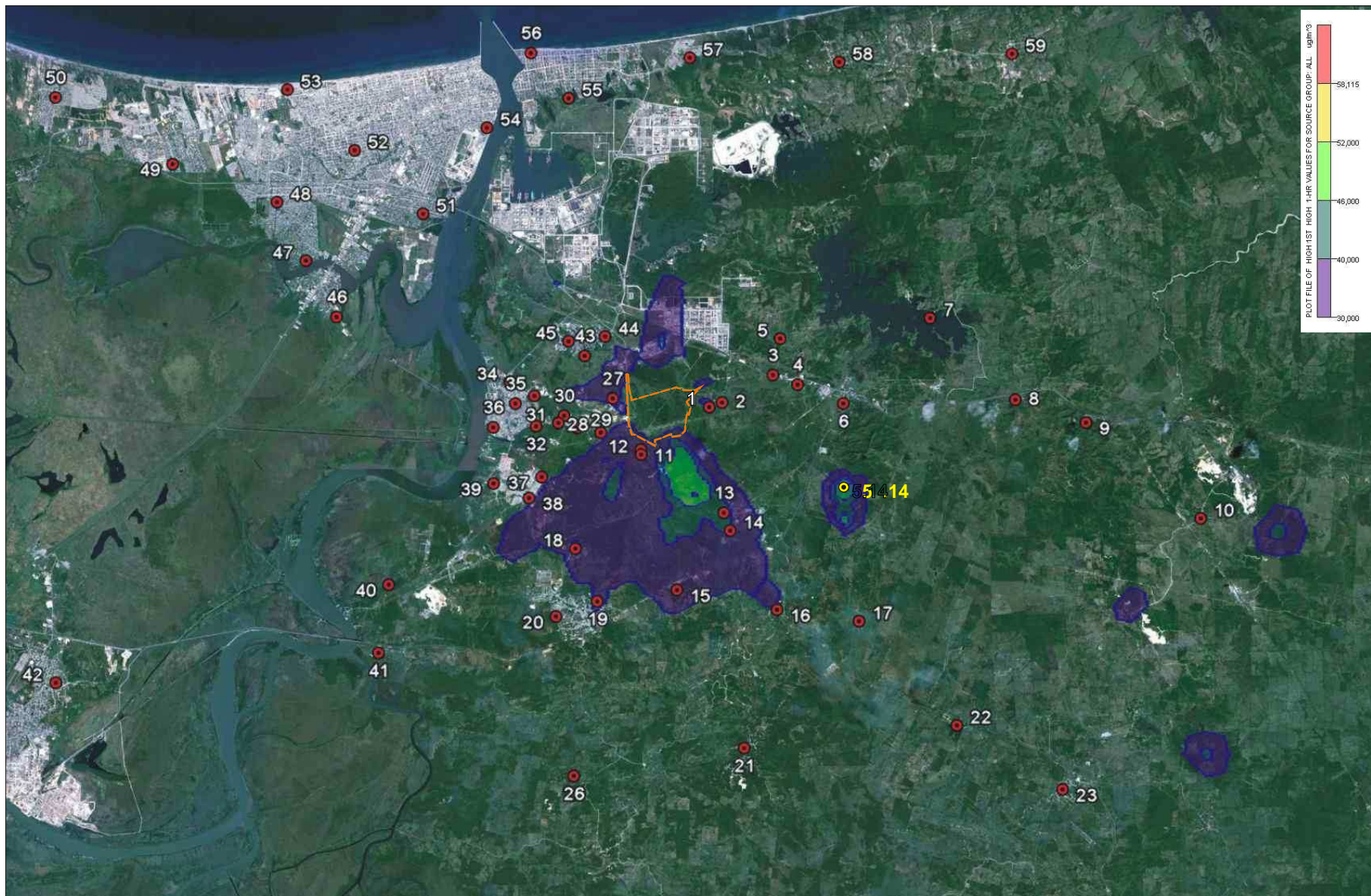
Calms: 7,53%

CLIENTE Braskem Idesa S.A.P .I	DESCRIPCIÓN Rosade Los Vientos		ORDEN DE SERVICIO 0123172
PROYECTO Etileno XXI	CONTROL DE LA EDICIÓN 18/08/2011 / 18/08/2011 EDICIÓN / REVISIÓN	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE ERM BRASIL LTDA. Y NO PUEDE SER COPIADO, REPRODUCIDO O TRANSMITIDO POR NINGÚN OTRO MEDIO, O SER UTILIZADO EN DIFERENTE PROPOSITO QUE AQUEL PARA EL CUAL HA SIDO ELABORADO.	FIGURA/ ANEXO FIGURA 03 EDITOR/DISEÑO CARLOS ROBERTO RESPONSABLE TÉCNICO FRANCO DE GRAZIA



ANEXO IV

FIGURA 4 – MÁXIMA CONCENTRACIÓN HORARIA NO₂



Fuente: GoogleEarthPro.

Le enda	Est ndar 2
● ReceptoresDiscretos	Horaria-EstándarIFC-200ug/m3
● Máximo(ug/m3)	Horaria-EstándarMéxico-3 5ug/m3
5.14	
UbicacióndelSitio	

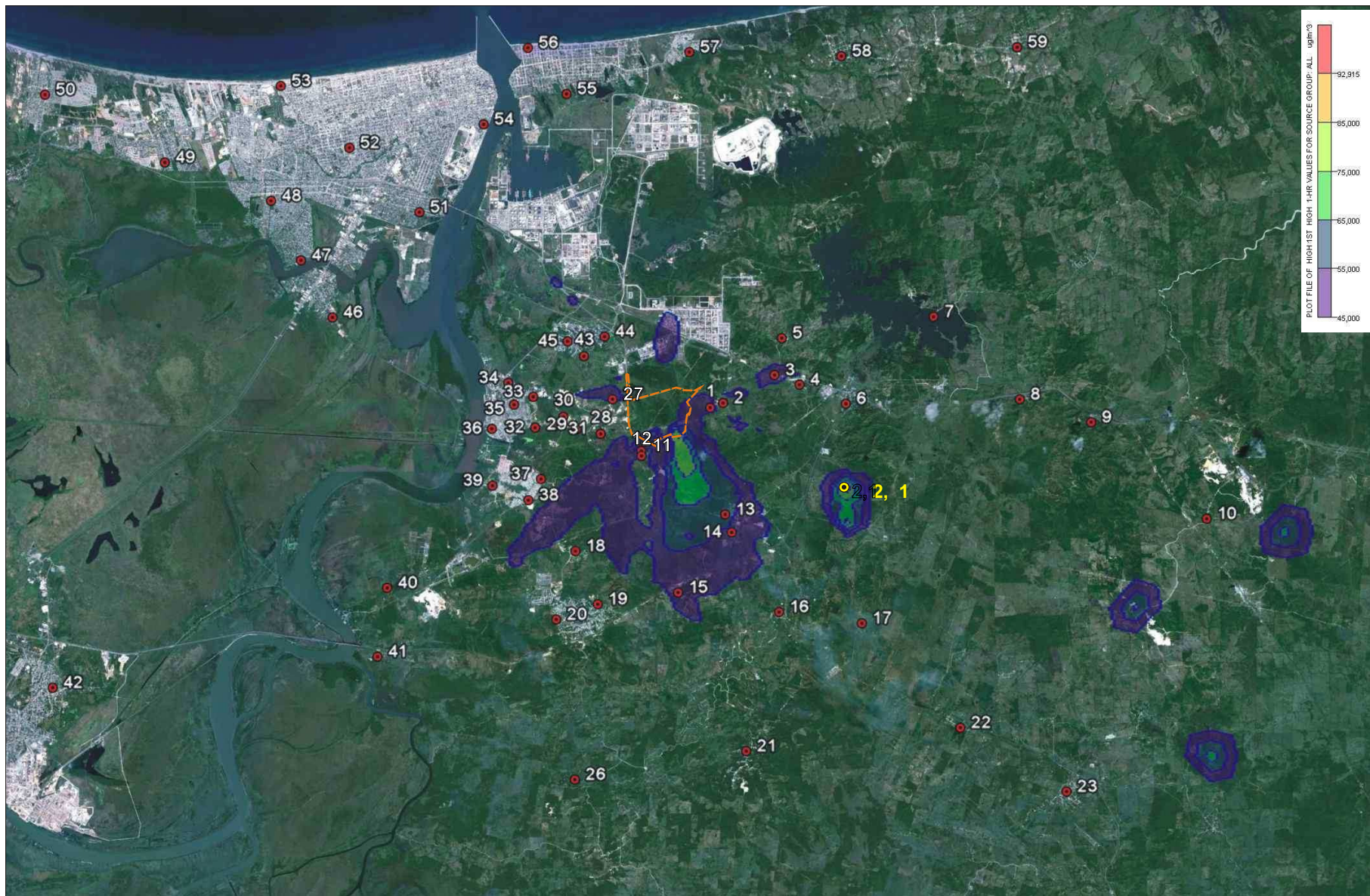


CLIENTE	BraskemIdeaS.A.P .I	DESCRIPCIÓN	MáximaConcentraciónHorariaNO2	ORDENDESERVICIO	0123172
PROYECTO	EtlenoXXI	CONTROLDELA EDICIÓN	15/08/2011 / 15/08/2011 EDICIÓN / REVISIÓN	FIGURADE	FIGURA4
		ESTEDOCUMENTOSEPROPIEDADDEBRASKEM IESA Y NO PUEDE SER COPIADO, REPRODUCIDO, TRANSMITIDO O PUNTO DE VENTA. EL USUARIO UTILIZADO EN DIFERENTE PROYECTO QUE AQUEL PARA EL CUAL HA SIDO ELABORADO.		ELABORADO POR	CARLOS ROBERTO TO
				REVISADO POR	FRANCO DE GRAZIA



ANEXO V

FIGURA 4B – MÁXIMA CONCENTRACIÓN HORARIA NO₂ EPA



Fuente: GoogleEarthPro.

Le enda	Est ndar 2
● ReceptoresDiscretos	Horaria-EstándarIFC-200ug/m3
● Máximo(ug/m3)	Horaria-EstándarMéxico-3 5ug/m3
UbicacióndelSitio	



CLIENTE	BraskemIdeaS.A.P .I	DESCRIPCIÓN	MáximaConcentraciónHorariaNo2-EscenarioFactordeEmisión	ORDENDESERVICIO	0123172
PROYECTO	EtilenoXXI	CONTROLDELA EDICIÓN	ESTEDOCUMENTOESPROPIEDADDEERMIBRASIL Y NO PUEDE SER COPIADO, REPRODUCIDO, TRANSMITIDO O PUBLICADO SIN EL CONSENTIMIENTO DE ERM. UTILIZADO EN DIFERENTES PROYECTOS QUE AQUÍ SE MUESTRAN. CUAL HA SIDO EL DISEÑO.	FIGURA	FIGURA 404B
		EDICIÓN	18/08/2011	CONTRATANTE	CARLOS ROBERTO
		REVISIÓN	18/08/2011	RESPONSABLE TÉCNICO	FRANCO DE GRAZIA

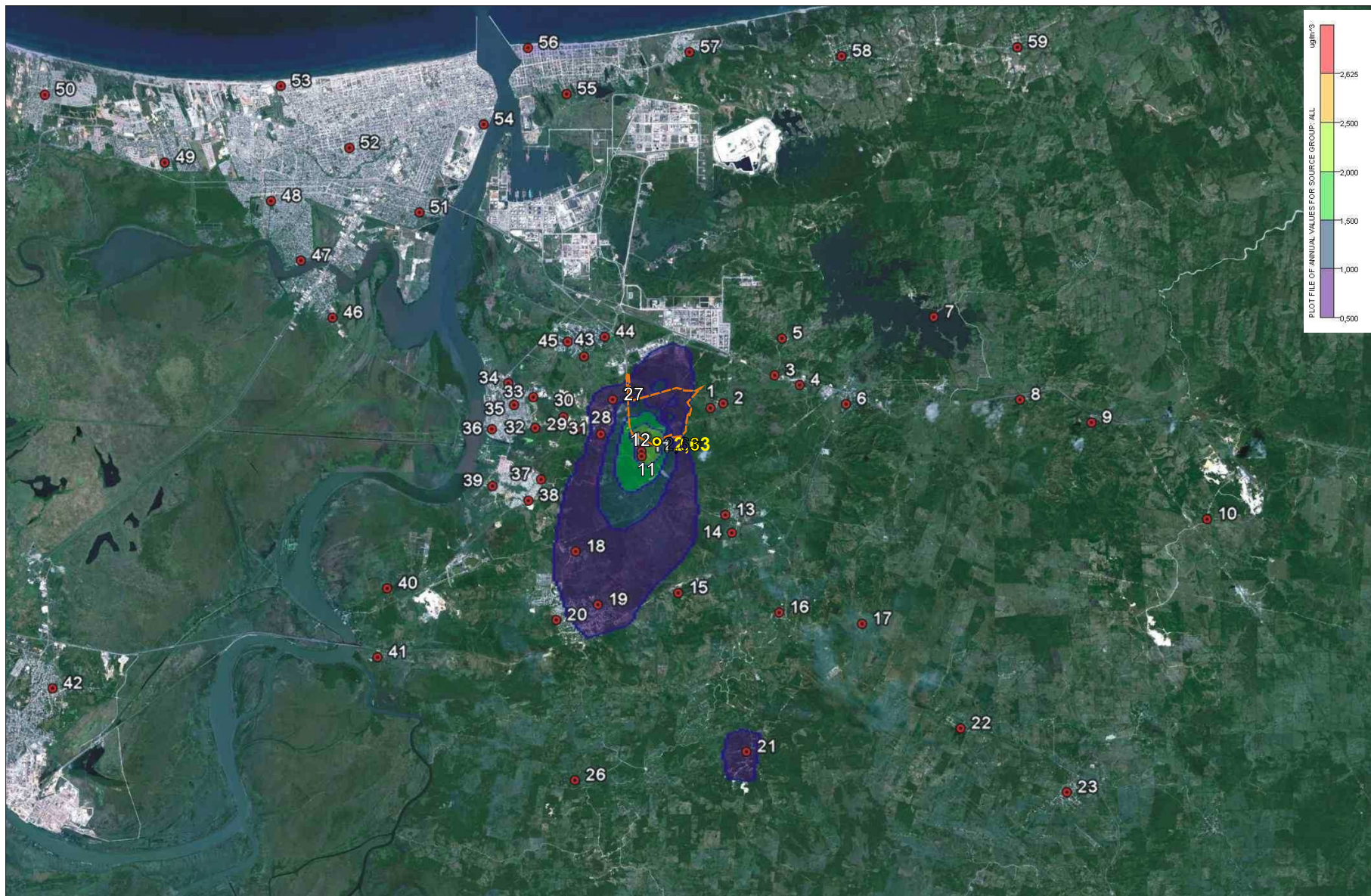


ANEXO VI

FIGURA 5 – MÁXIMA CONCENTRACIÓN ANUAL NO₂

ANEXO VII

FIGURA 5B – MÁXIMA CONCENTRACIÓN ANUAL NO₂ EPA



Fuente: GoogleEarthPro.

Le enda	Est ndar 2
● Receptores Discretos	Anual-Estándar $FC-40 \mu g/m^3$
● Máximo ($\mu g/m^3$)	
● Ubicación del Sitio	



CLIENTE	Braskem Idesa S.A.P. I	DESCRIPCIÓN	Máxima Concentración Anual No 2- Escenario Factor de Emisión	ORDENADOR SERVICIO	0123172
PROYECTO	Etileno XXI	CONTROL DE LA EDICIÓN	ESTADO DOCUMENTO: PROPIEDAD DE ERM BRASIL LTA Y NO PUEDE SER COPIADO, REPRODUCIDO, TRANSMITIDO, PUNTO DE VENTA, O USAR UTILIZADO EN DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUEL PARA EL CUAL HA SIDO ELABORADO.	FIGURAS ANEXAS	FIGURA 05B
		EDICIÓN	18/08/2011	ELABORADO	CARLOS ROBERTO
		REVISIÓN	18/08/2011	REVISADO	FRANCO DE GRAZIA

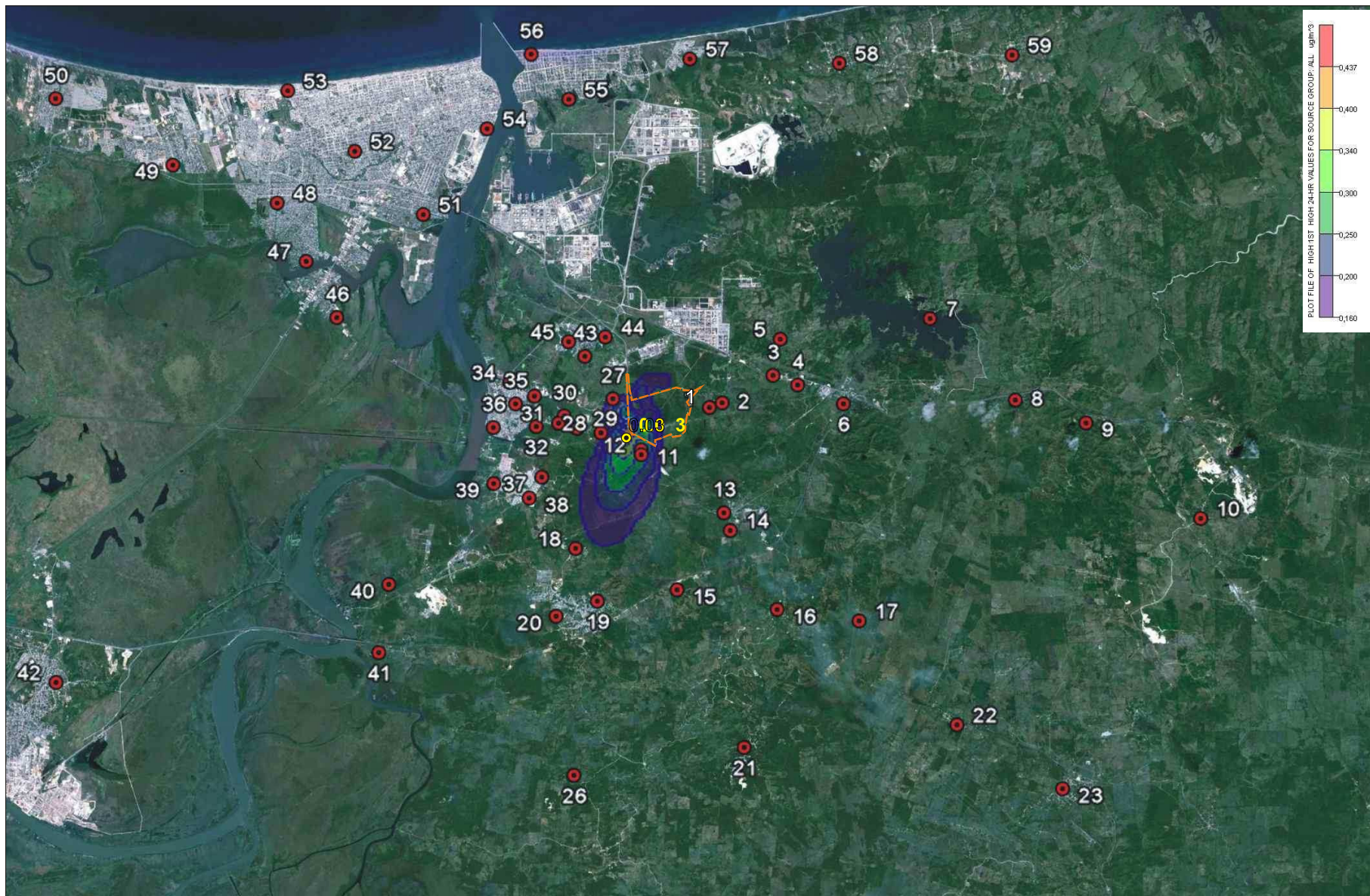


ANEXO VIII

FIGURA 6 – MÁXIMA CONCENTRACIÓN DIARIA MP

ANEXO IX

FIGURA 7 – MÁXIMA CONCENTRACIÓN ANUAL MP



Fuente: GoogleEarthPro.

Le enda	Est ndarMP 10
● ReceptoresDiscretos	Anual-EstándarFC-20ug/m3
○ Máximo(ug/m3)	Anual-EstándarMéxico-50ug/m3
0.03 3	
UbicacióndelSitio	



CLIENTE	BraskemIdeaS.A.P. I	DESCRIPCIÓN	MáximaConcentraciónAnualMP	ORDENDESERVICIO	0123172
PROYECTO	EtilenoXXI	CONTROLDELA EDICIÓN	15/08/2011 / 15/08/2011 EDICIÓN / REVISIÓN	FIGURA07	FIGURA07
		ESTEDOCUMENTOESPROPIEDADDEERMIBRASIL LTA Y NO PUEDE SER COPIADO, REPRODUCIDO TRANSMITIDO O PUNTO DE VENTA. EL USO UTILIZADO EN DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUEL PARA EL CUAL HA SIDO ELABORADO.		RESPONSABLE TÉCNICO	CARLOS ROBERTO TO
				RESPONSABLE EJECUTIVO	FRANCO DEGRAZIA



ANEXO X

FIGURA 8 – MÁXIMA CONCENTRACIÓN HORARIA CO

ANEXO XI

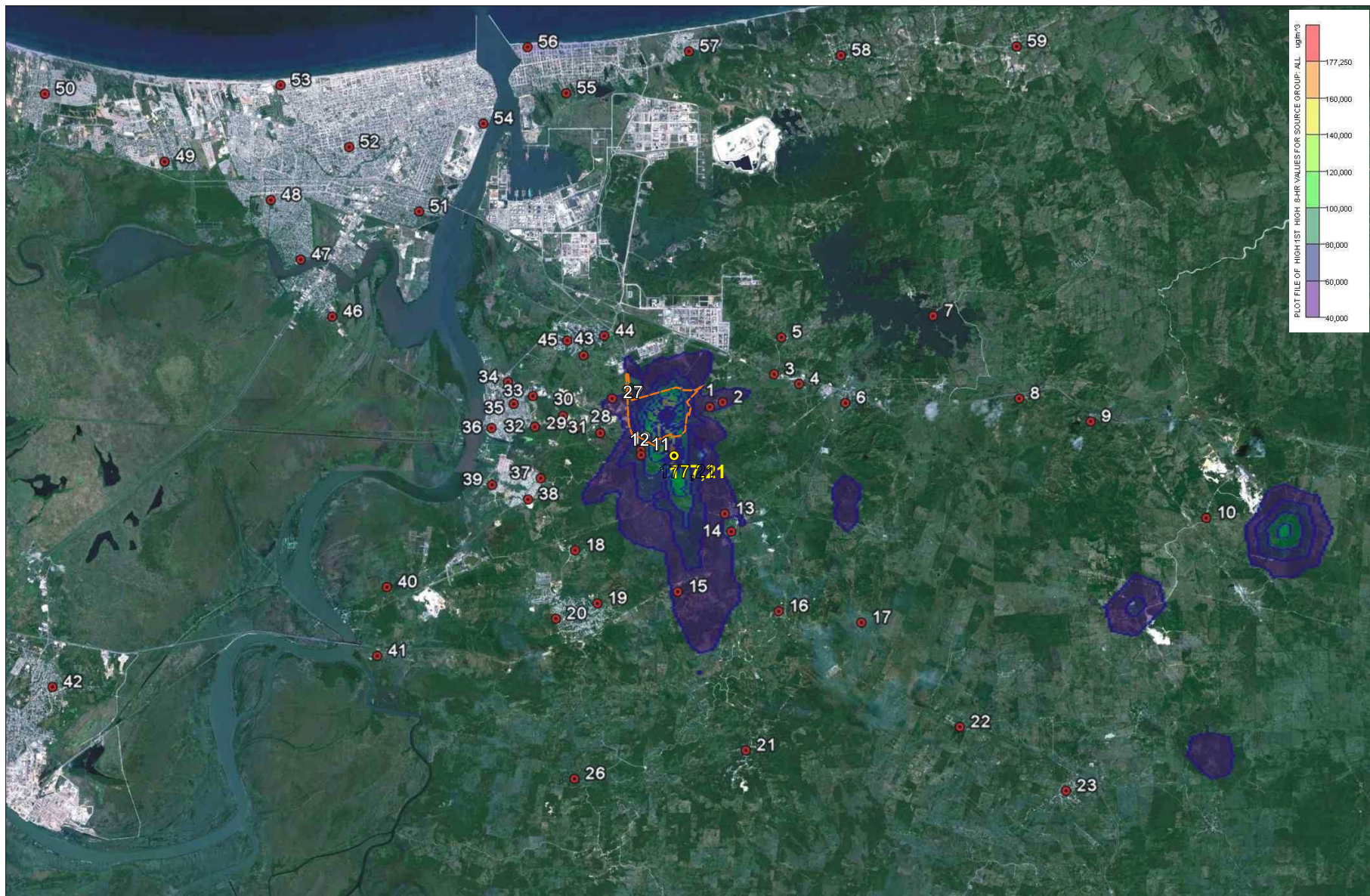
FIGURA 8B – MÁXIMA CONCENTRACIÓN HORARIA CO EPA

ANEXO XII

FIGURA 9 – MÁXIMA CONCENTRACIÓN 8 HORAS CO

ANEXO XIII

FIGURA 9B – MÁXIMA CONCENTRACIÓN 8 HORAS CO EPA



Fuente: GoogleEarthPro.

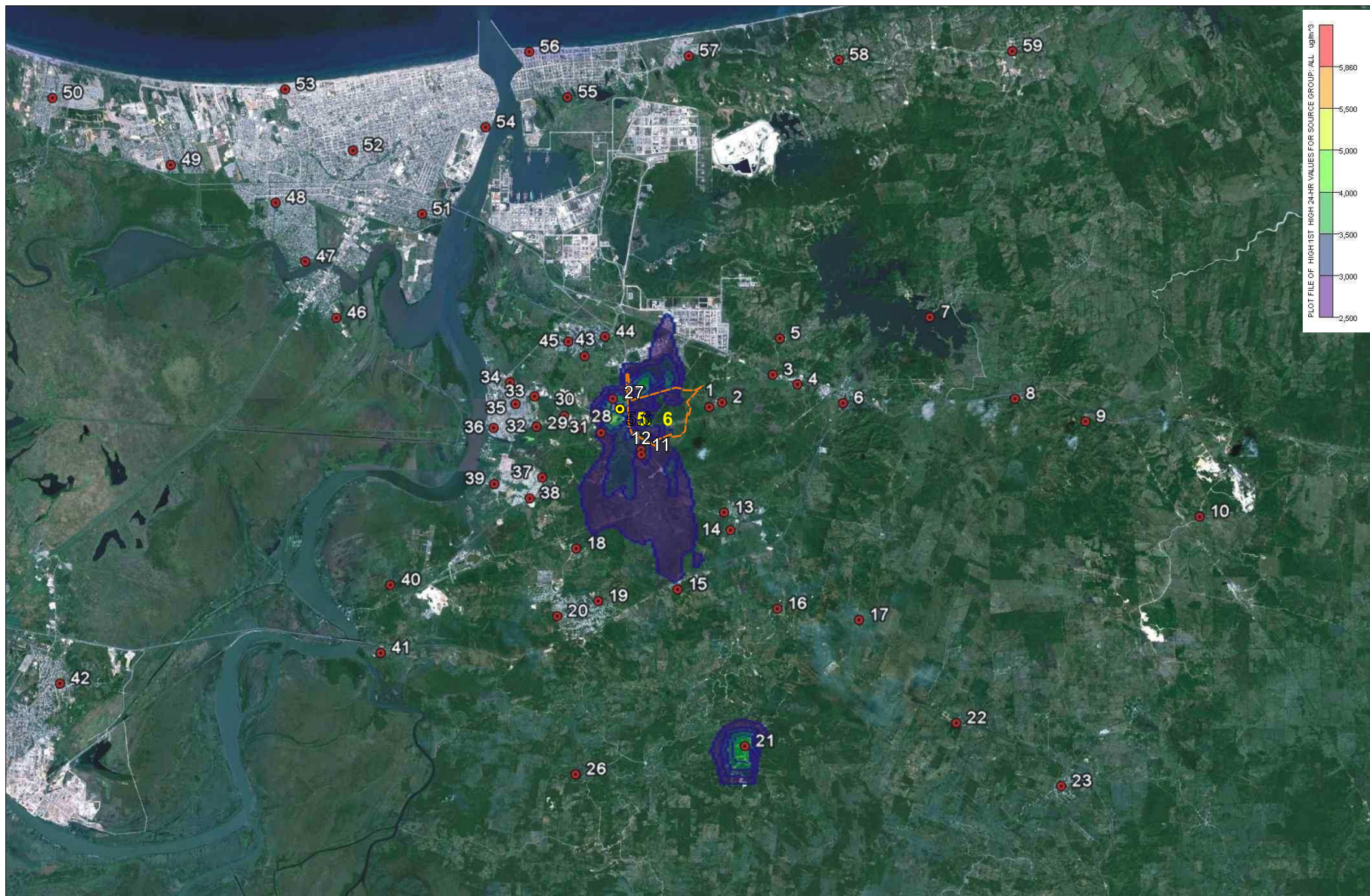
Le enda	Est ndarC
● ReceptoresDiscretos	8Horas-EstándarIFC-NA
● Máximo(ug/m3)	8Horas-EstándarMéxico-12.5 5ug/m3
● 177,21	
● UbicacióndelSitio	



BraskemIdeaS.A.P .I		MáximaConcentración8HorasCO- EscenarioFactordeEmisión	0123172 FIGURAD B
EtienoXXI	18/08/2011 EDICIÓN	18/08/2011 REVISIÓN	CARLOSROBERTO FRANCO DEGRAZIA

ANEXO XIV

FIGURA 10 – MÁXIMA CONCENTRACIÓN DIARIA SO₂



Fuente: GoogleEarthPro.

Le enda

● Receptores Discretos

● Máximo (ug/m³)

Ubicación del Sitio

Est ndar S 2

Diaria-Estándar FC-20 ug/m³

Diaria-Estándar México-341 ug/m³

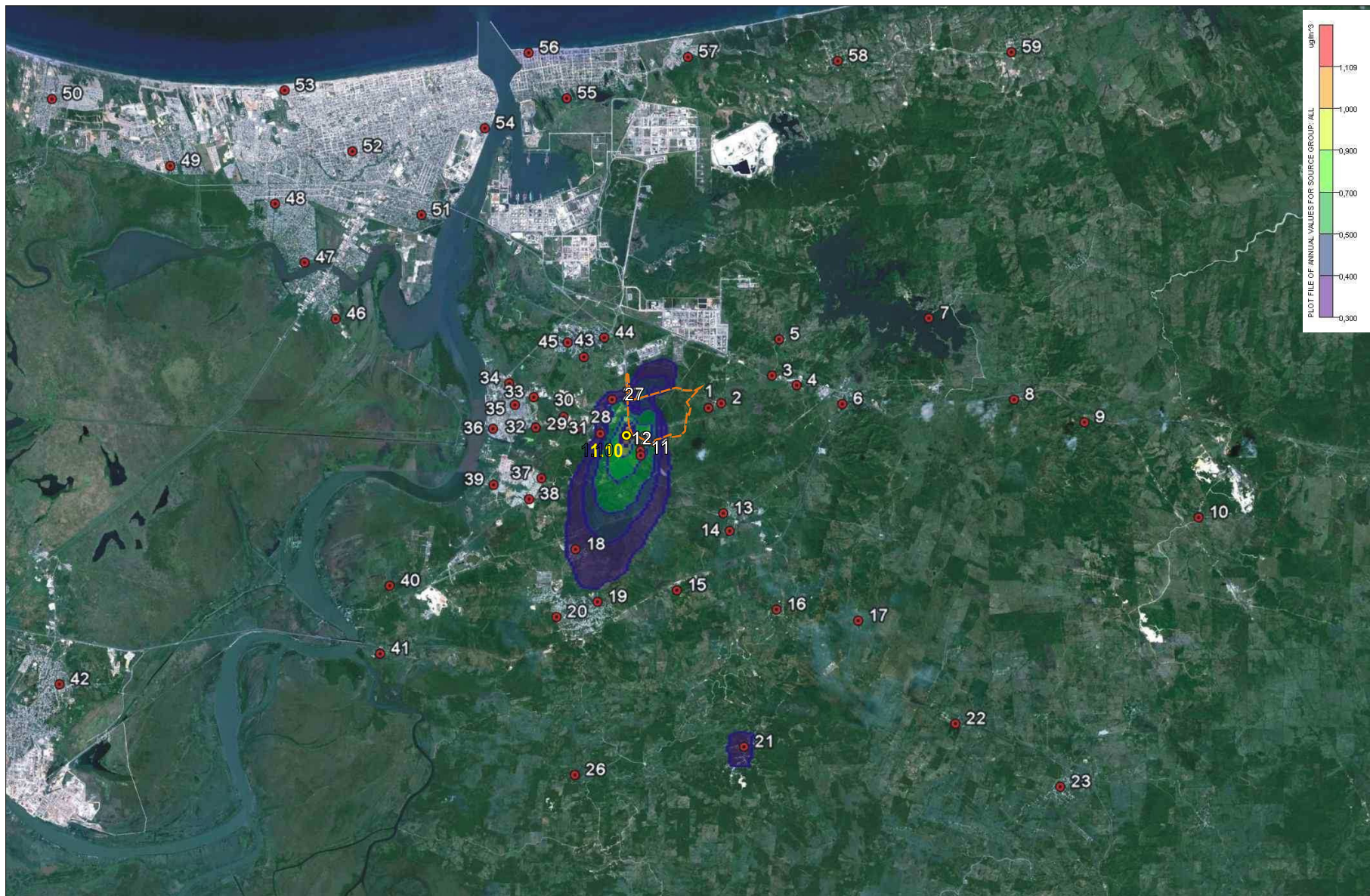


ESCALA GRÁFICA
0 2,6 km

CLIENTE Braskem Idesa S.A.P. I	DESCRIPCIÓN Máxima Concentración Diaria SO₂	ORDEN DE SERVICIO 0123172 FIGURA ANEXO FIGURA 10 CONTRASTADO POR CARLOS ROBERTO TO REVISADO POR FRANCO DE GRAZIA
PROYECTO Etileno XXI	CONTROL DE LA EDICIÓN 15/08/2011 / 18/08/2011 EDICIÓN / REVISIÓN	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE ERM BRASIL LTDA Y NO PUEDE SER COPIADO, REPRODUCIDO, TRANSMITIDO O PUNTO DE VENTA SIN EL UTILIZADO EN DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUEL PARA EL CUAL HA SIDO ELABORADO.

ANEXO X

FIGURA 11 – MÁXIMA CONCENTRACIÓN ANUAL SO₂



Fuente: GoogleEarthPro.

Le enda	Est ndarS 2
● ReceptoresDiscretos	Anual-EstándarIFC-NA
● Máximo(ug/m3)	Anual-EstándarMéxico-7 ug/m3
● Ubicación del Sitio	



CLIENTE	BraskemIdeaS.A.P. I	DESCRIPCIÓN	MáximaConcentraciónAnualSO2	ORDENADORSERVICIO	0123172
PROYECTO	EtilenoXXI	CONTROLDELA EDICIÓN	15/08/2011 EDICIÓN	FIGURA1.1	FIGURA1.1
		ESTEDOCUMENTOESPROPIEDADDEERMIBRASIL YNO PUEDE SER COPIADO, REPRODUCIDO, TRANSMITIDO O PUBLICADO SIN EL CONSENTIMIENTO DE ERM. CUALQUIER USO NO AUTORIZADO PUNDE CONSIDERARSE UN FULCRO LEGAL.	18/08/2011 REVISIÓN	ELABORADO POR	CARLOS ROBERTO TO
				REVISADO POR	FRANCO DE GRAZIA



PROYECTO ETILENO XXI

Braskem Idesa, S.A.P.I.



DETERMINACIÓN EN EL AIRE AMBIENTE DE:

PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST), PARTICULAS MENORES A DIEZ MÍCRAS (PM10),
PARTÍCULAS MENORES A 2,5 MICRAS (PM 2,5)
BIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO_2), MONÓXIDO DE CARBONO (CO), BIÓXIDO DE AZUFRE (SO_2),
OZONO (O_3) Y PLOMO (Pb)

JUNIO 2011

Reporte para:

BRASKEM IDESA, S.A.P.I.

DIRECCIÓN:

Bosque de Radiatas No. 34
Col. Bosque de las Lomas
Cuajimalpa, D.F.

Estudio en Aire Ambiente

Descripción y condiciones de las muestras: Evaluación en sitio.

Trabajo Subcontratado: Ninguno

Información del reporte:

FECHA JUNIO 29, 2011

No. DE ORDEN 63573

No. DE FOLIO 16722-17007

Atención a:

Ing. Antonio Santos Souza Galvao

A continuación sírvase encontrar los resultados del estudio en Aire Ambiente para determinar Partículas, Bióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono, Bióxido de Azufre, Ozono y Plomo conforme a las normas NOM-025-SSA1-1993, NOM-023-SSA1-1993, NOM-021-SSA1-1993, NOM-022-SSA1-1993, NOM-020-SSA1-1993, NOM-026-SSA1-1993, a la evaluación realizada en sus instalaciones del 03 al 13 de Junio de 2011.

Reporte autorizado por:

Ing. Susana Elizabeth García Ballesteros
Directora General

PACÍFICO
TEL/FAX: (01) 66 7712 2727
Lada sin costo: 01 800 215 5584
Email: usolano@onsite.com.mx

GOLFO
TEL/FAX: (01) 22 9956 4540
Lada sin costo: 01 800 228 2221
Correo: veracruz@onsite.com.mx

ONSITE GREEN CHEMISTRY

LOS RESULTADOS SON REPRESENTATIVOS DE LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S)

ESTE DOCUMENTO CUMPLE CON LA NORMA ISO/IEC 17025:2005 Y LA NORMA MEXICANA NMX-EC-17025-IMNC-2006 "REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO Y DE CALIBRACIÓN"; DONDE SE INDICA, QUE NO SE DEBE REPRODUCIR EL INFORME D ENSAYO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD, SIN LA APROBACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO.

RECICLADO



16722

FORTEC-5.10-05

INFORME TECNICO DEL LABORATORIO
BRASKEM IDESA S. A. P. I.

 BOSQUE DE RADIATAS 34,
 Col: BOSQUE DE LAS LOMAS
 MEXICO, D.F.,
 At'n: ANTONIO SANTOS SOUZA GALVAO

No. DE LABORATORIO:	63573-1	FECHA DE INFORME:	27/06/2011
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	1º DIA DE MONITOREO		
FECHA Y HORA DE MUESTREO:	04/06/2011 11:00		
MUESTREO POR:	ONSITE LABORATORIES DE MEXICO SA DE CV		
FECHA RECEPCION:	16/06/2011	MATRIZ:	AIRE AMBIENTE

PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	I%	ANALIZADO
METALURGIA					
PLOMO	NOM-026-SSA1-1993	ug	39,550		22/06/2011 ME1

No. DE LABORATORIO:	63573-2	FECHA DE INFORME:	27/06/2011
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	2º DIA DE MONITOREO		
FECHA Y HORA DE MUESTREO:	05/06/2011 11:00		
MUESTREO POR:	ONSITE LABORATORIES DE MEXICO SA DE CV		
FECHA RECEPCION:	16/06/2011	MATRIZ:	AIRE AMBIENTE

PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	I%	ANALIZADO
METALURGIA					
PLOMO	NOM-026-SSA1-1993	ug	54,080		22/06/2011 ME1

No. DE LABORATORIO:	63573-3	FECHA DE INFORME:	27/06/2011
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	3º DIA DE MONITOREO		
FECHA Y HORA DE MUESTREO:	06/06/2011 11:00		
MUESTREO POR:	ONSITE LABORATORIES DE MEXICO SA DE CV		
FECHA RECEPCION:	16/06/2011	MATRIZ:	AIRE AMBIENTE

PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	I%	ANALIZADO
METALURGIA					
PLOMO	NOM-026-SSA1-1993	ug	33,760		22/06/2011 ME1

No. DE LABORATORIO:	63573-4	FECHA DE INFORME:	27/06/2011
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	4º DIA DE MONITOREO		
FECHA Y HORA DE MUESTREO:	07/06/2011 11:00		
MUESTREO POR:	ONSITE LABORATORIES DE MEXICO SA DE CV		
FECHA RECEPCION:	16/06/2011	MATRIZ:	AIRE AMBIENTE

PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	I%	ANALIZADO
METALURGIA					
PLOMO	NOM-026-SSA1-1993	ug	44,050		22/06/2011 ME1



16743

FORTEC-S.10-05

INFORME TECNICO DEL LABORATORIO
BRASKEM IDESA S. A. P. I.

 BOSQUE DE RADIATAS 34,
 Col: BOSQUE DE LAS LOMAS
 MEXICO, D.F.,
 Attn: ANTONIO SANTOS SOUZA GALVAO

No. DE LABORATORIO:	63573-5	FECHA DE INFORME:	27/06/2011
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	5° DIA DE MONITOREO		
FECHA Y HORA DE MUESTREO:	08/06/2011 11:00		
MUESTREO POR:	ONSITE LABORATORIES DE MEXICO SA DE CV		
FECHA RECEPCION:	16/06/2011	MATRIZ:	AIRE AMBIENTE

PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	I%	ANALIZADO
METALURGIA					
PLOMO	NOM-026-SSA1-1993	ug	39,010		22/06/2011 ME1

No. DE LABORATORIO:	63573-6	FECHA DE INFORME:	27/06/2011
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	6° DIA DE MONITOREO		
FECHA Y HORA DE MUESTREO:	09/06/2011 11:00		
MUESTREO POR:	ONSITE LABORATORIES DE MEXICO SA DE CV		
FECHA RECEPCION:	16/06/2011	MATRIZ:	AIRE AMBIENTE

PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	I%	ANALIZADO
METALURGIA					
PLOMO	NOM-026-SSA1-1993	ug	30,900		22/06/2011 ME1

No. DE LABORATORIO:	63573-7	FECHA DE INFORME:	27/06/2011
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	7° DIA DE MONITOREO		
FECHA Y HORA DE MUESTREO:	10/06/2011 11:00		
MUESTREO POR:	ONSITE LABORATORIES DE MEXICO SA DE CV		
FECHA RECEPCION:	16/06/2011	MATRIZ:	AIRE AMBIENTE

PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	I%	ANALIZADO
METALURGIA					
PLOMO	NOM-026-SSA1-1993	ug	36,550		22/06/2011 ME1

No. DE LABORATORIO:	63573-8	FECHA DE INFORME:	27/06/2011
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	8° DIA DE MONITOREO		
FECHA Y HORA DE MUESTREO:	11/06/2011 11:00		
MUESTREO POR:	ONSITE LABORATORIES DE MEXICO SA DE CV		
FECHA RECEPCION:	16/06/2011	MATRIZ:	AIRE AMBIENTE

PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	I%	ANALIZADO
METALURGIA					
PLOMO	NOM-026-SSA1-1993	ug	35,860		22/06/2011 ME1



16724

FORTEC-S.10-05

INFORME TECNICO DEL LABORATORIO

BRASKEM IDESA S. A. P. I.

BOSQUE DE RADIATAS 34,
Col: BOSQUE DE LAS LOMAS
MEXICO, D.F.,
At'n: ANTONIO SANTOS SOUZA GALVAO

No. DE LABORATORIO: 63573-9 FECHA DE INFORME: 27/06/2011
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: 9º DIA DE MONITOREO
FECHA Y HORA DE MUESTREO: 12/06/2011 11:00
MUESTREADO POR: ONSITE LABORATORIES DE MEXICO SA DE CV
FECHA RECEPCION: 16/06/2011 MATRIZ: AIRE AMBIENTE

PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	%	ANALIZADO
METALURGIA					
PLOMO	NOM-026-SSA1-1993	ug	35,640		22/06/2011 ME1

No. DE LABORATORIO: 63573-10 FECHA DE INFORME: 27/06/2011
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: 10º DIA DE MONITOREO
FECHA Y HORA DE MUESTREO: 13/06/2011 11:00
MUESTREADO POR: ONSITE LABORATORIES DE MEXICO SA DE CV
FECHA RECEPCION: 16/06/2011 MATRIZ: AIRE AMBIENTE

PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	%	ANALIZADO
METALURGIA					
PLOMO	NOM-026-SSA1-1993	ug	28,200		22/06/2011 ME1



16725

INFORME TECNICO DEL LABORATORIO

FORTEC-5.10-05

BRASKEM IDESA S. A. P. I.

BOSQUE DE RADIATAS 34,
Col: BOSQUE DE LAS LOMAS
MEXICO, D.F.,
At'n: ANTONIO SANTOS SOUZA GALVAO

No. DE ORDEN: 63573

FECHA DE INFORME: 27/06/2011

NOTAS

NA	NO APLICA	I	INCERTIDUMBRE (%)
NE	NO EFECTUADO	NMX	NORMA MEXICANA
ND	NO DETECTADO	NOM	NORMA OFICIAL MEXICANA
VER OBS	VER OBSERVACIONES	EPA	ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY
		ASTM	AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

ACREDITACIONES Y APROBACIONES

- 1 E.M.A. ACREDITACION EN AGUA (No. AG-128-038/07 - No Ref. 06LP0176)
- 2 E.M.A. ACREDITACION EN RESIDUOS (No. Ref. R-0071-0068/07 - No Ref. 06LP0179)
- 3 E.M.A. ACREDITACION EN FUENTES FIJAS (No. FF-0054-008/07 - No Ref. 06LP0178)
- 4 E.M.A. ACREDITACION EN AMBIENTE LABORAL (No. FRA-137-018/07 - No Ref. 06LP0180)
- 5 E.M.A. ACREDITACION EN ALIMENTOS (No. A-034-004/11 - No Ref. 10LP02137)
- 6 RED DE LABORATORIOS AMBIENTALES (REGISTRO No. QRO//MEX/DF/REDLA037/AEA/MER/2010)
- 7 C.N.A. APROBACION EN AGUAS RESIDUALES (No. CNA-GCA-826)
- 8 S.T.P.S. APROBACION EN AMBIENTE LABORAL (No. 213/DGSST/007/2009)
- 9 PROFEPA APROBACIONES EN RESIDUOS (No. PFPA-APR-LP-RE-011/09)
- 10 PROFEPA APROBACIONES EN FUENTES FIJAS (No. PFPA-APR-LP-FF-006/09)

ATENTAMENTE

ING. SUSANA ELIZABETH GARCIA BALLESTEROS
DIRECTORA GENERAL

Ced. Prof. 010143033654

Página 4 de 4

LOS DATOS PRESENTADOS SON REPRESENTATIVOS EXCLUSIVAMENTE DE LA MUESTRA ANALIZADA DE ACUERDO A LO ESTABLECIDO POR LA NORMA ISO/IEC 17025:2005 Y NMX-EC-17025-IMNC-2006 "REQUISITOS GENERALES PARA LA OPERACION DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACION". ESTABLECEN QUE EL PRESENTE REPORTE NO PODRA SER REPRODUCIDO PARCIAL NI TOTALMENTE SIN AUTORIZACION POR ESCRITO Y FIRMADA POR PERSONAL AUTORIZADO DE ONSITE LABORATORIES DE MEXICO S.A. DE C.V.



16726

ONSITE[®]
LABORATORIES
DE MÉXICO S.A. DE C.V.

INFORME DE RESULTADOS

PROYECTO ETILENO XXI

Braskem Idesa, S.A.P.I.

Bosque de Radiatas 34

Bosques de las Lomas

Cuajimalpa

México, D.F.

DETERMINACIÓN EN EL AIRE AMBIENTE DE

PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST)

PARTÍCULAS MENORES A DIEZ MÍCRAS (PM10)

PARTÍCULAS MENORES A 2,5 MICRAS (PM 2,5)

BIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)

MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

BIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

OZONO (O₃)

PLOMO (Pb)

REFERENCIA	63573
------------	-------

JUNIO 2011

CONTENIDO

- I. INTRODUCCIÓN
- II. OBJETIVO
- III. REFERENCIAS
- IV. METODOLOGÍA
 - IV.I PERIODO DE MUESTREO
 - IV.II NÚMERO Y LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES
 - IV.III PARÁMETROS EVALUADOS Y TÉCNICAS DE MUESTREO
 - IV.IV CONTROL DE CALIDAD
- V. RESULTADOS
- VI. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS
- VII. CONCLUSIONES

ANEXOS

- Memoria de cálculo.
- Plano de localización.
- Memoria Fotográfica.
- Datos Meteorológicos.
- Certificados de calibración.
- Cadena de Custodia Externa.

I INTRODUCCIÓN.

El Proyecto de Etileno XXI que se dedicará a la producción de Polietileno de Alta y Baja Densidad, se considera como una fuente generadora de contaminantes gaseosos, resultado de sus actividades de producción. Conforme a las disposiciones emitidas por la Secretaría de Salud en materia de calidad del aire, la empresa lleva a cabo la valoración de tales emisiones para tener una referencia de la calidad del aire que actualmente se presenta en la zona, puesto que hoy en día la planta no está construida.

En el presente, pese a los esfuerzos de los tres países de América del Norte para reducir la presencia de partículas suspendidas causantes de la contaminación atmosférica, éstas aún exceden las normas de calidad del aire en algunas zonas, he ahí la importancia de tener datos de referencia sobre la zona donde se llevará a cabo la construcción de la planta Etileno XXI.

Las partículas suspendidas (materia particulada o partículas de materia, PM) tienen grandes efectos dañinos en la salud humana y en el medio ambiente. Algunos ejemplos de ello son: problemas graves como cardiopatías y enfermedades respiratorias para la salud humana, efectos adversos en la vegetación y los materiales de las edificaciones, además de contribuir a la neblina regional y los problemas de visibilidad.

Las partículas suspendidas son una mezcla de partículas sólidas y gotículas líquidas que flotan en el aire. Entre sus componentes figuran sulfatos, nitratos, amonio, carbón orgánico, carbón mineral, metales y polvo de tierra. Lo mismo pueden ser suficientemente grandes como para ser detectadas a simple vista, o mucho más pequeñas que el diámetro de un cabello humano. La masa ambiental de PM es una mezcla compleja muy dependiente de las características de la fuente.

El muestreo de partículas se hace por lo general en dos rangos, según el tamaño: las PM_{2.5} o partículas "finas", cuyos diámetros aerodinámicos son iguales o inferiores a 2.5 micrómetros (μm), y las PM₁₀, que comprenden las partículas finas y a las que se agregan partículas "gruesas" con diámetros aerodinámicos de hasta 10 μm .

Dependiendo de su tamaño, las partículas se comportan de manera distinta en la atmósfera: las más pequeñas se pueden mantener suspendidas durante largos periodos y viajar cientos de kilómetros; las partículas más grandes no se sostienen en el aire mucho tiempo porque tienden a depositarse más cerca de su lugar de origen.

En general, la parte gruesa de las PM₁₀ se compone en buena medida de partículas primarias emitidas directamente a la atmósfera tanto por fenómenos naturales (incendios forestales o emisiones volcánicas) como por las actividades humanas (labores agrícolas o de construcción, polvo de caminos de terracería, quema residencial de leña o actividades industriales). Las PM_{2.5}, por el contrario, tienden a componerse más de partículas secundarias formadas en la atmósfera a partir de reacciones químicas que entrañan emisiones precursoras como óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de azufre (SO₂).

Las partículas finas tienen mayores efectos en la salud que las gruesas porque pueden penetrar los pulmones con más profundidad y, por ende, provocar más daño. Los grupos vulnerables que parecen estar en mayor riesgo ante los efectos de las partículas incluyen a los niños, los adultos mayores y las personas con enfermedades cardiopulmonares, como asma o enfermedades cardíacas congestivas.

El plomo (Pb) es un elemento químico que se emite a la atmósfera de manera natural por las erupciones volcánicas, el spray marino, los incendios forestales y el polvo del suelo. Los aerosoles naturales son generalmente partículas de tamaño relativamente grande que se depositan rápidamente y tiene tiempos de suspensión de algunas horas o días.

También es emitido a la atmósfera en forma de partículas o humos a través de actividades industriales como la fundición primaria y secundaria, las refinerías de metales y de trabajos metalúrgico. Otra fuente de emisiones de plomo común es el carbón mineral que se emplea como combustible en actividades industriales o comerciales.

Este documento es el reporte del estudio de la calidad del aire en la zona donde se construirá la Planta Química denominada Proyecto Etileno XXI. Es importante establecer las condiciones en que se encuentra la zona y como va a ser impactada por dicho proyecto.

II OBJETIVO.

- Evaluar la concentración de Dióxido de Nitrógeno, Dióxido de Azufre, Monóxido de Carbono, Ozono, Partículas suspendidas totales, Partículas Menores a Diez Micras PM10, Partículas Menores a 2.5 micras (PM 2.5), y Plomo en el predio donde se construirá la planta Etileno XXI.
- En base a los resultados obtenidos durante el periodo de muestreo, efectuar el diagnóstico correspondiente.
- Comparar los valores obtenidos con el máximo permitido por las Normas Oficiales Mexicanas en calidad NOM-021-SSA1-1993, NOM-022-SSA1-2010, NOM-023-SSA1-1993, NOM-020-SSA1-1993, NOM-025-SSA1-1993 y NOM-026-SSA1-1993, para usarlos como línea base ya que la planta aun no se ha construido.

III REFERENCIAS.

- NOM-020-SSA1-1993 Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor normado para la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.
- NOM-021-SSA1-1993 Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al ozono (O3). Valor normado para la concentración de ozono en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.
- NOM-022-SSA1-2010 Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de azufre (SO2). Valor normado para la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.
- NOM-023-SSA1-1993 Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de nitrógeno (NO₂). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.
- NOM-025-SSA1-1993 Salud ambiental. Criterio para evaluar el valor limite permisible para la concentración de material particulado. Valor limite permisible para la concentración de Partículas Suspendidas Totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM₁₀ y partículas menores de 2.5 micrómetros PM_{2.5} de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire
- NOM-026-SSA1-1993. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al plomo (Pb). valor normado para la concentración de plomo (Pb) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

IV METODOLOGIA.

Para la determinación de la concentración de los contaminantes criterios se utilizaron los métodos de prueba establecidos por los Métodos de prueba de la Normas Oficiales Mexicanas NOM-034-SEMARNAT-1993, NOM-035-SEMARNAT-1993, NOM-036-SEMARNAT-1993, NOM-037-SEMARNAT-1993 y NOM-038-SEMARNAT-1993.

IV.I PERIODO DE MUESTREO

El monitoreo de los contaminantes criterio, se realizó del 03 al 13 de junio del año en curso, en la población de Pollo de Oro, ubicada en Nanchital, Veracruz. Adyacente al área del proyecto Etieno XXI.

IV.II NÚMERO Y LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES

Se instaló una estación móvil de monitoreo en las coordenadas N18°03'40,98" W94°22'25,00" siendo este el punto fijo en el cual se realizó la evaluación por un periodo continuo de diez días. El punto de muestreo puede observarse en el anexo "plano de localización".

IV.III PARÁMETROS EVALUADOS Y TÉCNICAS DE MUESTREO

En la tabla 1 se presentan los parámetros evaluados y sus respectivas técnicas de muestreo y análisis empleadas. En la sección de anexos se presentan las memorias de cálculo.

Tabla 1

PARÁMETRO	MÉTODO DE MUESTREO Y ANÁLISIS	PRINCIPIO DE OPERACIÓN
Monóxido de Carbono (CO)	Norma Oficial Mexicana NOM-034-SEMARNAT-93	Infrarrojo no dispersivo
Partículas Suspendidas Totales (PST, PM10 y PM2.5)	Norma Oficial Mexicana NOM-035-SEMARNAT-93	Gravimétrico
Ozono (O ₃)	Norma Oficial Mexicana NOM-036-SEMARNAT-93	Ultravioleta
Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	Norma Oficial Mexicana NOM-037-SEMARNAT-93	Quimiluminiscencia
Bióxido de Azufre (SO ₂)	Norma Oficial Mexicana NOM-038-SEMARNAT-93	Fluorescencia pulsada
Plomo (Pb)	Norma Oficial Mexicana NOM-035-SEMARNAT-93	Espectrofotometría de Absorción Atómica

IV.IV CONTROL DE CALIDAD

En todos los casos los muestreos y análisis realizados se apegaron a las especificaciones y recomendaciones de la técnica para garantizar resultados confiables.

Para el caso de partículas menores a 10 y 2.5 micras, los flujos de aire manejados cayeron dentro del rango recomendado por la técnica, 38.8 a 60.0 ft³/min (1.1 a 1.7 m³/min) a condiciones del lugar.

La estabilización de los filtros antes y después del muestreo se llevó a cabo de 24 a 26 horas a una humedad relativa menor al 40 % y a una temperatura de 20 a 25 °C.

Los filtros fueron revisados contra la luz para la detección de rupturas. Así mismo al final del muestreo se revisó el manchado del filtro para la detección de posibles fugas.

Las determinaciones gravimétricas fueron realizadas en una balanza analítica que cumple con las especificaciones de precisión requeridas por los métodos.

Los equipos de monitoreo empleados en el estudio para la determinación de óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, monóxido de carbono y ozono fueron calibrados en campo utilizando el calibrador de flujo másico y gases de referencia de concentración conocida.

V RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados por parámetro de la estación monitoreada.

RAZÓN SOCIAL:	Braskem Idesa, S.A.P.I.
PROYECTO:	ETILENO XXI
FECHA:	03 JUNIO 2011
REFERENCIA	63573

Día 1.					
Parámetro	Concentración	Límite máximo permisible	Unidades	Tiempo de muestreo	Norma aplicable
CO	0,924	11	ppm	24 h	NOM-021-SSA1-1993
SO ₂	0,00843	0,11	ppm	24 h	NOM-022-SSA1-2010
NO ₂	0,0014	0,21	ppm	24 h	NOM-023-SSA1-1993
O ₃	0,00509	0,11*	ppm	24 h	NOM-020-SSA1-1993
PST	78,57	210	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM 2.5	12,77	65	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM10	15,38	120	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
Pb	0,01821	1.5	µg / m ³	24 h	NOM-026-SSA1-1993

Los resultados de los muestreos y análisis de un contaminante en el aire están reportados a condiciones estándares de temperatura 298K (25°C) y presión barométrica 101kPa (760mmHg) conforme a normas de referencia.

*La concentración de ozono, no rebasa el límite máximo normado de 0,11 ppm para cada hora, se puede observar en las gráficas del anexo "memorias de cálculo". Para efectos prácticos se compara con el promedio de 24h.

16736



RAZÓN SOCIAL:	Braskem Idesa, S.A.P.I.
PROYECTO:	ETILENO XXI
FECHA:	04 JUNIO 2011
REFERENCIA	63573

Día 2.					
Parámetro	Concentración	Límite máximo permisible	Unidades	Tiempo de muestreo	Norma aplicable
CO	0.633	11	ppm	24 h	NOM-021-SSA1-1993
SO ₂	0,00838	0.11	ppm	24 h	NOM-022-SSA1-2010
NO ₂	0,0013	0.21	ppm	24 h	NOM-023-SSA1-1993
O ₃	0,00530	0.11*	ppm	24 h	NOM-020-SSA1-1993
PST	114,79	210	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM 2.5	14,29	65	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM10	19,39	120	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
Pb	0,02496	1.5	µg / m ³	24 h	NOM-026-SSA1-1993

Los resultados de los muestreos y análisis de un contaminante en el aire están reportados a condiciones estándares de temperatura 298K (25°C) y presión barométrica 101kPa (760mmHg) conforme a normas de referencia.

*La concentración de ozono, no rebasa el límite máximo normado de 0,11 ppm para cada hora, se puede observar en las gráficas del anexo "memorias de cálculo". Para efectos prácticos se compara con el promedio de 24h.

RAZÓN SOCIAL:	Braskem Idesa, S.A.P.I.
PROYECTO:	ETILENO XXI
FECHA:	05 JUNIO 2011
REFERENCIA	63573

Día 3.					
Parámetro	Concentración	Límite máximo permisible	Unidades	Tiempo de muestreo	Norma aplicable
CO	0,873	11	ppm	24 h	NOM-021-SSA1-1993
SO ₂	0,00642	0,11	ppm	24 h	NOM-022-SSA1-2010
NO ₂	0,00130	0,21	ppm	24 h	NOM-023-SSA1-1993
O ₃	0,00494	0,11*	ppm	24 h	NOM-020-SSA1-1993
PST	84,64	210	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM 2,5	11,17	65	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM10	16,06	120	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
Pb	0,01558	1,5	µg / m ³	24 h	NOM-026-SSA1-1993

Los resultados de los muestreos y análisis de un contaminante en el aire están reportados a condiciones estándares de temperatura 298K (25°C) y presión barométrica 101kPa (760mmHg) conforme a normas de referencia.

*La concentración de ozono, no rebasa el límite máximo normado de 0,11 ppm para cada hora, se puede observar en las gráficas del anexo "memorias de cálculo". Para efectos prácticos se compara con el promedio de 24h.

RAZÓN SOCIAL:	Braskem Idesa, S.A.P.I.
PROYECTO:	ETILENO XXI
FECHA:	06 JUNIO 2011
REFERENCIA	63573

Día 4.					
Parámetro	Concentración	Límite máximo permisible	Unidades	Tiempo de muestreo	Norma aplicable
CO	0,531	11	ppm	24 h	NOM-021-SSA1-1993
SO ₂	0,00645	0,11	ppm	24 h	NOM-022-SSA1-2010
NO ₂	0,0012	0,21	ppm	24 h	NOM-023-SSA1-1993
O ₃	0,00500	0,11*	ppm	24 h	NOM-020-SSA1-1993
PST	110,96	210	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM 2.5	12,70	65	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM10	19,45	120	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
Pb	0,01978	1,5	µg / m ³	24 h	NOM-026-SSA1-1993

Los resultados de los muestreos y análisis de un contaminante en el aire están reportados a condiciones estándares de temperatura 298K (25°C) y presión barométrica 101kPa (760mmHg) conforme a normas de referencia.

*La concentración de ozono, no rebasa el límite máximo normado de 0,11 ppm para cada hora, se puede observar en las gráficas del anexo "memorias de cálculo". Para efectos prácticos se compara con el promedio de 24h.

RAZÓN SOCIAL:	Braskem Idesa, S.A.P.I.
PROYECTO:	ETILENO XXI
FECHA:	07 JUNIO 2011
REFERENCIA	63573

Día 5.					
Parámetro	Concentración	Límite máximo permisible	Unidades	Tiempo de muestreo	Norma aplicable
CO	0,439	11	ppm	24 h	NOM-021-SSA1-1993
SO ₂	0,0077	0,11	ppm	24 h	NOM-022-SSA1-2010
NO ₂	0,0025	0,21	ppm	24 h	NOM-023-SSA1-1993
O ₃	0,00632	0,11*	ppm	24 h	NOM-020-SSA1-1993
PST	124,75	210	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM 2.5	12,71	65	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM10	23,79	120	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
Pb	0,01651	1,5	µg / m ³	24 h	NOM-026-SSA1-1993

Los resultados de los muestreos y análisis de un contaminante en el aire están reportados a condiciones estándares de temperatura 298K (25°C) y presión barométrica 101kPa (760mmHg) conforme a normas de referencia.

*La concentración de ozono, no rebasa el límite máximo normado de 0,11 ppm para cada hora, se puede observar en las gráficas del anexo "memorias de cálculo". Para efectos prácticos se compara con el promedio de 24h.

RAZÓN SOCIAL:	Braskem Idesa, S.A.P.I.
PROYECTO:	ETILENO XXI
FECHA:	08 JUNIO 2011
REFERENCIA	63573

Día 6.					
Parámetro	Concentración	Límite máximo permisible	Unidades	Tiempo de muestreo	Norma aplicable
CO	0,446	11	ppm	24 h	NOM-021-SSA1-1993
SO ₂	0,00725	0,11	ppm	24 h	NOM-022-SSA1-2010
NO ₂	0,0015	0,21	ppm	24 h	NOM-023-SSA1-1993
O ₃	0,00426	0,11*	ppm	24 h	NOM-020-SSA1-1993
PST	111,67	210	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM 2.5	17,49	65	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM10	19,15	120	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
Pb	0,01436	1,5	µg / m ³	24 h	NOM-026-SSA1-1993

Los resultados de los muestreos y análisis de un contaminante en el aire están reportados a condiciones estándares de temperatura 298K (25°C) y presión barométrica 101kPa (760mmHg) conforme a normas de referencia.

*La concentración de ozono, no rebasa el límite máximo normado de 0,11 ppm para cada hora, se puede observar en las gráficas del anexo "memorias de cálculo". Para efectos prácticos se compara con el promedio de 24h.

RAZÓN SOCIAL:	Braskem Idesa, S.A.P.I.
PROYECTO:	ETILENO XXI
FECHA:	09 JUNIO 2011
REFERENCIA	63573

Día 7.					
Parámetro	Concentración	Límite máximo permisible	Unidades	Tiempo de muestreo	Norma aplicable
CO	0,490	11	ppm	24 h	NOM-021-SSA1-1993
SO ₂	0,00665	0,11	ppm	24 h	NOM-022-SSA1-2010
NO ₂	0,0018	0,21	ppm	24 h	NOM-023-SSA1-1993
O ₃	0,00444	0,11*	ppm	24 h	NOM-020-SSA1-1993
PST	117,05	210	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM 2.5	11,13	65	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM10	21,66	120	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
Pb	0,01552	1,5	µg / m ³	24 h	NOM-026-SSA1-1993

Los resultados de los muestreos y análisis de un contaminante en el aire están reportados a condiciones estándares de temperatura 298K (25°C) y presión barométrica 101kPa (760mmHg) conforme a normas de referencia.

*La concentración de ozono, no rebasa el límite máximo normado de 0,11 ppm para cada hora, se puede observar en las gráficas del anexo "memorias de cálculo". Para efectos prácticos se compara con el promedio de 24h.

RAZÓN SOCIAL:	Braskem Idesa, S.A.P.I.
PROYECTO:	ETILENO XXI
FECHA:	10 JUNIO 2011
REFERENCIA	63573

Día 8.					
Parámetro	Concentración	Límite máximo permisible	Unidades	Tiempo de muestreo	Norma aplicable
CO	1,257	11	ppm	24 h	NOM-021-SSA1-1993
SO ₂	0,01202	0,11	ppm	24 h	NOM-022-SSA1-2010
NO ₂	0,00260	0,21	ppm	24 h	NOM-023-SSA1-1993
O ₃	0,00502	0,11*	ppm	24 h	NOM-020-SSA1-1993
PST	118,10	210	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM 2.5	12,75	65	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM10	20,04	120	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
Pb	0,01401	1,5	µg / m ³	24 h	NOM-026-SSA1-1993

Los resultados de los muestreos y análisis de un contaminante en el aire están reportados a condiciones estándares de temperatura 298K (25°C) y presión barométrica 101kPa (760mmHg) conforme a normas de referencia.

*La concentración de ozono, no rebasa el límite máximo normado de 0,11 ppm para cada hora, se puede observar en las gráficas del anexo "memorias de cálculo". Para efectos prácticos se compara con el promedio de 24h.

RAZÓN SOCIAL:	Braskem Idesa, S.A.P.I.
PROYECTO:	ETILENO XXI
FECHA:	11 JUNIO 2011
REFERENCIA	63573

Día 9.					
Parámetro	Concentración	Límite máximo permisible	Unidades	Tiempo de muestreo	Norma aplicable
CO	1,586	11	ppm	24 h	NOM-021-SSA1-1993
SO ₂	0,01270	0,11	ppm	24 h	NOM-022-SSA1-2010
NO ₂	0,0032	0,21	ppm	24 h	NOM-023-SSA1-1993
O ₃	0,00534	0,11*	ppm	24 h	NOM-020-SSA1-1993
PST	105,45	210	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM 2.5	9,70	65	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM10	18,58	120	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
Pb	0,01652	1,5	µg / m ³	24 h	NOM-026-SSA1-1993

Los resultados de los muestreos y análisis de un contaminante en el aire están reportados a condiciones estándares de temperatura 298K (25°C) y presión barométrica 101kPa (760mmHg) conforme a normas de referencia.

*La concentración de ozono, no rebasa el límite máximo normado de 0,11 ppm para cada hora, se puede observar en las gráficas del anexo "memorias de cálculo". Para efectos prácticos se compara con el promedio de 24h.

16744

RAZÓN SOCIAL:	Braskem Idesa, S.A.P.I.
PROYECTO:	ETILENO XXI
FECHA:	13 JUNIO 2011
REFERENCIA	63573

Día 10.					
Parámetro	Concentración	Límite máximo permisible	Unidades	Tiempo de muestreo	Norma aplicable
CO	1,287	11	ppm	24 h	NOM-021-SSA1-1993
SO ₂	0,01370	0,11	ppm	24 h	NOM-022-SSA1-2010
NO ₂	0,00270	0,21	ppm	24 h	NOM-023-SSA1-1993
O ₃	0,00588	0,11*	ppm	24 h	NOM-020-SSA1-1993
PST	111,43	210	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM 2.5	11,31	65	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
PM10	20,21	120	µg / m ³	24 h	NOM-025-SSA1-1993
Pb	0,00672	1,5	µg / m ³	24 h	NOM-026-SSA1-1993

Los resultados de los muestreos y análisis de un contaminante en el aire están reportados a condiciones estándares de temperatura 298K (25°C) y presión barométrica 101kPa (760mmHg) conforme a normas de referencia.

*La concentración de ozono, no rebasa el límite máximo normado de 0,11 ppm para cada hora, se puede observar en las gráficas del anexo "memorias de cálculo". Para efectos prácticos se compara con el promedio de 24h.

VI INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Todos los valores obtenidos de los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites establecidos por las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-021-SSA1-1993, NOM-022-SSA1-2010, NOM-023-SSA1-1993, NOM-020-SSA1-1993, NOM-025-SSA1-1993 y NOM-026-SSA1-1993.

Los vientos prevalecientes durante el monitoreo soplaron con la siguiente frecuencias del Oeste (W) con 17,18 %, del Norte (N) con 11,9 %, del Noreste (NE) con 8,8 %, del Noroeste (NW) con 8,8 %, del Este (E) con 7,2 %, del Sureste (SE) con 7,8 %, del Sur con 7,2 % y del Suroeste (SW) con 6,7 %, con una velocidad promedio de 2,11 m/s.

VII CONCLUSIONES.

- Los valores promedio obtenidos en todos los parámetros muestreados, ***se encuentran dentro de los límites establecidos en los máximos permitidos por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-020-SSA1-1993, NOM-021-SSA1-1993, NOM-022-SSA1-2010, NOM-023-SSA1-1993, NOM-025-SSA1-1993 y NOM-026-SSA1-1993), por lo que puede concluirse que la calidad del aire en el área de estudio, es satisfactoria.***

ANEXOS

- MEMORIA DE CÁLCULO
- PLANO DE LOCALIZACIÓN
- MEMORIA FOTOGRÁFICA
- DATOS METEOROLÓGICOS.
- CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN.
- CADENA DE CUSTODIA EXTERNA.

JUNIO DE 2011

La reporte completo de los resultados de laboratorio de los análisis realizados para el monitoreo atmosférico están disponible contactando a antonio.galva@braskem.com, juancarlos.rangel@erm.com
Por favor incluya en su solicitud el nombre del documento que desea.

Anexo 5.12

Estudio de Riesgo de Inundación Área Arroyo Gopalapa



ERM-MÉXICO, S.A. DE C.V.
MAZATLÁN 96 COL CONDESA,
MÉXICO, D. F. MÉXICO 06140
(52 55) 50002500

Nicasio Morales Sarabia

Ingeniero Hidrólogo

México, D.F., a 11 de mayo de 2010

Ing. Edith Morales
Coordinadora de Proyecto
ERM México, S.A. de C.V.
Mazatlán 96
Col. Condesa
06140, México, D.F.

**Ref: REPORTE PRELIMINAR 003-10
ESTUDIO HIDROLÓGICO
NANCHITAL, VERACRUZ**

Estimada Ing. Morales:

Se presenta el Reporte Preliminar del Estudio Hidrológico para el sitio ubicado en la Nanchital, Veracruz. Este Reporte se desarrolló de acuerdo con los alcances presentados en la Propuesta 003-10, con fecha 18 de noviembre de 2010 y la información proporcionada por ERM México, S.A. de C.V.

Este Reporte Preliminar, presenta los hallazgos de la investigación realizada en la propiedad, así como los planos correspondientes al diseño de obras necesarias para la disposición de aguas pluviales del sitio.

Agradezco esta oportunidad de trabajar con ustedes y me pongo a sus órdenes para brindarles mis servicios de consultoría y asesoría.

Atentamente,

Nicasio Morales Sarabia
Ing. Hidrólogo

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

1	Introducción	6
1.1	Antecedentes	6
1.2	Objetivos	6
1.3	Alcance del trabajo	6
1.4	Limitaciones y excepciones	7
2	Descripción del sitio	9
2.1	Ubicación	9
2.2	Características del sitio	9
2.3	Reconocimiento del sitio	9
3	Medio físico	11
3.1	Ubicación	11
3.2	Orografía	11
3.3	Geología.....	11
3.4	Edafología	12
3.5	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN.....	12
3.6	Hidrología.....	14
3.6.1	Hidrología superficial	14
3.6.2	Hidrología subterránea.....	14
3.7	Clima.....	15
4	Estudio hidrológico.....	16
4.1	características hidrológicas del sitio	16
4.1.1	Condiciones actuales	16
4.1.2	Modelo lluvia-escurrimiento.....	17
4.1.3	Características principales del modelo	17
4.1.4	Proceso para obtención del modelo	18
4.2	Registros	18
4.2.1	Registros de precipitación	18
4.2.2	Análisis de registros de precipitaciones máximas	21
4.2.3	Análisis de duración de la tormenta.....	25
4.2.4	Metodología para el cálculo del gasto de diseño	28
4.2.5	Resumen de los métodos.....	30

5	ESTUDIO HIDRÁULICO	31
5.1	Metodología de Cálculo	31
5.2	Planta General y secciones transversales.....	31
5.3	Perfil hidráulico	32
6	CONCLUSIONES	32
7	RECOMENDACIONES	33
8	BIBLIOGRAFÍA.....	33

ESTUDIO HIDROLÓGICO

Reporte Preliminar

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

ERM México, S.A. de C.V. (ERM), se encuentra elaborando una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) para un sitio ubicado en el municipio de Nanchital, en el estado de Veracruz. El sitio denominado Nanchital, será ocupado por una industria química; donde se construirá una planta de etileno.

El predio, anteriormente, ha sido utilizado como terreno de cultivo (según la carta de uso de suelo de INEGI); por lo que, no existen construcciones en el sitio.

En la zona norte del sitio cruza el arroyo Gopalapa; por lo que, es de interés en el desarrollo de la MIA, conocer el posible riesgo de inundación que podría provocar el arroyo en un evento extraordinario de precipitación.

ERM ha solicitado este Estudio Hidrológico para conocer el potencial de inundación en un evento extraordinario de precipitación.

El Estudio Hidrológico, es una herramienta que permite evaluar los riesgos hidrometeorológicos asociados a la ubicación del sitio.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo de este Estudio Hidrológico es estimar el riesgo de inundación, asociados con eventos máximos de precipitación en la zona de estudio, considerando la cuenca de aportación del arroyo Gopalapa. A partir de estos datos, generar un gráfico con el riesgo potencial de inundación en el sitio.

1.3 ALCANCE DEL TRABAJO

El Alcance del trabajo para este Estudio de Hidrológico incluye las siguientes tareas:

Tarea 1. Recopilación de información del sitio.

- Revisión de cartas temáticas del INEGI: topografía, uso de suelo y vegetación, edafología, hidrología superficial e hidrología subterránea, en escalas disponibles, y fotos aéreas del sitio o en su caso ortofotos.
- Investigación de corrientes naturales cercanas al sitio.
- Revisión de información de estaciones climatológicas proveniente del software ERIC III o en su caso del Servicio Meteorológico Nacional, que se encuentren cercanas al sitio.

- Revisión de información de estaciones hidrométricas cercanas al sitio
- Investigación de información en dependencias del gobierno, así como instituciones públicas que brinden información de interés para el sitio.

Tarea 2. Visita al sitio

- Se considera la visita al sitio de dos días; debido a las condiciones de traslado al sitio (transporte aéreo).
- Reconocimiento de la condiciones del arroyo Gopalapa en los límites del sitio, aguas arriba y aguas abajo en el punto de interés.
- Reconocimiento de las condiciones de vertido del arroyo Gopalapa con el río Coatzacoalcos.

Tarea 3. Análisis de la información

- Análisis del arroyo Gopalapa y sus tributarios.
- Ubicación de la cuenca de captación del arroyo Gopalapa.
- Características de la cuenca del arroyo Gopalapa.
- Análisis de frecuencia de los datos de precipitación máxima en 24 horas para diferentes duraciones y periodos de retorno para obtener una intensidad de diseño para la estación climatológica de mayor influencia en la cuenca del arroyo Gopalapa (en caso necesario de no existir información hidrométrica disponible en el sitio).
- Cálculo del gasto de diseño a partir del modelo lluvia-escurrimiento.
- Análisis de frecuencia de los datos de gastos máximos para diferentes periodos de retorno para obtener un gasto de diseño (si existe información disponible en el sitio).
- Modelación de control de avenidas en una sección del arroyo Gopalapa a partir del gasto de diseño obtenido.

Tarea 4. Análisis de riesgo de inundación del sitio

- Determinación de las zonas de mayor riesgo de inundación del sitio.
- Ubicación de las zonas de descarga pluvial del sitio.

Tarea 5. Elaboración de cartografía

- Elaboración de cartografía con las zonificaciones según riesgos de inundación en el sitio.

Tarea 6. Elaboración de reporte

- Elaboración de reporte con los hallazgos del estudio en el sitio; así como, anexo fotográfico y cartográfico.

1.4 LIMITACIONES Y EXCEPCIONES

Los servicios se han realizado de una manera profesional tomando en cuenta los intereses del cliente. Es importante reconocer que hasta el más exhaustivo de los alcances puede fallar en la detección de problemas de hidrología en un sitio en particular. Por lo tanto, el consultor no puede actuar como asegurador y no incluye ninguna garantía escrita o implícita en los reportes, excepto

que todos los servicios fueron realizados con los límites preestablecidos por el cliente, con el acostumbrado interés y competitividad de esta profesión.

2 DESCRIPCIÓN DEL SITIO

2.1 UBICACIÓN

El predio se ubica entre el Circuito Industrial y el Corredor Transmicio Nuevo Teapa-Salina Cruz. Se encuentra aproximadamente a 3.0 km al oeste de la localidad de Nanchital, perteneciente al municipio del mismo nombre, en el estado de Veracruz. Ver Figura 1.

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL SITIO

El predio tiene una forma irregular, con una superficie total de 215-07-78.81 Ha. Actualmente, el predio está compuesto por 5 polígonos de los diferentes propietarios que conformaban el predio en su totalidad. Por el predio cruza un derecho de vía de PEMEX (Ver Foto 1 y 6). En el sitio no existen construcciones, debido a que el uso ha sido agrícola (Ver Foto 2). El predio se encuentra en la zona industrial de Nanchital.

2.3 RECONOCIMIENTO DEL SITIO

En el sitio en estudio, se pudo apreciar que existen zonas inundables (ver Foto 3), al preguntarle al guía, éste comentó que se mantienen casi todo el año; así mismo, comentarios por parte de ERM mencionan que existen zonas inundables en el predio, que no son visibles a simple vista.

En el predio existe una especie de valle, que el guía llamaba “Sabana” (ver Foto 4), en este lugar existe una zona de inundación (ver Foto 5). El área se encuentra con vegetación acuática y no existen árboles, solo pastizal bajo. En el momento del recorrido, había caballos pastando en el área.

En el punto visitado durante el recorrido, el arroyo Gopalapa se encuentra cubierto de vegetación en sus bordos, se apreció que en temporadas de lluvias tiene un arrastre de sedimentos y vegetación (ver Fotos 7 y 8). En este mismo punto, existe un puente elaborado con tubos (alrededor de 15) de 1.0 metro de diámetro, que sirven para conducir el agua de arroyo Gopalapa (ver Foto 10).

Según información del guía, el tirante del arroyo Gopalapa ha llegado a alcanzar hasta 3.0 metros de altura. Esto se presentó durante un norte, cuando llovió por dos días continuos en el mes de enero del presente año (ver Foto 9). Esto provocó inundación en la cuenca, y en los predios ribereños al arroyo, causando daños en viviendas. El día de la visita 15 de enero del año 2011, el tirante registrado en el arroyo fue 1.5 metros.

Uno de los objetivos durante la visita, fue observar la desembocadura del arroyo Gopalapa al río Coatzacoalcos; pero no se tuvo éxito. El motivo de no visitar tal punto, es debido a que el guía comentó que no hay acceso a esa zona, porque se encuentra inundado. Según información revisada en periódicos locales, durante avenidas extraordinarias el río Coatzacoalcos aumenta su tirante, provocando en el arroyo Gopalapa y en otros afluentes al río, un retorno de agua o en su caso remanso en los afluentes.

La zona en estudio sobre el río Gopalapa, se encuentra a 10.1 km aproximadamente de distancia de la desembocadura del río Coatzacoalcos.

3 MEDIO FÍSICO

3.1 UBICACIÓN

La cuenca del arroyo Gopalapa se encuentra ubicada en 2 municipios: Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río (más del 90%) y Coatzacoalcos (menos del 10 %).

La localidad de Nanchital se encuentra al oeste de la cuenca, casi en los límites con el río Coatzacoalcos. Una sección de la localidad de Nanchital, forma parte de la cuenca; así mismo, la localidad de Nuevo Mundo se encuentra dentro de la cuenca formada por el arroyo Gopalapa.

Al este de la cuenca se encuentra el río Coatzacoalcos, donde vierte sus aguas el arroyo Gopalapa. Al norte la cuenca limita con la zona industrial La cangrejera. Al sur limita con la carretera Nanchital-Las Choapas.

El centroide de la cuenca está ubicado en las coordenadas UTM X 355111 m, Y 1998481 m; Datum WGS 84, Zona 15 N. Ver Figura 1.

3.2 OROGRAFÍA

La cuenca del arroyo Gopalapa no cuenta con elevaciones de importancia; pero, existen en el sitio lomeríos que presentan elevaciones que oscilan de 10 a 50 m.s.n.m.

La cuenca forma parte de la Planicie Costera del Golfo; comprendida en la zona plana, drenada por los ríos Coatzacoalcos y Tonalá en sus últimos tramos antes de desembocar al Golfo. En esta planicie se distinguen áreas pantanosas correspondientes a las zonas más bajas y por lo tanto inundables.

3.3 GEOLOGÍA

La geología de la cuenca del arroyo Gopalapa está compuesta por dos tipos de unidades: Sedimentarias y Cronoestratigráfica.

En la porción occidental que corresponde a las márgenes del río Coatzacoalcos, se localiza la unidad identificada como de sedimentos arenosos correspondiente al terciario y que constituyen las formaciones denominadas Cedral, Agueguexquite, Paraje Solo y Filisola, los cuales están cubiertos por formaciones aluviales del reciente con espesores de 20 a 30 metros.

En la porción oriental, desde la margen derecha del río Coatzacoalcos hasta el río Tonalá la principal variación geológica es que los espesores de los sedimentos arenosos son mayores sobre todo hacia el estado de Tabasco; sin embargo, las granulometrías y permeabilidades son muy semejantes al grado de funcionar como una misma unidad hidroestratigráfica. El tipo de roca es arenisca del cenozoico terciario.

3.4 EDAFOLOGÍA

La cuenca del arroyo Gopalapa está compuesta por dos tipos de suelos predominantes: Cambisol y Gleysol. Ver Figura 2.

El cambisol es un suelo jóvenes y poco desarrollados que se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa que parece más suelo que roca, ya que en ella se forman terrones, además pueden presentar acumulación de algunos materiales como arcilla, carbonato de calcio, fierro, manganeso, etc., pero sin que esta acumulación sea muy abundante. Por lo general, el horizonte superficial es de color claro, o pobre en materia orgánica. Pueden tener cualquier tipo de vegetación, dependiendo del clima en que se encuentren.

Generalmente se les utiliza en agricultura de temporal o de riego con cultivos de caña de azúcar, arroz, granos, oleaginosas, cítricos y hortalizas, con rendimientos de pobres a moderados. También se les utiliza en actividades pecuarias. Tienen de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.

El Gleysol tiene textura fina, por lo que su drenaje interno es lento. Son de color pardo a gris y su contenido de materia orgánica va de moderado a alto.

Los gleysoles se originaron a partir de material aluvial, areniscas, calizas y algunos conglomerados. En el municipio se encuentran soportando una vegetación de pastos cultivados y/o inducidos para la ganadería de bovinos, con rendimientos de moderados a altos, o se utilizan en agricultura de temporal permanente con cultivos de caña o arroz. En otras áreas sostienen una vegetación de tular – popal y manglar.

Son muy poco susceptibles a la erosión.

3.5 USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

El uso de suelo predominante en la cuenca del arroyo Gopalapa es el pastizal inducido, según información de la carta de Uso de Suelo y Vegetación (INEGI, 1987) en escala 1:250,000. En la Tabla 1 se presenta un resumen sobre los uso de suelos en la cuenca.

Tabla 1. Uso de Suelo y Vegetación en la Cuenca del Arroyo Gopalapa.

CLAVE	VEGETACIÓN	% AREA
Ap	Selva alta perennifolia	26.1
C	Pastizal Cultivado	53.8
Tu	Tular	1.3
Pa	Palmar	6.0
Ma	Manglar	12.8

Fuente: Carta de Uso de Suelo y Vegetación, INEGI, 1987.

Como se puede ver en la Tabla 1, además del pastizal cultivado, la selva alta perennifolia y el manglar, cubren la cuenca del arroyo Gopala. Ver Figura 3.

El Uso de Suelo y Vegetación, es un parámetro importante en el cálculo del escurrimiento en algunos modelos de Lluvia-Escurrecimiento.

3.6 HIDROLOGÍA

3.6.1 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

El sitio en estudio forma parte de la Región Hidrológica No.29 Coatzacoalcos, es parte de la cuenca del río Coatzacoalcos. Dentro del sitio en estudio se ubica el parteaguas de 2 microcuencas, la del arroyo Gopalapa y una corriente que cruza la localidad de Nanchital (se desconoce el nombre). Por el predio en estudio, cruza el Arroyo Gopalapa.

El Arroyo Gopalapa es intermitente y desemboca al río Coatzacoalcos, se origina a partir de los escurrimientos de una pequeña cordillera ubicada al este de la zona de estudio. La elevación de la cordillera es aproximadamente 100 MSNM.

La longitud del arroyo principal aguas arriba del sitio en estudio es de 5300 m aproximadamente y aguas abajo es de 18,200 m.

3.6.2 HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

La microcuenca del arroyo Gopalapa se ubica en el acuífero Costera de Coatzacoalcos. El acuífero de Costera de Coatzacoalcos cubre aproximadamente una superficie de 2,600 km² y se encuentra en el extremo sureste del Estado de Veracruz. Limita al norte con el Golfo de México, al sur con el paralelo 17° 53', al oriente con el río Tonalá que sirve de límite con el estado de Tabasco y al oeste con una línea imaginaria que coincide sensiblemente con el meridiano que pasa por cerro de San Martín del macizo volcánico de los Tuxtlas y la población de Jáltipan de Morelos.

Los acuíferos someros constituidos por depósitos aluviales presentan espesores de 40 a 50 metros y funcionan como acuíferos libres, recibiendo una alimentación vertical por la infiltración del agua de lluvia, que posiblemente sea la componente más importante de la recarga total.

En la porción occidental de la margen izquierda del río Coatzacoalcos, los acuíferos están constituidos en la unidad identificada como sedimentos arenosos cubiertos en la mayor parte del área por formaciones aluviales. En estos sedimentos arcillosos, los acuíferos funcionan como confinados y semiconfinados donde el confinamiento superior está constituido por depósitos aluviales y el confinamiento inferior está constituido por las formaciones arcillosas del terciario

En el acuífero se presenta problemática relacionada con:

- Impactos operativos por sobreexplotación local, debidos al reducido espesor de los acuíferos y a su consecuente dificultad para recuperar los niveles de bombeo.
- Arrastre de finos arenosos en el agua de algunas captaciones.
- Intrusión de agua marina, debido a la carga constante del mar - ubicado como frontera al norte del acuífero – conjugada con los conos de abatimiento en las captaciones cercanas al mismo.

La frecuente e intensa precipitación, propia de esta zona, constituye una recarga constante e infalible y que la extensión del acuífero es por mucho mayor a la del área de captación, por lo que la reserva total de agua almacenada no corre riesgo de agotarse. En la Tabla 2, se presenta un resumen sobre el acuífero.

Tabla 2. Resumen sobre características del acuífero

Clave:	3012
Nombre del Acuífero:	Costera de Coatzacoalcos
Descarga Natural Comprometida:	9.70000 Mm ³ Anual
Volúmen Concesionado de Agua Subterránea:	36.94662 Mm ³ Anual
Volúmen de Extracción Consignado en Estudios Técnicos:	35.90000 Mm ³ Anual
Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea:	125.55338 Mm ³ Anual
DEFICIT:	0.00000 Mm ³ Anual
Recarga Media Anual:	172.20000 Mm ³ Anual

Fuente: CONAGUA, 2002.

3.7 CLIMA

El clima en el sitio de estudio se clasifica como Am, es decir, cálido húmedo con abundantes lluvias en verano. Presenta temperaturas cálidas todo el año y un periodo de sequía invernal constantemente quebrado por frentes fríos provenientes de la masa continental norteamericana localmente conocidos como "Norte" y que ocasionan que los meses más secos se retrasen hasta Marzo y Abril.

Las temperaturas medias mensuales tienen una amplitud modesta que va de 21.7 °C en enero hasta 27.2 °C en mayo. Los extremos de calor fluctúan entre 35 y 40 °C (de abril a septiembre) y los extremos de frío son de entre 12 y 15 °C (de diciembre a febrero).

La media de precipitaciones se acerca a los 3,000 mm anuales, con un máximo en septiembre y octubre.

4 ESTUDIO HIDROLÓGICO

4.1 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DEL SITIO

4.1.1 CONDICIONES ACTUALES

Durante la visita al sitio, se pudo apreciar que la cuenca del arroyo Gopalapa tiene una mezcla de usos de suelos que van desde el uso agrícola, habitacional hasta industrial; así como, la vegetación propia de la cuenca.

La cuenca tiene áreas con vegetación conservada, y otras zonas con un impacto alto. Según comentarios del personal guía en el sitio, la vegetación se regenera en meses por la humedad y temperatura en la cuenca.

En el recorrido, en particular para el sitio en estudio, se pudo apreciar que existen zonas inundables, al preguntarle al guía, éste comentó que se mantienen casi todo el año con agua.

En el predio existe una especie de valle, que el guía llamaba Sabanas, en este lugar existe una zona de inundación. El área se encuentra con vegetación acuática y no existen árboles, solo pastizal bajo. En el momento del recorrido, había caballos pastando en el área.

En el punto visitado durante el recorrido, el arroyo Gopalapa se encuentra cubierto de vegetación en sus bordos, se apreció que en temporadas de lluvias tiene un arrastre de sedimentos y vegetación. En este mismo punto, existe un puente elaborado con tubos (alrededor de 15) de 1.0 metro de diámetro, que sirven para conducir el agua de arroyo Gopalapa.

Según información del guía, el tirante del arroyo Gopalapa ha llegado alcanzar hasta 3.0 metros de altura. Esto se presentó durante un norte, cuando llovió por dos días continuos en el mes de enero del presente año. Esto provocó inundación en la cuenca, y en los predios ribereños al arroyo, causando daños en viviendas. El día de la visita 15 de enero del año 2011, el tirante registrado en el arroyo fue 1.5 metros.

4.1.2 MODELO LLUVIA-ESCURRIMIENTO

La metodología seguida para el Estudio Hidrológico está fundamentada en el uso de un modelo determinístico - conceptual para la conversión de precipitación a escurrimiento, comúnmente llamado modelo lluvia-escurrimiento.

Un modelo lluvia-escurrimiento consiste en convertir la precipitación a escurrimiento conociendo las características de la cuenca en estudio. Los principales parámetros que intervienen en el proceso de conversión de lluvia a escurrimiento son los siguientes:

- Área de la cuenca
- Altura de precipitación
- Características generales o promedio de la cuenca (forma, pendiente, vegetación, etc)
- Distribución de la lluvia en el tiempo
- Distribución en el espacio de la lluvia y de las características de la cuenca.

4.1.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL MODELO

La precipitación se especifica en forma de un valor de lámina (mm).

La abstracción de la precipitación, que en el caso de tormentas consiste mayormente de infiltración, se efectúa con el método del número de la curva del escurrimiento (runoff curve number), un modelo conceptual desarrollado por el SCS (Soil Conservation Services), E.U.A. en 1954 y de aplicación global (National Engineering Handbook, Part 630, SCS, 1985), con el Método Racional de aplicación global.

4.1.4 PROCESO PARA OBTENCIÓN DEL MODELO

1. Se revisó la cartografía existente en la zona del sitio. El área de drenaje se determinó mediante las curvas de nivel en el área de estudio y cartas topográficas escala 1:50,000. Un reconocimiento visual por toda el área del sitio permitió realizar la verificación de diversos puntos de interés.
2. Se obtuvieron datos de precipitación de la información disponible y confiable usando los datos entre un periodo de 23 años correspondiente a 1960-1983, para la estación climatológica con mayor influencia en la zona de estudio; en este caso fue la estación Nanchital (SMN).
3. Se utilizó el método de Thiessen para conocer la estación con mayor influencia en la zona de estudio (Estación "Nanchital").
4. Se extrapolaron los valores de lámina ponderados a los periodos de 5, 10, 50, 100, y 500 años utilizando los métodos de distribución Normal, Lognormal, Gumbel, Exponencial, Gamma y Doble Gumbel.
5. Se eligió el método más representativo en relación con los datos y el error estándar, que para este estudio fue el método de Doble Gumbel.
6. Se obtuvieron datos de intensidad de lluvia (Isoetas) en la zona del estudio en periodos de retorno de 5, 10, 50 y 100 años (Veracruz, SCT, 2000);
7. Se evaluaron las condiciones de uso del sitio, previa estimación del número de curva de escurrimiento (Método Racional). Se utilizó como referencia los usos y tipos de suelo en la zona de estudio.
8. Se evaluaron las pendientes topográficas del sitio.

4.2 REGISTROS

4.2.1 REGISTROS DE PRECIPITACIÓN

Los registros de precipitación máxima en 24 horas en intensidad de lluvia (mm/hr), se obtuvieron de la estación climatológica Nanchital con clave 30214 para un periodo de 23 años (1961-1983). La elección de la estación partió del análisis de los polígonos de Thiessen, mediante los cuales se obtienen las áreas de influencia de las estaciones climatológicas para un área determinada. Los registros de la estación climatológica Nanchital se obtuvieron del software ERIC II (Extractor Rápido de Información Climatológica) publicado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, 2000). La Tabla 3 muestra el resumen de las precipitaciones máximas anuales para el periodo de 1961-1983. La estación Nanchital cuenta con información a partir del año 1939; pero existe un vacío de información en el intervalo de años de 1949-1959. Ver Figura 4.

Tabla 3. Precipitaciones máximas registradas en la estación climatológica Nanchital (SMN) en el periodo de 1960-1983 en mm

Año	Precipitación Máxima
1960	100.4
1961	178.0
1962	102.0
1963	139.0
1964	217.0
1965	113.0
1966	301.0
1967	295.0
1968	161.0
1969	234.5
1970	120.0
1971	113.0
1972	340.5
1973	203.0
1974	125.0
1975	140.0
1976	140.0
1977	120.0
1978	95.0
1979	60.0
1980	120.0

1981	130.0
1982	220.0
1983	342.0

La forma de conocer el comportamiento de la precipitación, en eventos máximos, es por medio de un análisis de frecuencia que en la siguiente sección se analiza.

4.2.2 ANÁLISIS DE REGISTROS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS

El objetivo del análisis de frecuencia de información hidrológica es relacionar la magnitud de los eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia mediante el uso de distribuciones de probabilidad. La información (precipitación máxima anual) empleada en este reporte, es posteriormente extrapolada al tiempo de retorno requerido y utilizada para calcular el flujo de crecientes que ocurre en este periodo de retorno.

Para asegurar la independencia de los datos de la serie se tomó un solo valor por cada año de registro: el máximo.

El análisis estadístico de la serie de máximos históricos permitió establecer las características de la serie, en cuanto a la longitud del registro y la consistencia de la información. Luego de que se establecieron las características de la serie se procedió a calcular los parámetros estadísticos que representan el régimen histórico de las crecientes; estos parámetros estadísticos son Promedio ($\bar{X}$), Desviación Estándar (s) y Coeficiente de Asimetría (Cs).

Donde:

- La Media Aritmética
$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$
- La Desviación Estándar
$$s = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right]^{1/2}$$
- El Coeficiente de Asimetría
$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$$

Posteriormente, utilizando métodos de inferencia estadística, se calcularon los parámetros de la muestra para aplicarlos en el pronóstico de probabilidad de las crecientes futuras; estos parámetros son Esperanza Matemática (μ), Varianza (s^2) y Coeficiente de Asimetría (Cs).

Donde:

La Esperanza Matemática
$$\mu = E(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)dx$$

La Varianza
$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$$

Por último, se seleccionó una distribución de probabilidades y se calcularon los picos de crecienta para Períodos de Retorno (Tr) determinados: 5, 10, 25, 50, 100, 250 y 500 años.

Distribuciones de Probabilidad

Una distribución de probabilidad es una función que representa la probabilidad de ocurrencia de una variable aleatoria. Mediante el ajuste a una distribución de un conjunto de datos hidrológicos, una gran cantidad de información probabilística en la muestra puede resumirse en forma compacta en la función y en sus parámetros asociados. Los ajustes de las distribuciones de probabilidad se hacen por medio del método de momentos o de máxima verosimilitud.

Método de Momentos

El método de momentos consiste en igualar los valores de los parámetros estadísticos de la muestra con los de la población, es decir, que la media, varianza y asimetría (primero, segundo y tercer momentos) de la muestra sean iguales a los de la función de distribución de probabilidad.

Método de Máxima Verosimilitud

El método de máxima verosimilitud busca maximizar la función de verosimilitud $L(x)$ para encontrar el mejor ajuste de cada función de probabilidad. Esta función se define como:

$$L = \prod_{k=1}^n A_k$$

Donde $\prod$ es el operador que indica el producto de los valores que representa su argumento (semejante al operador de suma $\sum$, ya que mientras $\sum x_i = x_1 + x_2 + x_3 + \dots$, el operador $\prod$ se define como $\prod x_i = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \dots$).

Métodos Estadísticos

Se utilizaron los siguientes métodos estadísticos para los análisis de frecuencia: (1) Distribución Normal, (2) Distribución Log-normal, (3) Distribución de Valor Extremo Tipo I (Gumbel), (4) Exponencial, (5) Gamma y (6) Doble Gumbel.

1) Distribución Normal

Las variables hidrológicas, como la precipitación anual, calculada como la suma de los efectos de muchos eventos independientes, tienden a seguir la distribución normal. Las principales limitaciones de la distribución normal en la descripción de variables hidrológicas son, por un lado, que ésta varía a lo largo de un rango continuo, mientras que las precipitaciones son no negativas y, por otro lado, que es simétrica alrededor de la media, mientras que la información hidrológica tiende a ser asimétrica.

2) Distribución Log- normal (Log Pearson Tipo III)

Ing. Nicasio Morales Sarabia
Navarra No.31
Col Alamos
C.P.03400 México, D.F.
Tel 5523256698
Correo nicasiom@gmail.com

La distribución Log- normal tiene ventaja sobre la distribución normal en cuanto a que está limitada ($X > 0$) y de que la información log tiende a reducir la asimetría positiva comúnmente encontrada en información hidrológica, debido que al tomar logaritmos se reducen en una porción mayor de números grandes que los números pequeños. Algunas de las limitaciones de la distribución Log-normal son por un lado, que tiene solamente dos parámetros y, por otro lado, que requiere que los logaritmos de los datos sean simétricos alrededor de la media.

3) Distribución de valor extremo tipo I (Gumbel)

Las distribuciones de valores extremos seleccionados de conjuntos de muestras de cualquier distribución de probabilidad convergen en una forma de distribución de valor extremos cuando el número de valores extremos seleccionados es grande.

4) Distribución Exponencial

Algunas secuencias de eventos hidrológicos, como la ocurrencia de precipitación, puede considerarse como de procesos de Piosson, en los cuales los eventos ocurren instantáneamente e independientemente en un horizonte de tiempo, o a lo largo de una línea. La distribución exponencial se utiliza para describir los tiempos de interarribo de choques aleatorios a sistemas hidrológicos, tales como volúmenes de escurrimiento contaminado que entran en los ríos a medida que la lluvia lava los contaminantes localizados en la superficie del terreno. La ventaja de la distribución exponencial radica en que es fácil estimar λ a partir de la información observada y que la distribución exponencial se adapta muy bien a estudios teóricos. Su desventaja es que requiere que la ocurrencia de cada evento sea completamente independiente de sus vecinos, lo cual puede ser un supuesto no válido para el proceso en estudio.

5) Distribución Gamma

El tiempo que toma la ocurrencia de un número de β de eventos en un proceso de Poisson está dado por la distribución gamma, la cual es la distribución de una suma de β variables aleatorias independientes e idénticas, distribuidas exponencialmente. La distribución gamma tiene una forma que varía suavemente similar a la función de densidad de probabilidad típica y es muy útil para la descripción de variables hidrológicas asimétricas sin el uso de la transformación log. Como ejemplo, se ha aplicado a la descripción de la distribución de alturas de precipitación en tormentas.

6) Distribución Doble Gumbel

La función Doble Gumbel permite analizar muestras de datos formados por dos poblaciones distintas. Es muy útil cuando se tienen datos, de precipitaciones máximas por ejemplo, en los que se registran precipitaciones provocados por ciclones, los cuales sobresalen de los demás, ya que forman parte de otra población.

La Tabla 4 presenta las distribuciones de probabilidad usadas en este Estudio Hidrológico.

Tabla 4. Distribuciones de probabilidad

Función Densidad Probabilidad	Momentos	Máxima Verosimilitud
Normal	$\alpha =$ media y $\beta =$ desviación	$\alpha =$ media y $\beta =$ desviación (Igual que por Momentos)
Lognormal	$\delta =$ media-desv y $\beta = \sqrt{\ln(Z^2 + 1)}$ $\alpha = \ln\left(\frac{desv}{Z}\right) - \frac{1}{2}\ln(Z^2 + 1)$ $z = 1 - \frac{\omega^{\frac{2}{3}}}{\omega^{\frac{2}{3}}} y \omega = -astms + \sqrt{astms^2 + 4}$	$\alpha = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(X_i - \delta)$ $\beta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [\ln(X_i - \delta) - \alpha]^2$ $\sum_{i=1}^N \frac{\alpha - \beta^2}{X_i - \delta} - \sum_{i=1}^N \frac{\ln(X_i - \delta)}{X_i - \delta} = 0$
Gumbel	$\alpha = \frac{1.2875}{desv}$ $\beta = media - 0.45 desv$	$\sum_{i=1}^N X_i e^{-\alpha X_i} - \left(media - \frac{1}{\alpha}\right) \sum_{i=1}^N e^{-\alpha X_i} = 0$
Exponencial	$\alpha = desv$ y $\beta = media - \alpha$	$\alpha = media$ y $\beta = 0$
Gamma	$\beta = \frac{4}{astms^2}$ y $\alpha = \frac{desv}{\sqrt{\beta}}$ $\delta = media - \alpha * \beta$	$\beta = \frac{\omega}{\omega - N^2}$ y $\alpha = \frac{1}{N\beta} \sum_{i=1}^N (X_i - \delta) - N \frac{\Gamma(\beta)}{\Gamma(\beta)} + \sum_{i=1}^N \ln(X_i - \delta) - N \ln \alpha = 0$
Doble Gumbel	$F(X) = p(e^{-\alpha_1(X-\beta_1)}) + (1-p)(e^{-\alpha_2(X-\beta_2)})$	$\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2$ y P

Los cálculos de las distribuciones de probabilidad se realizaron a través del software Ajuste de Funciones de Probabilidad Versión 1.05 (AX, 1997), editado por Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Facultad de Ingeniería, UNAM.

Los datos se extrapolaron para periodos de retorno de 5, 10, 50, 100 y 500 años. En el caso del presente reporte se considera un periodo de retorno de 100 años, debido a que una sección del sitio de estudio se encuentra sobre el arroyo Gopalapa. La CONAGUA requiere de un periodo de retorno de 100 años para realizar obras en las márgenes de las corrientes por el uso de la zona federal.

El criterio para la selección de la mejor distribución de probabilidad se basó en el error estándar. El error estándar de un estimativo, es una medida de la desviación estándar de las magnitudes de los eventos calculadas mediante muestras con respecto a la magnitud verdadera del evento. Por lo tanto, cada una de las distribuciones de probabilidad tiene su error estándar. En la Tabla 6 se presenta un resumen de los errores estándar calculado para cada distribución.

Tabla 6. Resumen de errores estándar de las distribuciones de probabilidad

Función	Momentos		Máxima Verosimilitud	
	2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros
Normal	28.526	-----	28.526	-----
Lognormal	21.529	21.892	22.402	23.738
Gumbel	21.19	-----	25.542	-----
Exponencial	21.514	-----	67.961	-----
Gamma	21.267	21.046	23.963	20.813
Doble Gumbel	16.077			

Como se aprecia en la Tabla 6, la distribución con menor error estándar es la Doble Gumbel con un valor de 16.077, por lo tanto, es la distribución que mejor se ajusta a los datos de la estación climatológica Nanchital (SMN).

4.2.3 ANÁLISIS DE DURACIÓN DE LA TORMENTA

Para determinar la duración de precipitación de la tormenta, se utilizó la información obtenida de las isoyetas de “Intensidad-Duración-Frecuencia” (ver Tabla 7) de la República Mexicana (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT, 2000), se tomó la información para el Estado de Veracruz y en caso particular para Coatzacoalcos, debido a que es la estación climatológica con mayor influencia en el sitio. El análisis y extrapolación de los datos de las isoyetas se realizó sobre tiempos de retorno de 5 hasta 500 años y para duraciones de precipitación de 5, 10, 20, 30, 60, 120 y 240 minutos, y resultó la Tabla 7.

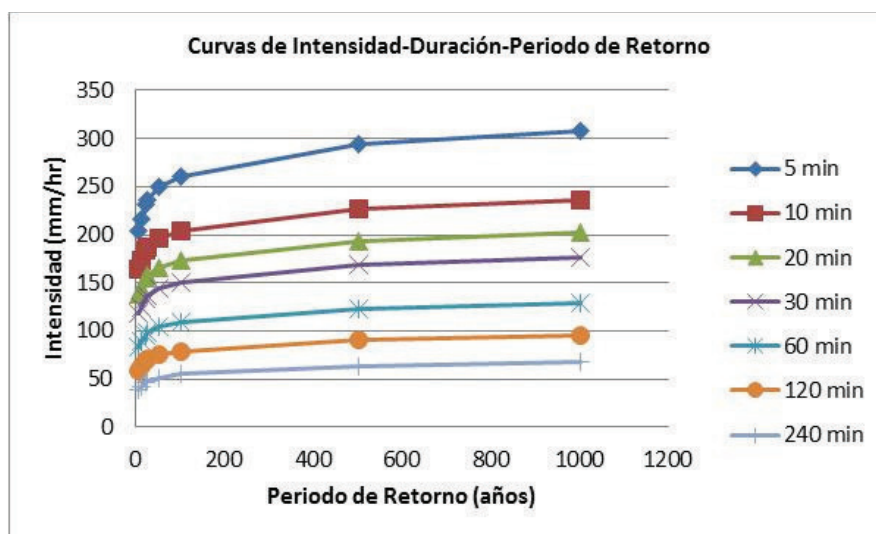
Tabla 7. Análisis de “Intensidad-Duración-Frecuencia” para la zona de estudio

		Periodo de Retorno						
		5	10	50	100	500		
Intensidad (mm/hr)	204	216	249	261	294	5	Duracion (min)	5
	165	173	196	204	226	10		10

	138	145	166	173	193	20
	118	125	144	150	168	30
	84	89	104	109	124	60
	59	63	75	79	91	120
	39	42	51	55	64	240

Al graficar la Tabla 7, da como resultado las curvas de Intensidad- Duración-Periodo de Retorno. En la Gráfica 1 se presentan las curvas.

Gráfico 1. Curvas Intensidad-Duración-Periodo de Retorno



Del Gráfico 1 se puede deducir la duración de una tormenta para un periodo de retorno dado introduciendo un valor de intensidad.

A partir de la Tabla 5 y la Tabla 6, así como el Gráfico 1, se deduce la Tabla 8 que muestra los datos de isoyetas extrapolados a los obtenidos del análisis de precipitación (Doble Gumbel) lo que permitió obtener la duración correspondiente.

Tabla 8. Parámetros de Intensidad- Duración- Periodo de Retorno (24 horas)

Periodo de Retorno (años)	5	10	50	100	500
Duración (minutos)	0.7	0.5	0.6	0.5	0.6

Intensidad de lluvia (mm/h)	285.8	316.6	353.8	368.3	402.2
-----------------------------	-------	-------	-------	-------	-------

Con los resultados obtenidos del análisis de frecuencia y la elección de la distribución de Doble Gumbel, y a partir de la deducción de las curvas Intensidad-Duración-Periodo de Retorno del Gráfico 1, se obtuvo la Tabla 8, en la cual los resultados vienen dados a partir de introducir las diferentes intensidades de precipitación para los diferentes periodos de retorno obtenidos por la distribución Gumbel e ingresado en las ecuaciones resultantes de las isoyetas extrapoladas.

Los registros de precipitación de la estación Nanchital (SMN), son los máximos en 24 horas; por lo que, no se puede conocer a través de estos datos la duración de la tormenta. Para conocer la duración de la tormenta se recurre a información publicada por la SCT, sobre precipitación para diferentes duraciones (5, 10, 20, 30, 60, 120, 240) para diferentes periodos de retorno (10, 20, 25, 50 y 100), obteniéndose el Gráfico 1. De la información del Gráfico se obtienen diferentes ecuaciones para los diferentes periodos de retorno y duración; a partir de estas ecuaciones se usa la intensidad de precipitación para el periodo de retorno correspondiente y de esta forma conocer la duración de la tormenta. Como se resultado de este proceso se obtiene la Tabla 8.

Ahora, para conocer la relación de la precipitaciones máximas en 1 hora y 24 horas, se calcula la relación P1/P24. En la Tabla 9, se presenta la relación de precipitaciones

Tabla 9. Relación entre la intensidad de 1 y 24 horas.

	5	10	20	50	100	500	1000	Precip Máx
SCT	84	89	96	104	109	124	130	1 hora
Nanchital	286	317	334	354	368	402	417	24 horas
Relación	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

Con la relación obtenida para un periodo de retorno de 100 años, valor de 0.3, se obtiene la duración para 1 hora. De esta forma se obtiene una intensidad de 110.5 mm/hr.

Por lo tanto, se tiene que para un periodo de retorno de 100 años se tiene una intensidad de 110.5 mm/hr con una lámina de 121 mm para una duración de 65.7 minutos.

Los valores anteriores, se usarán para el cálculo del gasto de diseño para el análisis hidráulico.

En la Tabla 10, se presentan los resultados para cada periodo de retorno haciendo uso de la relación obtenida en la Tabla 9.

Tabla 10. Parámetros de Intensidad- Duración- Periodo de Retorno (1 hr)

Periodo de Retorno (años)	5	10	50	100	500
Duración (minutos)	70.8	69.9	81.9	65.7	61.6
Intensidad de lluvia (mm/h)	83.6	89.0	98.0	110.5	129.5

4.2.4 METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL GASTO DE DISEÑO

MÉTODO RACIONAL

El Método Racional se aplica en cuencas homogéneas pequeñas, menores de 1,500 hectáreas, principalmente para drenajes de carreteras, patios, áreas rurales, etc.

Se representa con la siguiente expresión:

$$Q = 0.278 CiA$$

En donde:

Q = Gasto pluvial (m³/s)

C = Coeficiente de escurrimiento

i = Intensidad media de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca en mm/hora

A = Área de la cuenca (km²)

0.278 = Constante que uniformiza las unidades utilizadas.

MÉTODO SOIL CONSERVATION SERVICE

Se utilizó el método SCS (Soil Conservation Services), denominado número de curva de escorrentía CN, para calcular las abstracciones de la precipitación de la tormenta de diseño, las cuales incluyen la interceptación, la detención superficial y la infiltración propiamente dicha. El número de curva varía de 0 a 100, existiendo una función de las siguientes propiedades productoras de escurrimiento de la cuenca hidrográfica:

1. Tipo de suelo hidrológico
2. Utilización y tratamiento del suelo
3. Condiciones de la superficie del terreno
4. Condición de humedad antecedente del suelo

Los números de curvas se aplican para condiciones antecedentes de humedad (AMC). La respuesta de los suelos en cuanto a su capacidad de infiltración depende de lo que el método denomina "humedad antecedente", para lo que se definen tres condiciones: I, II y III, en orden creciente desde los estados de mayor sequedad, a los de proximidad de saturación. En el presente estudio se adoptó la condición III (condición extrema) que corresponde a una condición de humedad que tiene el mayor potencial de escorrentía, con suelos que recibieron una precipitación acumulada superior a 52.5 mm de los 5 días previos al evento considerado.

Los números de curva equivalentes para la condición III se calculan por:

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

MÉTODO DE VEN TE CHOW

El Método de Chow, permite conocer solamente el gasto máximo del hidrograma de escurrimiento para un periodo de retorno dado, y se aplica a cuencas hidrológicas menores de 25 km².

El gasto pico del escurrimiento directo se calcula con la expresión:

$$Q_p = q_p P_e \quad (1)$$

Donde q_p es el gasto pico del hidrograma unitario, en m³/s/mm; P_e es la lluvia efectiva, en mm.

En el hidrograma o curva S el gasto de equilibrio puede calcularse con:

$$Q_e = A / 3.6 d \quad (2)$$

El factor de reducción Z, propuesto por Chow, se calcula a partir de la relación:

$$Z = q_p / q_e \quad (3)$$

Sustituyendo las ecuaciones (2) y (3) en la (1)

$$Q_p = 0.278 AZ P_e / d \quad (4)$$

Multiplicando el numerador y denominador de la ecuación (4) por P_{eb} (P_{eb} es la lluvia en exceso calculada para la estación base y que está expresada en mm para una duración dada), se tiene:

$$Q_p = A Z (P_{eb}/d) (P_e/P_{eb}) \quad (5)$$

Ahora bien, si consideramos que:

$$X = P_{eb}/d; \text{ y } Y = 0.278 P_e/P_{eb} \quad (6)$$

La ecuación (5) se transforma de la forma siguiente:

$$Q_p = A X Y Z \quad (7)$$

Donde A es el área de la cuenca, en km²; X es el factor de escurrimiento (P_{eb} , en mm y d, en horas); Y es el factor climático (P_e y P_{eb} , en mm); Z es el factor de reducción, adimensional.

4.2.5 RESUMEN DE LOS MÉTODOS

De la aplicación de los diferentes métodos usados para obtener un gasto de diseño para un periodo de retorno de 100 años, se presenta la Tabla 11.

Tabla 11. Resumen de los Métodos Lluvia-Escurrecimiento.

Método	Q Diseño (m ³ /s)
Soil Conservation Service	156.1
Racional Americano	201.2
Ven Te Chow	83.8

El método que mejor se adapta, y considera las características de la cuenca, uso de suelo y vegetación, edafología y la información de precipitación es el método Soil Conservation Service.

Por lo tanto, para realizar el desarrollo hidráulico del estudio se tomará este gasto de diseño.

5 ESTUDIO HIDRÁULICO

5.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Considerando el gasto de diseño obtenido en la sección 4.2.5 de este documento, se calcularán los niveles, tirante y velocidades del arroyo Gopalapa, en el sitio donde se construirá la planta. Los cálculos se realizarán a través de un tránsito de avenidas en el tramo en estudio, en el arroyo Gopalapa.

Para la elaboración del Estudio Hidráulico, se considera el uso del software HEC-RAS editado por el US Army Corps of Engineers. El software es una herramienta de análisis para tránsitos de avenidas en ríos.

El HEC-RAS es un software de uso común en México, y ha sido recomendado por la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA), en proyectos hidrológicos de tránsito de avenidas.

El HEC-RAS resuelve el flujo gradualmente variado a partir de la ecuación de balance de energía (trinomio de Bernoulli) entre dos secciones dadas, excepto en los casos que simulen estructuras como puente, vertedores o tramos cortos entubados. En tales casos, HEC-RAS resuelve la ecuación de conservación de la cantidad de movimiento, así como ciertas ecuaciones de carácter empírico establecidas para estructuras.

5.2 PLANTA GENERAL Y SECCIONES TRANSVERSALES

La planta general a ingresar en el HEC-RAS, se encuentra en la Figura 5. Para la puesta en marcha del software, se usaron las secciones cada 20.0 metros, y la cota 9.22 como nivel de desplante del punto visitado, que se encuentra sobre el derecho de vía de PEMEX.

El gasto de diseño usado, será el señalado en la sección 4.2.5 de este documento, para un periodo de retorno de 100 años.

El coeficiente de Manning para las secciones del río, fueron obtenidas con la ayuda de la visita de campo; caracterizando de esta forma los bordos del río. Los coeficientes de Manning se obtuvieron de la Tabla 5.6, del libro Hidráulica de Canales Abiertos (Ven Te Chow, pags 108-111).

Para el caso del arroyo Gopalapa, se obtuvieron los valores del coeficiente de Manning de 0.120.

El régimen usado para el arroyo Gopalapa fue subcrítico; debido a que es el estado más desfavorable con la mayor altura del tirante.

El tirante de la avenida máxima observada presentada en enero de 2011, fue de 3.0 metros, según información en sitio. El día de la visita (15/enero/2011), el tirante registrado fue de 1.5 metros de profundidad.

En el Anexo 2, se presentan las secciones para el arroyo Gopalapa.

5.3 PERFIL HIDRÁULICO

Los resultados obtenidos del HEC-RAS para el perfil hidráulico se presentan en la Figura 6. Como se puede observar, para el periodo de retorno de 100 años y el gasto de diseño estimado, el tirante del arroyo Gopalapa queda por encima de los bordos; resultando un desbordamiento del arroyo en las secciones modeladas.

Al realizar el análisis de la avenida en el software HEC-RAS, dio como resultado un tirante de 13.13 metros en un evento extraordinario de lluvia, en el punto seleccionado en el arroyo Gopalapa.

Del plano topográfico proporcionado por el cliente, las cotas de elevación se encuentran en metros sobre el nivel del mar (msnm). En el punto seleccionado sobre el arroyo Gopalapa, la altura de desplante, según el plano topográfico es de 9.22 msnm. El tirante medido el día de la visita fue de 1.5 metros. Al sumar las cantidades antes mencionadas, da como resultado la elevación con respecto del nivel mar del tirante de 10.72 msnm, en este punto en condiciones de ausencia de lluvia.

La diferencia existente, entre las magnitudes estimadas tanto para el resultado del modelaje (13.13 msnm), como para el día de la visita (10.72 msnm), da como resultado una diferencia de 2.41 metros. El valor de 2.41 metros, sería la elevación alcanzada del tirante en un evento extraordinario.

Durante la visita a campo, el guía comentó sobre la elevación alcanzada en el arroyo Gopalapa en un evento extraordinario, que fue de 3.0 metros aproximadamente, esto se constató con la huella hídrica vista en el sitio.

Por lo tanto, se considera una buena estimación la realizada por el modelaje, es muy cercana a la presentada en un evento extraordinario en el mes de enero de 2011.

Considerando las cotas de nivel del levantamiento topográfico proporcionado por el cliente, que para cada sección se tiene una distancia de 50 metros en cada margen del arroyo Gopalapa; del modelado hidráulico se obtiene que el resultado sobre cada sección existe un desbordamiento. En la Figura 6, se presenta los perfiles del arroyo Gopalapa.

6 CONCLUSIONES

El gasto de diseño obtenido por medio del Modelo Lluvia-Escorrentamiento del Soil Conservation Service, para un periodo de retorno de 100 años fue de 156 m³/s. Al realizar el análisis de la avenida en el software HEC-RAS, dio como resultado un tirante de 13.13 msnm, que al compararlo con el tirante del día de la visita de 10.72 msnm, da como resultado una diferencia de 2.41 metros. Este valor sería el tirante máximo a presentarse, según el resultado del modelaje.

De la información recabada en campo, se tiene que la huella hídrica observada el día de la visita fue de 3.0 metros aproximadamente; y al compararla con la estimada en el modelaje, se puede decir, que es aproximada a la realidad.

De la información proporcionada por el cliente sobre el levantamiento topográfico y las secciones en el arroyo Gopalapa, la distancia levantada es de 50.0 metros en ambas márgenes del arroyo; esto implica que no se tiene más información para el modelado. Por lo que, el resultado en cada sección es un desbordamiento.

Otro punto importante a considerar, es que el sitio se encuentra en una zona de planicie; por lo cual, tiene pendientes reducidas. Esto aumenta el potencial de inundación.

De los resultados anteriores se concluye, que el arroyo no tiene capacidad de conducción para un evento extremo, como el analizado en este estudio. Esto también, comparando la huella hídrica encontrada en la visita de campo, que tenía un tirante aproximado de 3.0 metros. Así mismo, hay que considerar el remanso que causa el río Coatzacoalcos al arroyo Gopalapa, en eventos extraordinarios, aun cuando el punto de desplante se encuentra a 10.1 km, pueden existir algunas afectaciones.

7 RECOMENDACIONES

De la información recabada en campo y publicaciones, se concluye que las inundaciones son frecuentes en la zona de estudio; por lo que, se debe considerar tomar acciones necesarias para las protección de las instalaciones de la planta en una avenida máxima. Las recomendaciones para evitar inundaciones, son las siguientes:

- Levantamiento topográfico en la zona de estudio, para conocer a detalle las elevaciones y la localización de las instalaciones de la planta y el nivel de afectación.
- Evaluar, según las condiciones del suelo a través de estudios geotécnicos, la colocación de bordos longitudinales delimitando el cauce en la zona de afectación, o en su caso,
- Obras de desvío de la inundación, y encauzándola nuevamente a la corriente.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Campos Arana, D.F., Procesos del Ciclo Hidrológico, Tercera Reimpresión, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P., México, 1998.
- Aparicio, F.J., Fundamentos de Hidrología de Superficie, Primera Edición, Ed Limusa, 1992.
- Chow, V.T., Hidrología Aplicada, Primera Edición, Ed McGraw Hill, 1994.
- Breña, P., Jacobo, V., Fundamentos de la Hidrología de la Superficial, Universidad Autónoma Metropolitana, 2006.
- Isoyetas del Estado de Veracruz, SCT, 2000.
- Atlas de Peligros Naturales, Ayuntamiento de Puebla, Secretaría de Gobernación, Gobierno de Puebla, 2010.
- Chow, V.T., Hidráulica de Canales Abiertos, Ed McGraw Hill, 1994.

- Sanchez, J, Modelación Numérica en Ríos en Régimen Permanente y Variable, Primera Edición, Ed UPC, España, 2009.
- http://www.revista-contacto.info/index.php?option=com_content&view=article&id=2371:llueve-sobre-mojado-en-el-sur-de-veracruz&catid=123:reportajes&Itemid=606
- Manual de HEC-RAS, US Army Corps of Engineers, 2009.

FIGURAS

ANEXO 1 FOTOGRAFICO

ANEXO 2



Foto 1. Derecho de vía de PEMEX. Vista hacia el norte.



Foto 2. Vegetación en el sitio.



Foto 3. Zona inundable. Vista al este junto al derecho de vía de PEMEX



Foto 4. Zona inundable llamada "Sabana". Vista al oeste desde el derecho de vía de PEMEX.



Foto 5. Zona inundada en la "Sabana".



Foto 6. Vista hacia el sur sobre el derecho de vía de PEMEX.



Foto 7. Arroyo Gopalapa. Vista aguas arriba sobre el derecho de vía de PEMEX.



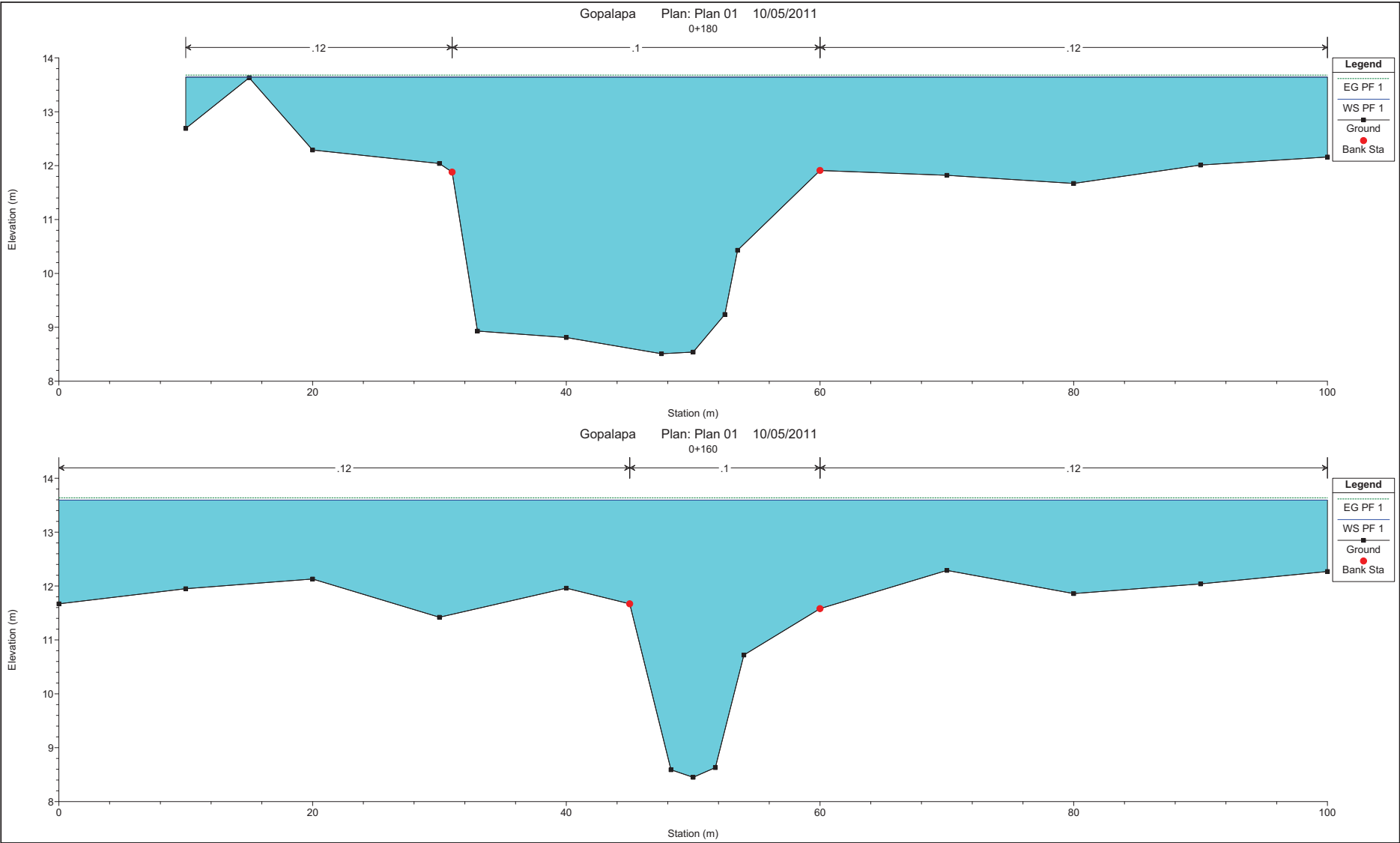
Foto 8. Arroyo Gopalapa , vista aguas abajo sobre el derecho de vía de PEMEX.

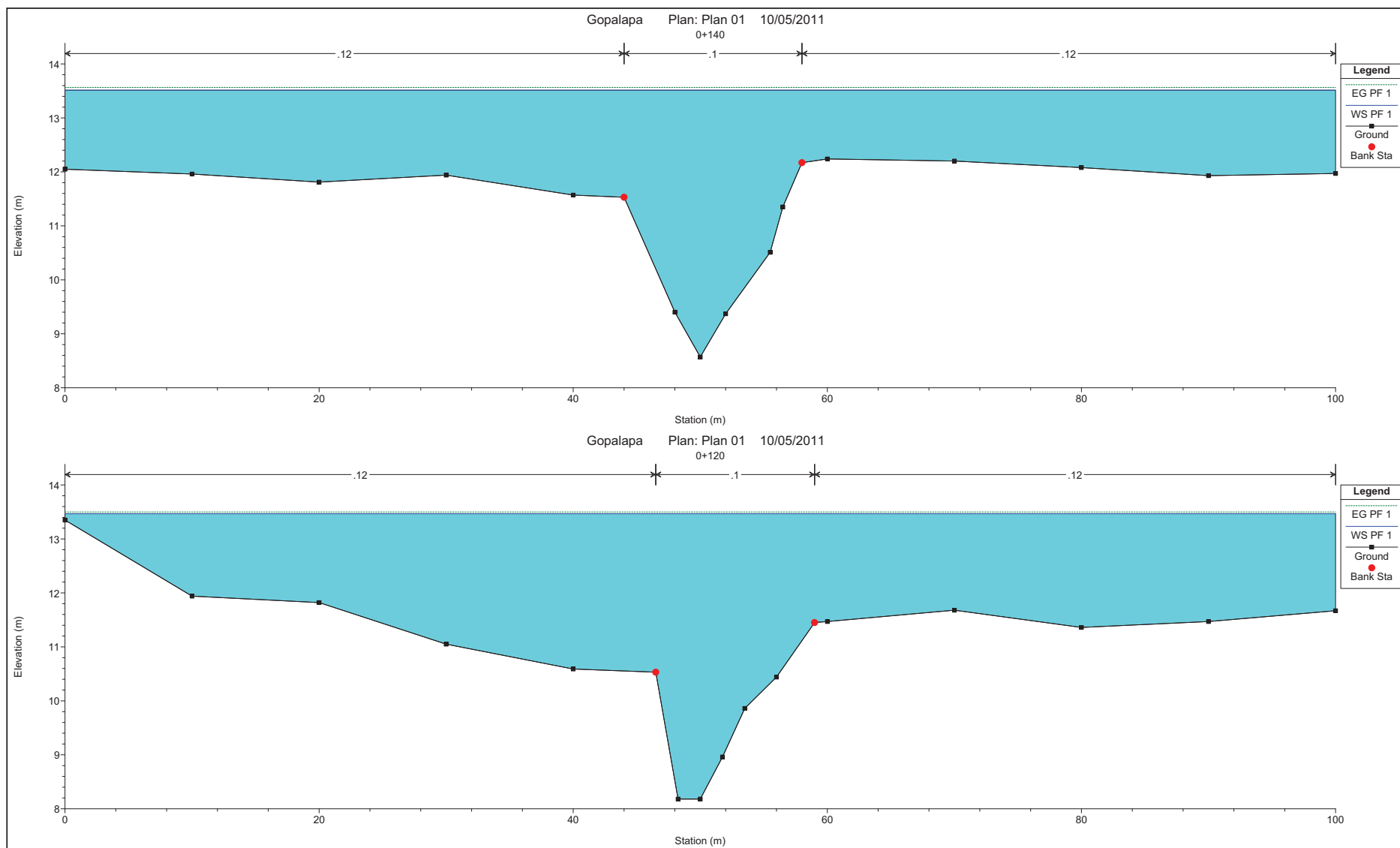


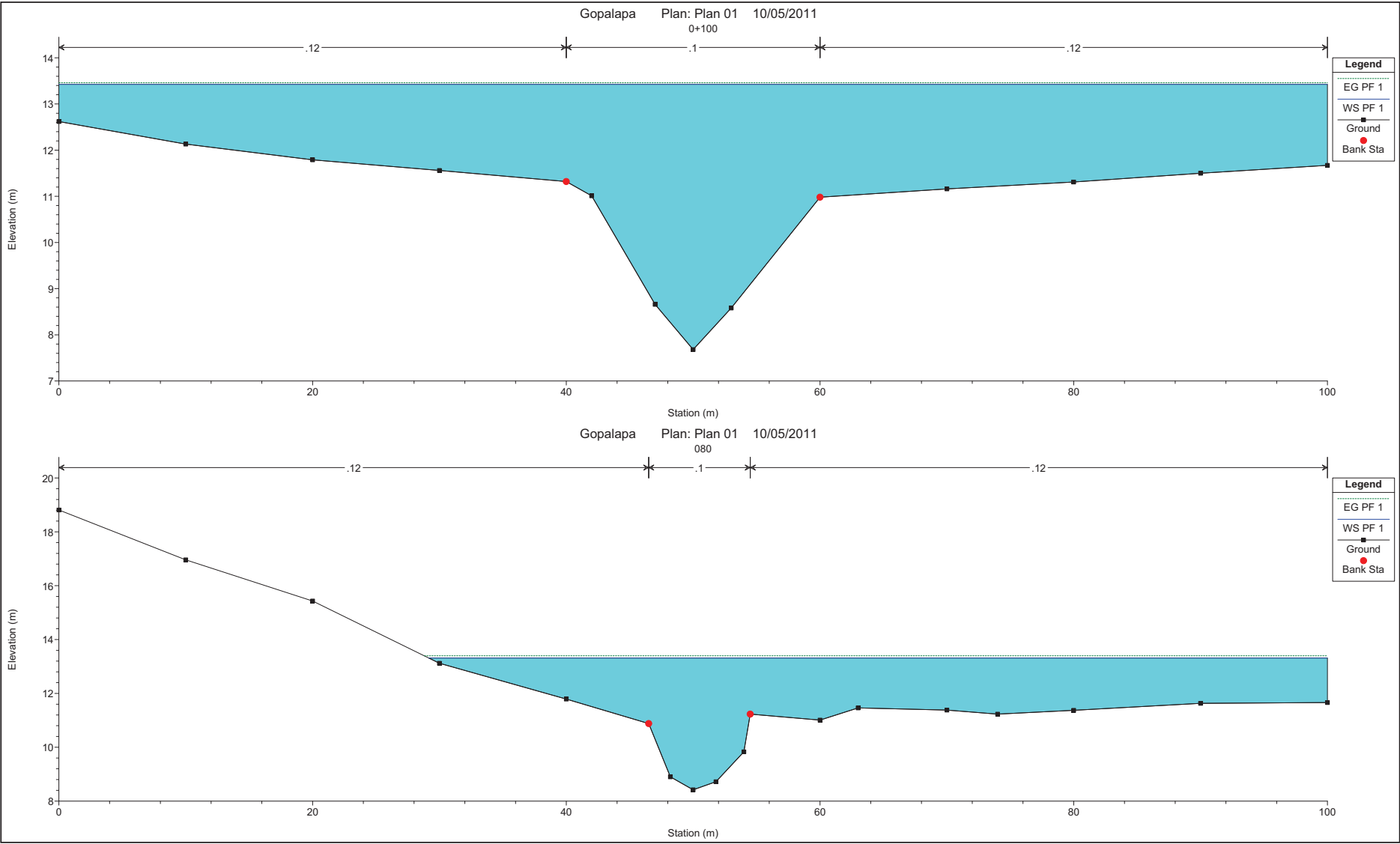
Foto 9. En esta foto se puede apreciar el nivel alcanzado del agua en el mes de enero.

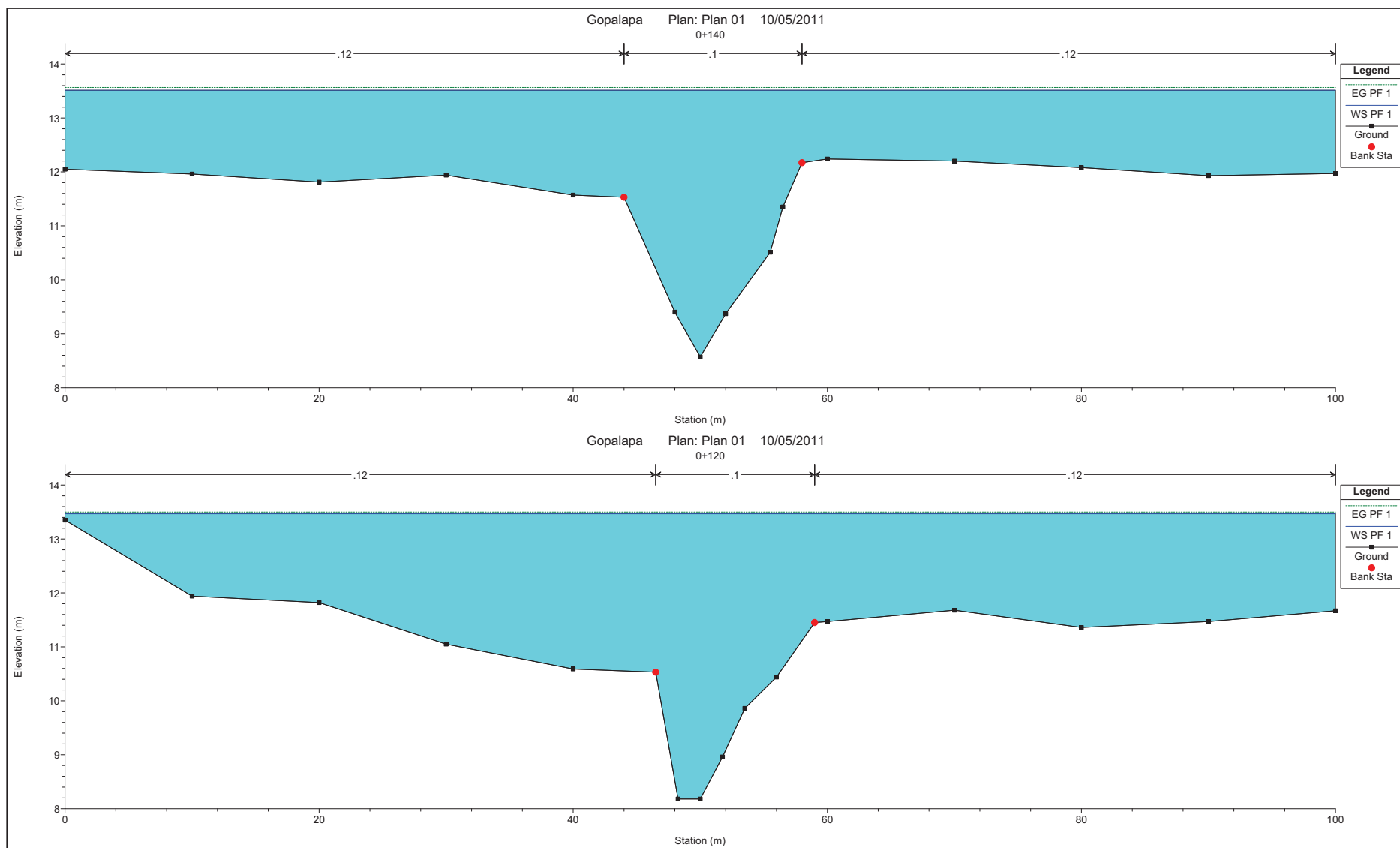


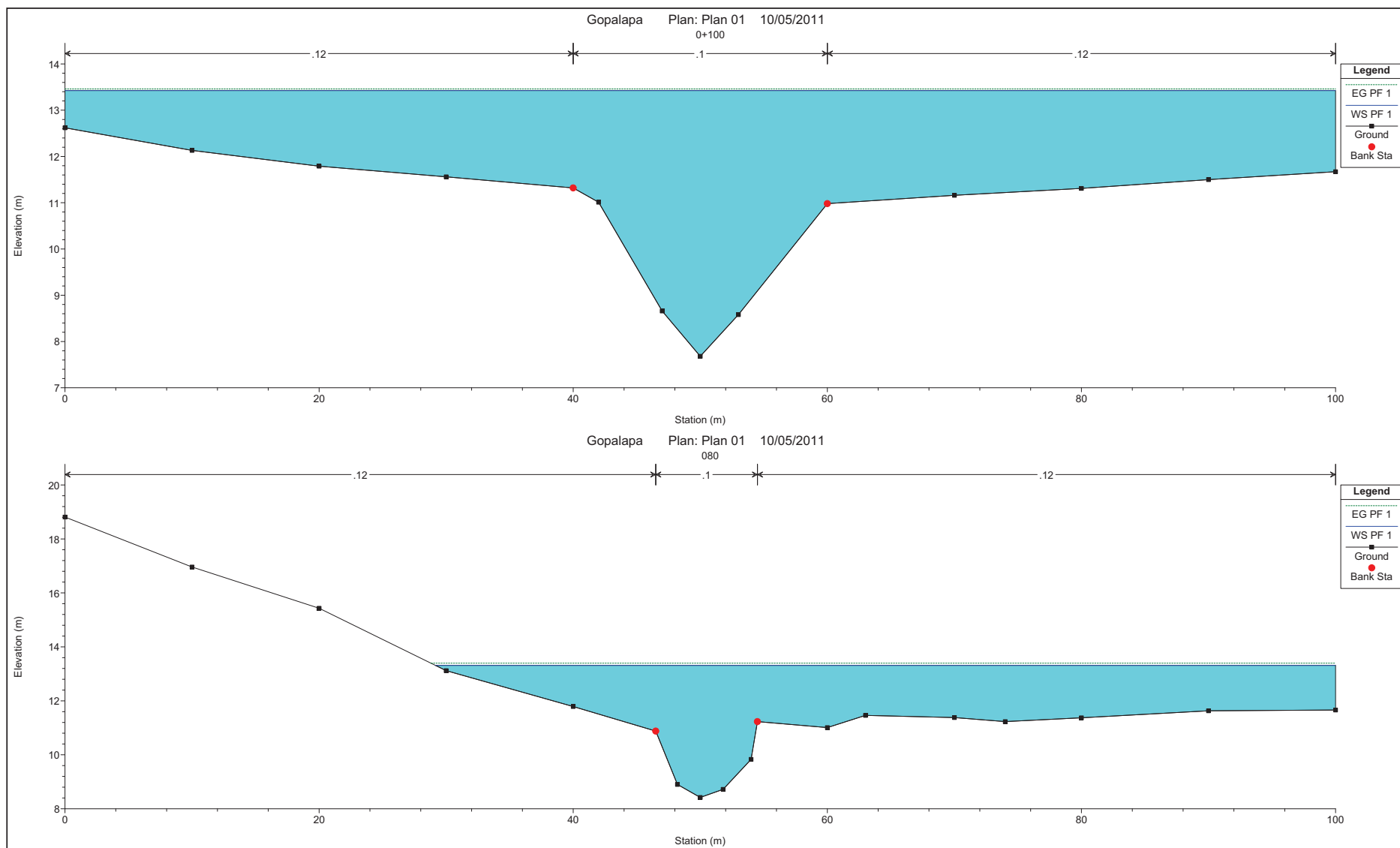
Foto 10. Tubos sobre el arroyo Gopalapa que sirven de puente sobre el derecho de vía de PEMEX.

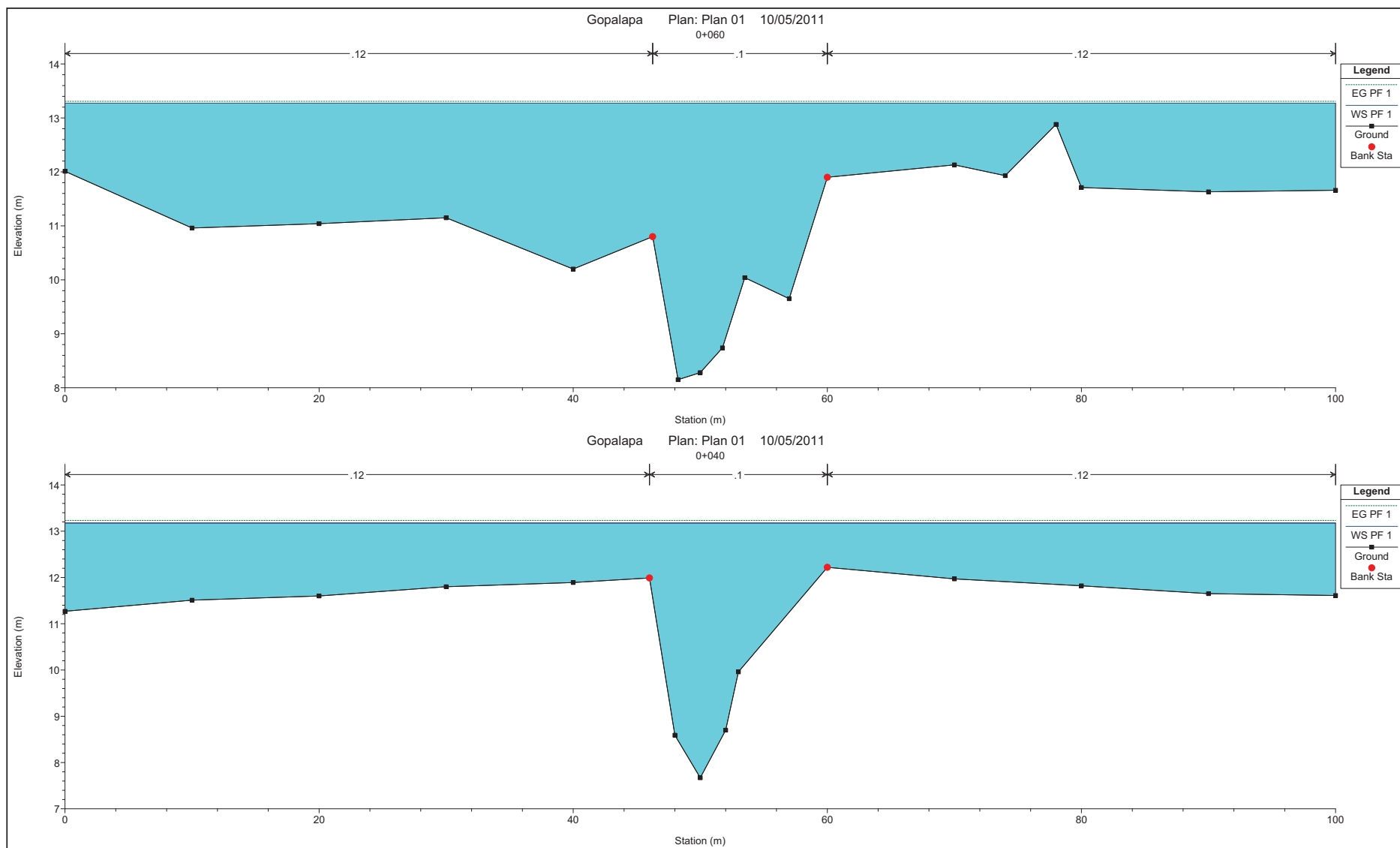


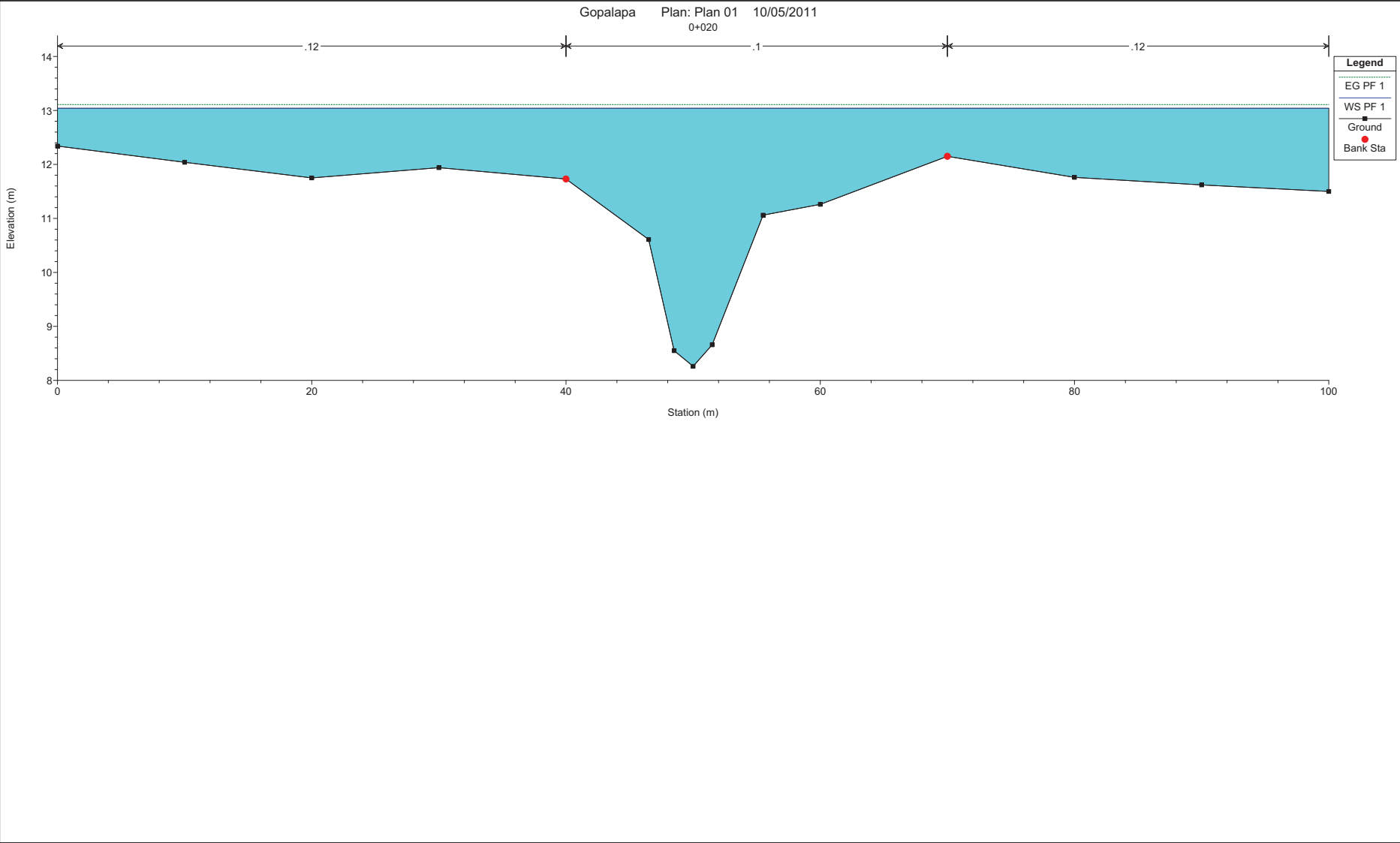


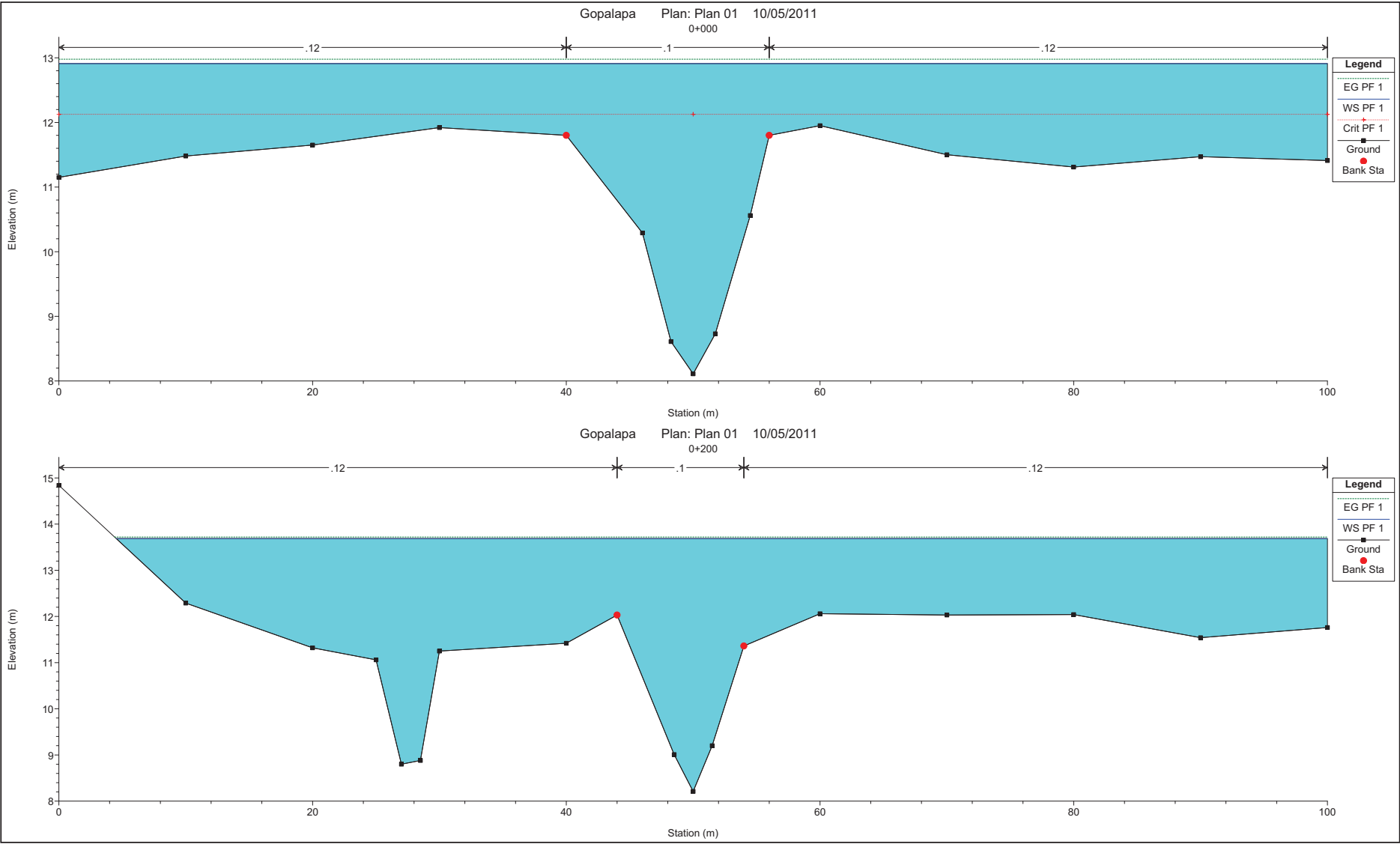






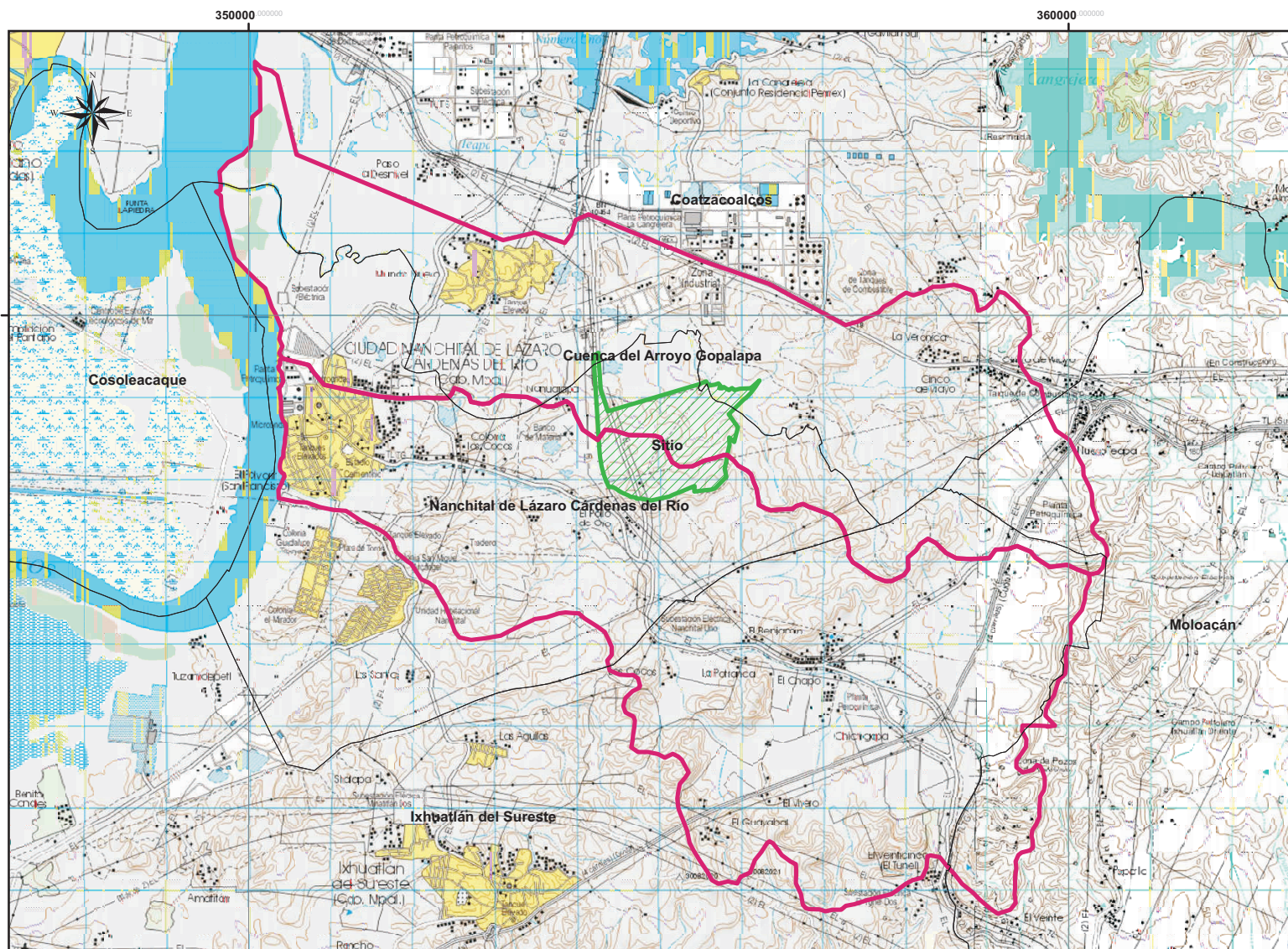






HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Gopalapa Reach: 2 Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
2	200	PF 1	156.10	8.21	13.69		13.72	0.002718	1.11	208.72	95.48	0.18
2	180	PF 1	156.10	8.51	13.64		13.68	0.001501	0.96	214.52	90.00	0.15
2	160	PF 1	156.10	8.45	13.59		13.64	0.003253	1.20	194.64	100.00	0.21
2	140	PF 1	156.10	8.57	13.51		13.56	0.003976	1.34	181.21	100.00	0.23
2	120	PF 1	156.10	8.18	13.47		13.50	0.002321	1.08	217.62	100.00	0.18
2	100	PF 1	156.10	7.68	13.43		13.46	0.001749	1.01	226.25	100.00	0.16
2	080	PF 1	156.10	8.42	13.31		13.40	0.006059	1.70	141.04	70.84	0.27
2	060	PF 1	156.10	8.15	13.27		13.31	0.002465	1.06	212.09	100.00	0.18
2	040	PF 1	156.10	7.67	13.18		13.23	0.005526	1.39	167.46	100.00	0.25
2	020	PF 1	156.10	8.26	13.04		13.11	0.006918	1.37	150.56	100.00	0.29
2	000	PF 1	156.10	8.11	12.91	12.13	12.98	0.006208	1.49	158.59	100.00	0.28



Fuente: Carta E15A85, Topográfica, Escala 1:50 000, INEGI Segunda Edición 1998. Carta E15A86-76, Topográfica, Escala 1:50 000, INEGI Tercera Edición 2000



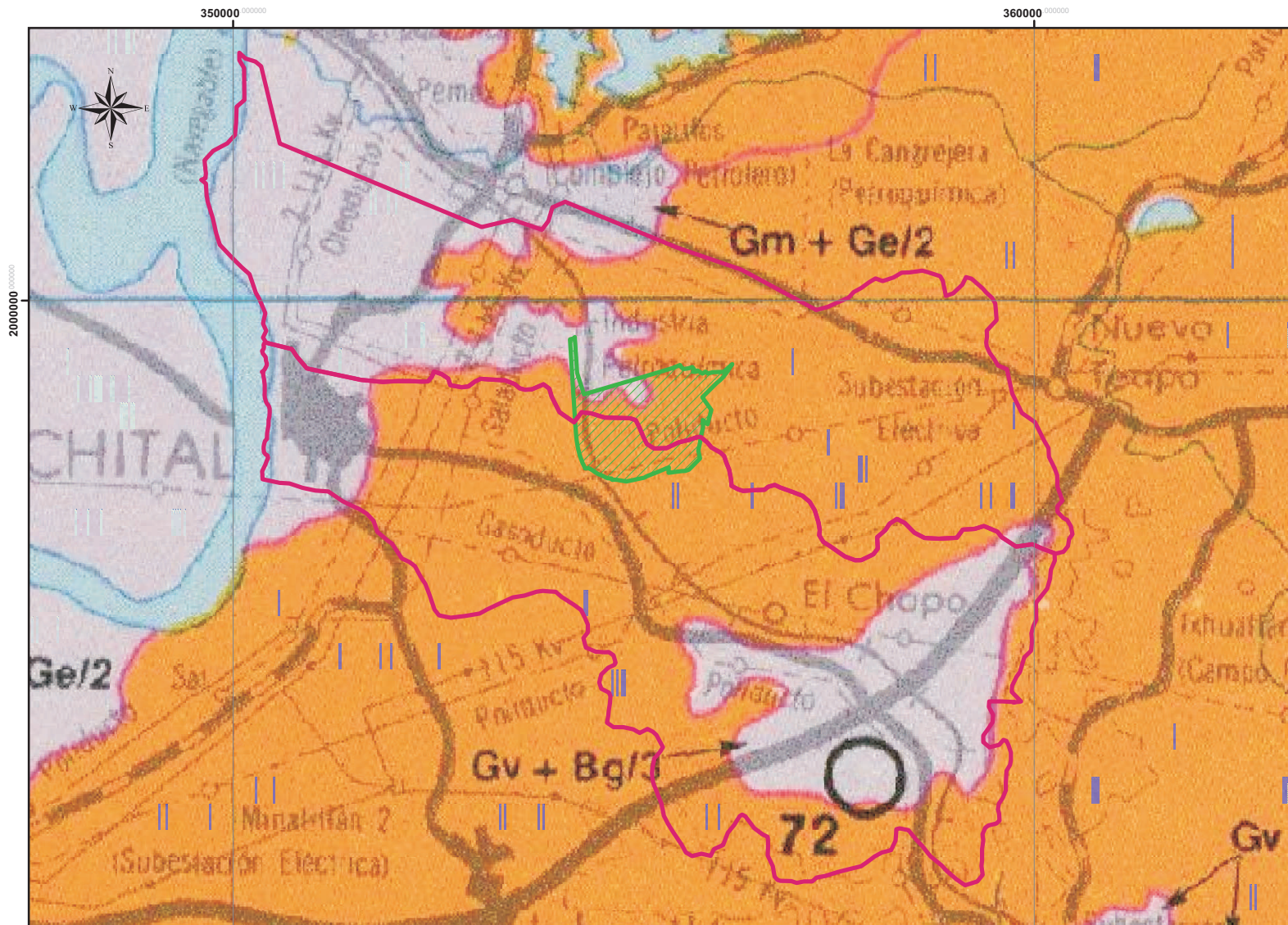
Proyección: Universal Transversal de Mercator
Datum ITRF92, Zona 14 N
Eclipsode: GRS80
Escala 1 : 50 000



UBICACIÓN

Estudio Hidrológico
ERM de México S.A. de C.V.
Mayo 2011

FIGURA 1



Fuente: Carta E15-1-4, Edafológica, Escala 1 : 250 000, INEGI Segunda Edición 1984.

Escala Gráfica



Proyección: Universal Transversal de Mercator
Datum ITRF92, Zona 14 N
Eclipsioide: GRS80
Escala 1 : 50 000

SIMBOLOGÍA

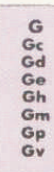


CUENCAS
SITIO

UNIDADES DE SUELO



CAMBISOL
CALCICO
CROMICO
DISTRICO
EUTRICO
FERRALICO
GELICO
GLEYICO
HUMICO
VERTICO



GLEYSOL
CALCARICO
DISTRICO
EUTRICO
HUMICO
MOLICO
PLINTICO
VERTICO



LÍMITE ENTRE UNIDADES
PUNTO DE VERIFICACIÓN
PERFIL SIN ANÁLISIS

CLASE TEXTURAL
(EN LOS 30 CM SUPERFICIALES
DE SUELO)

1 GRUESA
2 MEDIA
3 FINA

EJEMPLO:

RC + XH/2

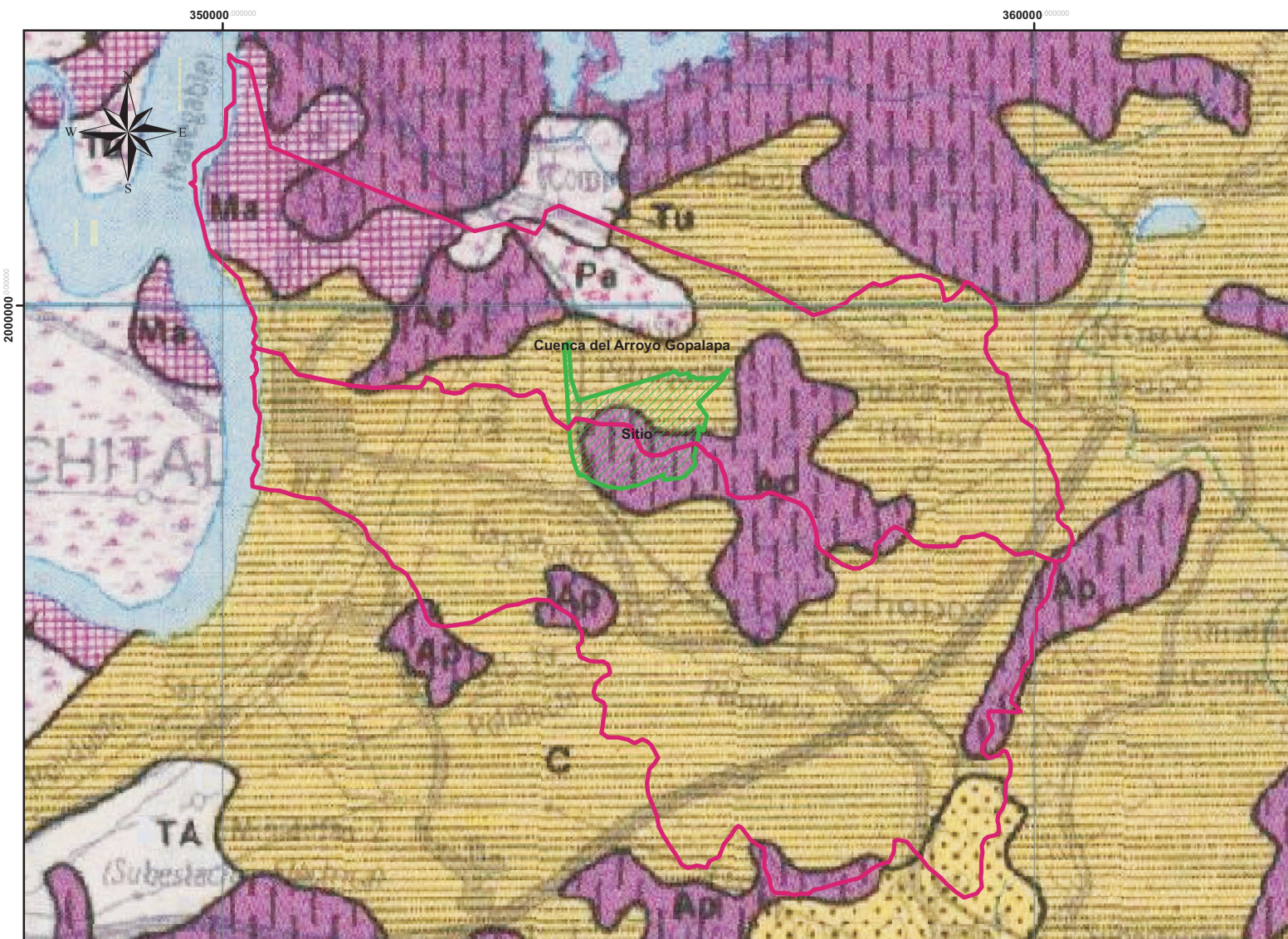
SUELO PREDOMINANTE + SUELO
SECUNDARIO/CLASE TEXTURAL
DE LA UNIDAD CARTOGRÁFICA

UNIDAD DE CLASIFICACIÓN FAO
UNESCO 1970 MODIFICADA POR
DGG

EDAFOLOGÍA

Estudio Hidrológico
ERM de México S.A. de C.V.
Mayo 2011

FIGURA 2



SIMBOLOGÍA

- Límite de cuenca
- Sitio

Vegetación natural e inducida

- Pastizal inducido
- Pastizal cultivado
- Selva alta perennifolia
- Palmar
- Manglar
- Popal
- Tular
- Vegetación secundaria arborea

Actividad Agrícola

- Agricultura de temporal
- Cultivos anuales

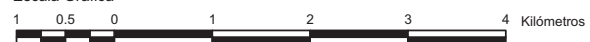
USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

Estudio Hidrológico
ERM de México S.A. de C.V.
Mayo 2011

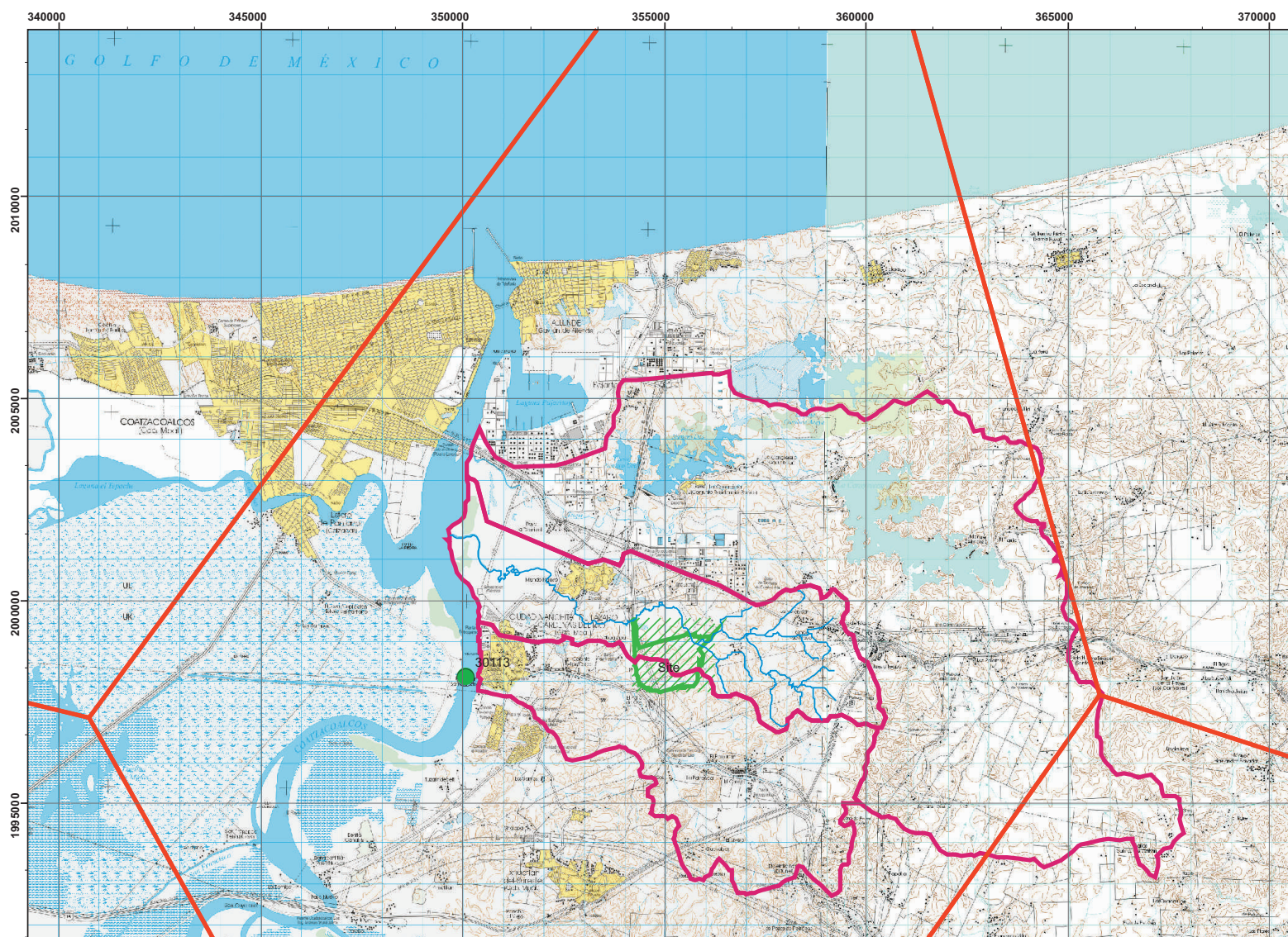
FIGURA 3

Fuente: Carta E15-14, Uso del suelo y vegetación, Escala 1 : 250 000, INEGI Segunda Edición 1984.

Escala Gráfica



Proyección: Universal Transversal de Mercator
Datum ITRF92, Zona 14 N
Eclipsóide: GRS80
Escala 1 : 50 000



Fuente: Carta E15A85, Topográfica, Escala 1:50 000, INEGI Segunda Edición 1998. Carta E15A86-76, Topográfica, Escala 1:50 000, INEGI Tercera Edición 2000



Proyección: Universal Transversa de Mercator

Datum ITRF92, Zona: 15 N

Elipsoide: GRS80

Escala: 1 : 100 000

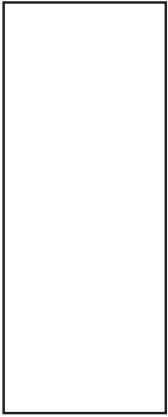
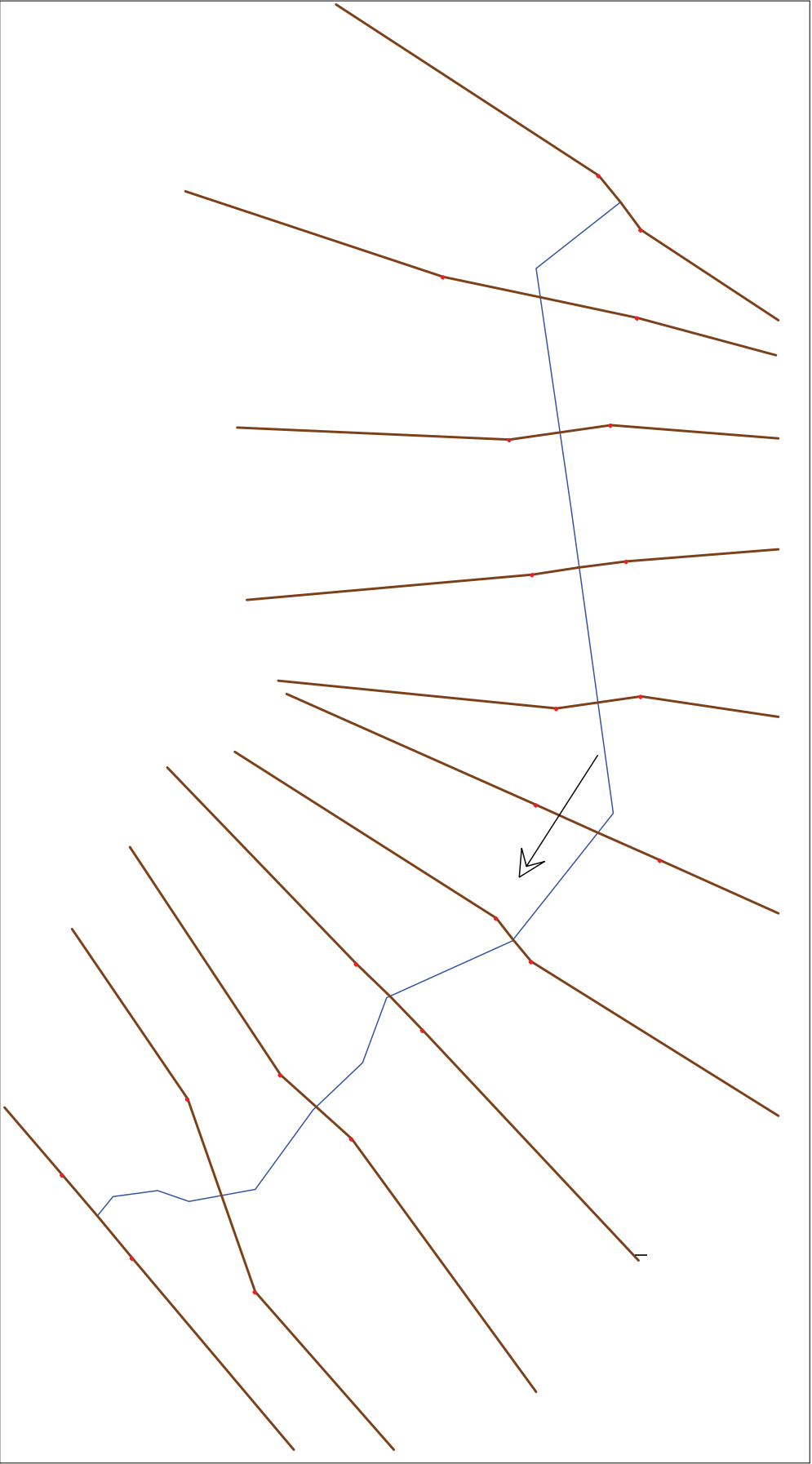
SIMBOLOGÍA

- Cuenca del arroyo Gopalapa
- Site
- Arroyo Gopalapa
- Polígonos de Thiessen de estaciones climatológicas
- Estaciones climatológicas

POLÍGONOS DE THIESSEN DE ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS

Estudio Hidrológico
ERM México S.A. de C.V.
Mayo 2011

FIGURA 4



ANEXO 1 FOTOGRAFICO



Foto 1. Derecho de vía de PEMEX. Vista hacia el norte.



Foto 2. Vegetación en el sitio.



Foto 3. Zona inundable. Vista al este junto al derecho de vía de PEMEX



Foto 4. Zona inundable llamada "Sabana". Vista al oeste desde el derecho de vía de PEMEX.



Foto 5. Zona inundada en la “Sabana”.



Foto 6. Vista hacia el sur sobre el derecho de vía de PEMEX.



Foto 7. Arroyo Gopalapa. Vista aguas arriba sobre el derecho de vía de PEMEX.



Foto 8. Arroyo Gopalapa , vista aguas abajo sobre el derecho de vía de PEMEX.



Foto 9. En esta foto se puede apreciar el nivel alcanzado del agua en el mes de enero.



Foto 10. Tubos sobre el arroyo Gopalapa que sirven de puente sobre el derecho de vía de PEMEX.

Anexo 5.13

Estudio Hidrológico de Agua Subterránea



ERM-MÉXICO, S.A. DE C.V.
MAZATLÁN 96 COL CONDESA,
MÉXICO, D. F. MÉXICO 06140
(52 55) 50002500

HYDROGEOLOGIC STUDY REPORT No. 1

ATTACHED DOCUMENTS:

EXHIBIT 1 – (In any, if not delete these titles)
EXHIBIT 2 –
EXHIBIT 3 –
EXHIBIT 4 –
EXHIBIT 5 –

REFERENCE DOCUMENTS:

						PROJECT: ETILENE XXI PROJECT			
						COMPANY:  			
						PREPARED BY:  moro ingeniería, s.c.			
						COORDINATION: ODEBRECHT			
A	30/03/11	REPORT No. 1	J. J. C.	J. J. C.	J. J. C.	SCALE	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	PAGE	REV
REV	DATE	DESCRIPTION	PREP	CKD	APPRD/ AUTH	NONE	FILENAME: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0-0	1 of 67	0

The present drawing or document is property of BRASKEM-IDESDA, SAPI and shall not, under any circumstances, be totally o partially, directly or indirectly, transferred, reproduced, copied, disclosed or used, without its prior written consent, for any purpose and in any way other than that for which it is specifically furnished or outside the extent of the agreed upon right of use.

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	2 of 67

INDEX

1	GENERAL INFORMATION.....	6
1.1	Introduction	6
1.2	Objectives.....	6
1.3	Location and description of the area of study	6
2	WORK METHOD	8
2.1	Cabinet activities	8
2.1.1	Collection and analysis of information	8
2.1.2	Consolidation of results and final report	9
2.2	Field activities	10
2.2.1	Geologic and hydrogeologic field verification.....	10
2.2.2	Census of wells.....	11
2.2.3	Performance of time domain electromagnetics soundings (TEM).....	1J
2.2.J	Water samples and physicochemical analysis.....	1J
3	REGIONAL AND LOCAL GEOLOGY	16
3.1	Regional geology.....	16
3.2	Local geology and it relation to drilled mechanic soundings.....	18
J	GEOPHYSICS.....	27
J.1	General information.....	27
J.2	Distribution of the time domain electromagnetic soundings (TEM).....	27
J.3	Field works	29
J.J	Cabinet processing and interpretation.....	29
J.J	Geologic-geophysics interpretation	30
J	CHEMICAL ANALYSIS OF THE GROUND WATER.....	3J
J.1	Selection of wells for sampling.....	3J
J.2	Technique for sampling the ground water.....	36
J.3	Results	39
6	HIDROGEOLOGY.....	J1
6.1	Census of Wells	J1
6.2	Hydrogeologic units.....	J3
6.2.1	Aquifers.....	JJ
6.2.2	Poor to very poor aquifers	JJ
6.2.3	Aquitards	JJ

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	3 of 67

6.3 Conceptual model of hydrogeologic function..... JJ

7. RESULTS INTEGRATION J8

7.1 Definition of places for the drilling of a well for water supply J1

7.2 Flow, water quality and behavior to be expected of the well to be drilled..... JJ

7.3 Distance to the closest wells J6

7.J Other alternatives for water supply J8

7.J Other locations of hydrogeologic interest J8

8. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS J9

8.1 Conclusions J9

8.2 Recommendations..... 6J

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	4 of 67

FIGURE INDEX

Figure 1.1 Location of the area of study.....	7
Figure 2.1 Location of geologic and hydrogeologic points of verification	10
Figure 2.2 Location of the registered wells. The pink color in the names or keys signals those wells with information on log well.....	13
Figure 2.3 Location of performed TEM	1J
Figure 3.1 Location and distance between the wells with log well information in relation to the center of the Etilene XXI Project area.....	2J
Figure J.1 TEM location (in magenta), GeoVisa close by soundings (yellow) and calibration wells (blue).....	28
Figure. J.2 Single Loop arrangement.....	29
Figure. J.3 Correlation between the resistivity values gathered by the electric log of well P-3 and TEM 1J	32
Figure. J.J Correlation between the resistivity values gathered in log well of the well Isidoro Gutierrez and TEM 16	33
Figure 6.1 Location of wells near the BIP. The recorded wells are marked with green and marked with red are the wells reported by CONAGUA but were inaccessible. Some are out of use.....	J2
Figure 7.1 Delimitation of the zone that contributes the greater amount of water on well 3	J8
Figure 7.2 Delimitation of the zones that contribute water in well Isidoro Gutierrez	J9
Figure 7.3 Location of the 16 TEM the integration sections where they are incorporated	J2
Figure 7.J Location of the places with aquifer potentiality	J3
Figure 7.J Location of sites for drilling wells	JJ
Figure 7.6 Circumference with a J00 m radius that shows the wells surrounding option 1 (TEM 7); well Pollo de Oro is inactive	J7
Figure 7.7 Circumference with a J00 m radius that shows the wells surrounding option 2 (TEM 8).....	J7
Figure 8.1 Design proposal for option # 1	6J
Figure 8.2 Design proposal for Option # 2	66
Figure 8.3 Proposed design for observation well	67

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	5 of 67

INDEX TABLE

Table 2.1 Gathered and analyzed studies	8
Table 2.2. Coordinates of the geologic verification points	11
Table 2.3 Registered works in the hydrogeologic field verification.....	12
Table 2.J Wells where ground water samples were taken	1J
Table 3.1 Wells with information used for the knowledge of the subsoil geology	2J
Table J.1 Coordinates UTM of the TEM	27
Table J.1 Wells where ground water samples were taken.....	3J
Table J.2 Summary of the chemical analysis results carried on the water of J wells in the area of study.....	J0
Table 6.1 Relation of recorded wells and its piezometric level	J3

PICTURE INDEX

Picture 3.1 Lithologic unit made by red sands	20
(Verification point 2J)	20
Picture 3.2 Lithologic unit made by fine grain sands	20
(Verification point 11)	20
Picture 3.3 Sands, silts and clays interleaves containing great amounts of hematite organized in laminates and nodules. Picture taken at verification point 17	22
Picture 3.J Aspect of the unit inside BIP	22
Picture 3.J Unit made by clays and silts. Picture taken at verification point 21	23
Picture 3.6 Outcropping of clay-silt material. Picture taken at verification point J	2J
Picture J.1 Sample containers before being marked.....	36
Picture J.2 Sampling.....	37
Picture J.3 Ph measurement once the nitric acid had been added	37
Picture J.J Field measurement of hydrogen potential (pH), EC and temperature	38
Picture J.J Documentation form with the total of samples taken	38

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	6 of 67

1 GENERAL INFORMATION

1.1 Introduction

In order to carry out the "Etilene XXI Project", the company ODEBRECHT coordinated the hydrogeologic study that took place in the Braskem-Idesa property (BIP), located in the general area of Coatzacoalcos Ver. The goal of the study was to analyze the feasibility of drilling a well with the intention of providing water to the aforementioned project.

With this in mind, Moro Ingeniería S.C. (Moro) developed field and cabinet studies to get to know the characteristics of the environment and establish the latent abilities of the materials existing in the subsoil, as well as to locate the optimal place for the well.

1.2 Objectives

The main target of the study was to evaluate the aquifer potential of the area and particularly in the BIP. Another important goal was to evaluate the possibility of constructing an extraction well and determining the most probable flow it could provide.

The main objective accomplished by the study were:

- Establish the conceptual geologic and hydrogeologic models of the Braskem-Idesa property (BIP) and identify the ideal places for the drilling of a well.
- Evaluate the area's aquifer potential.
- Estimate the approximate volume the well could provide based on nearby wells drilled in areas with similar hydrogeologic characteristics.
- Estimate the expected quality of the ground water based on the results produced by the chemical analysis of the nearby wells.
- Establish the preliminary design of the well.

1.3 Location and description of the area of study

The area of study is located to the east of the Mexican State of Veracruz and east to the town of Nanchital. The approximate center of the BIP is defined by the geographic coordinates: 18° 0J' 11" north latitude and 9J° 22' 08" west longitude (UTM coordinates: 3JJ,130 and 1,998,316), corresponding to the central portion of the BIP were the Project Etilene XXI will be constructed. (Red square. Figure 1.1).

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	7 of 67

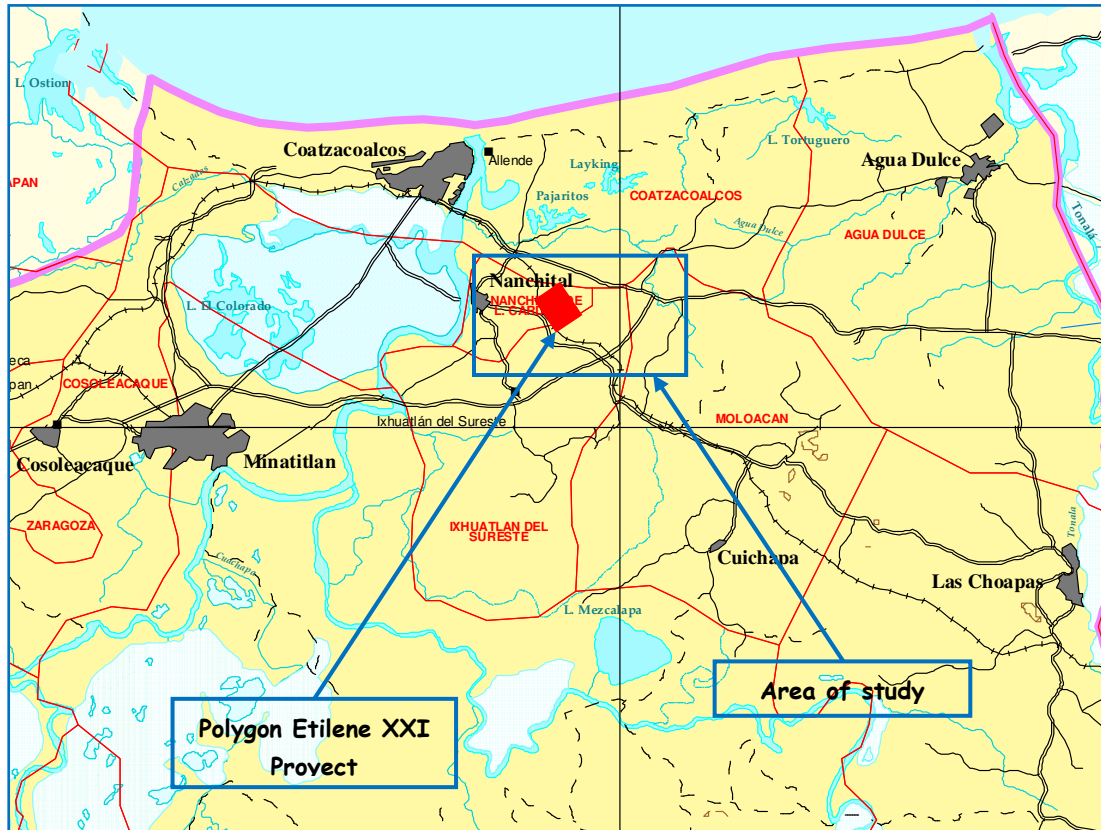


Figure 1.1 Location of the area of study

The area where the field and research studies were conducted had an approximate surface of 10 km² (1,000 Ha), (blue square in Figure 1.1). The studies were aimed at obtaining lithological cuts and log wells, as well as information about the quality of ground water.

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	8 of 67

2 WORK METHOD

The following cabinet and field activities were carried out to meet the study objectives

2.1 Cabinet activities

2.1.1 Collection and analysis of information

In order to understand the type of materials available in the area as well as its aquifer potential, the National Water Commission (Comision Nacional del Agua (CONAGUA)) provided, at our request, with several reports from previous research studies done in the surroundings. The reports were provided by the Ground Water Administration in Mexico City, the Cuenca Golfo Centro Organization, a branch of CONAGUA located in the city of Jalapa; and the State Organism of Potable Water of Veracruz, located in the town of Nanchital.

Another source of valuable information was provided by ODEBRECHT. This information consisted of the results from the mechanical sounds performed by GeoVisa, as well as the topographical information of the area and its limits.

The integration of these data provided us with detailed information around of the types of materials forming the subsoil of the BIP (first JO m). All gathered documentation is detailed in table 2.1.

Table 2.1 Gathered and analyzed studies

Document's name	Source	Kind of document
Updated piezometric conditions of the area of study Coatzacoalcos, Veracruz. December 1987.	Ground Water Management Technical Direction CONAGUA	Digital
Update of the annual media availability of ground water. Coatzacoalcos Coastal Aquifer. State of Veracruz. April 2002.	Ground Water Management Technical Direction CONAGUA	Digital
Update of hydrogeologic study of the Coastal Plain of the Coatzacoalcos River, Veracruz. Ariel Construcciones S.A. de C.V. 1981.	Ground Water Management Technical Direction CONAGUA	Digital
Hydrogeologic atlas of the state of Veracruz. Agriculture and Hydraulic Resources Secretariat. Vol. 2. 198J.	Ground Water Management Technical Direction CONAGUA	Digital

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	9 of 67

Table 2.1 Gathered and analyzed studies

Topographical map of INEGI, map E1J-A8J, raster format.	INEGI	Digital
Topographical map of INEGI, map E1J-A8J, vector format (only equal elevation lines every 10 m).	INEGI	Digital
National census of ground water wells. Construction Secretariat. Hydraulic Resources Secretariat. Underground Hydrology Department. (Without date).	Ground Water Management Technical Direction CONAGUA	Digital
Geologic map of the Mexican Republic (explanatory text) Chapter VI. Sedimentary rocks.	Institute of Geology, Universidad Nacional Autonoma de Mexico (UNAM)	Internet
Geologic Study area Magallanes South Region.	Exploitation Management, PEMEX	Internet
Geologic study of the oil camp Rodolfo Agarrio.	Exploitation Management, PEMEX	Internet
Geologic, geophysical and hydrogeologic study of the Praxair El Chapo plant, State of Veracruz. 2006.	Moro Ingeniería S.C.	Digital
Hydrologic study applied to the project of extension of the El Chapo plant, State of Veracruz. 2006.	Moro Ingeniería S.C.	Digital
Listings of historical data of ground water depth in the coastal aquifer of Coatzacoalcos.	Cuenca Golfo Centro Organism. CONAGUA	Printed
Log wells, pumping tests of variable flow and wells' static levels.	State Organism of Potable Water of Veracruz (CEAPV); Nanchital and Mundo Nuevo Systems	Printed

2.1.2 Consolidation of results and final report

Once all the activities were finalized, we consolidated the results into a final technical report. The report included all the information around each of the activities, as well as the results and the location of each of the recommended drilling sites.

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	10 of 67

2.2 Field activities

2.2.1 Geologic and hydrogeologic field verification

The geologic and hydrogeologic verification had the purpose of establishing the physical characteristics of lithological units (rock units) in the studied area, the study consisted on field visits across the most representative places, 2J geologic verification points were performed; 16 of them were located within the BIP.

During these field trips the characteristics of the materials were described, such as type of material, granulometry, porosity, selection degree, compaction degree, presence of salts, continuity, etc. Figure 2.1 shows the locations of the selected points. They are distributed around the area of study with special emphasis within BIP.

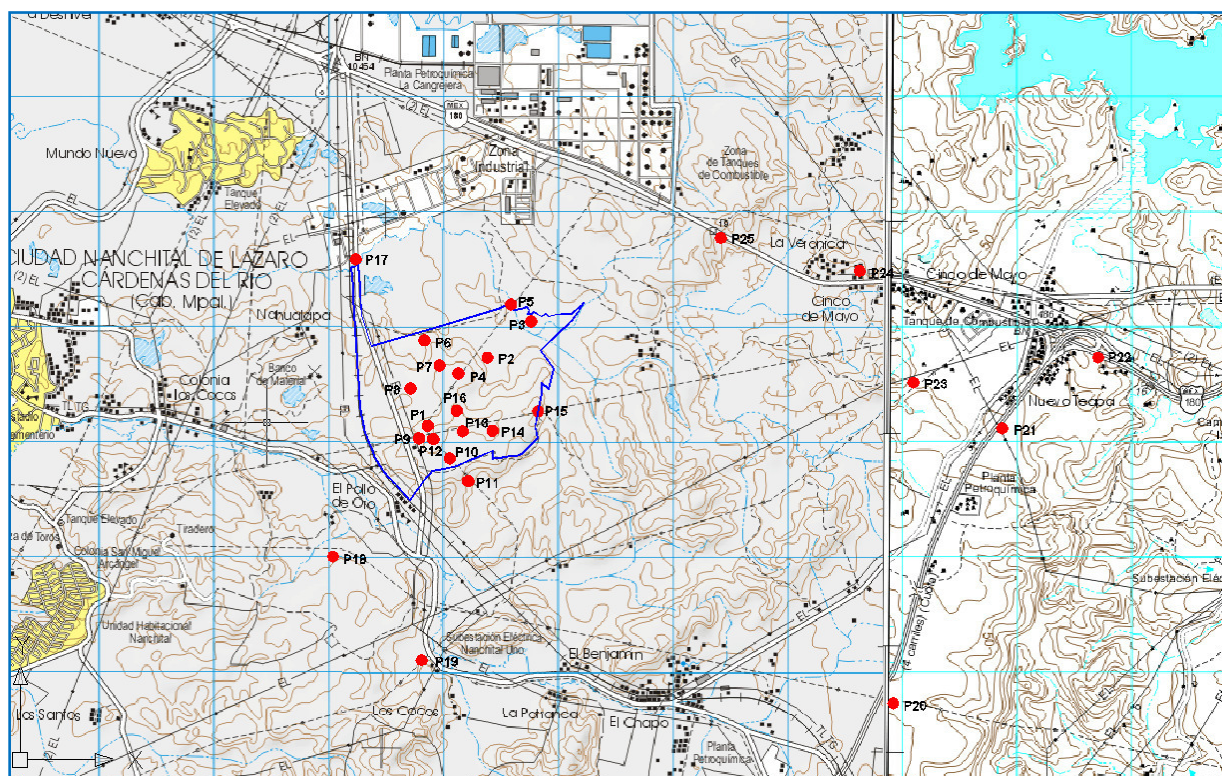


Figure 2.1 Location of geologic and hydrogeologic points of verification

Table 2.2 shows the coordinates of the 2J points selected. It is important to clarify that the verification was done through the roads surrounding and within the BIP, and these points represent only those where the characteristics of the materials are detailed;

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	11 of 67

however, we also analyzed the type of materials across the roads in order to verify the continuity of the lithologic units.

Table 2.2. Coordinates of the geologic verification points

Point #	Coordinantes UTM	
	X	Y
P1	3JJ,870	1,998,1J0
P2	3JJ,392	1,998,730
P3	3JJ,771	1,999,0J9
PJ	3JJ,13J	1,998,J9J
PJ	3JJ,J9J	1,999,193
P6	3JJ,8J0	1,998,88J
P7	3JJ,97J	1,998,66J
P8	3JJ,719	1,998,J6J
P9	3JJ,793	1,998,030
P10	3JJ,062	1,997,8J7
P11	3JJ,222	1,997,6J9
P12	3JJ,918	1,998,02J
P13	3JJ,17J	1,998,091
P1J	3JJ,J3J	1,998,096
P1J	3JJ,830	1,998,268
P16	3JJ,122	1,998,270
P17	3JJ2J2	1999J8J
P18	3JJ0J3	1997000
P19	3JJ816	1996J02
P20	3J892J	199J72J
P21	3J9876	1998116
P22	360712	1998730
P23	3J9101	1998J12
P2J	3J863J	1999J8J
P2J	3J7J23	1999772

2.2.2 Census of wells

Based on the information obtained at the offices of CONAGUA in Mexico city, Cuenca Golfo Centro Organism, and at the Potable Water and sewer Systems of Veracruz, with offices in Nanchital and Mundo Nuevo, it was established that there are more than 22 wells owned by the industries and potable water systems previously mentioned. Using this information, the plan of the timing and the location of the census were defined.

The results obtained during the registration stage showed that many of the wells have been abandoned due to its high concentration of iron and manganese and some others were restricted by the industries with no technical information offered, even though the ODEBRECHT supervisor personally requested access to the premises. One of the

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	12 of 67

industries that denied access was Celanese Mexicana. In most of these cases, the information provided CONAGUA was used.

In other cases, such as Petroquímica Penwalt, it was indicated that their wells were not operational due to the high concentration of iron in the water, and that they were using instead superficial water. Given that the wells had not been in use for a long time, there was no available documentation containing the technical characteristics of the well.

In the case of the drinking water systems managed by the cities of Nanchital and Mundo Nuevo, the locations were identified through the use of a GPS and during the field trip its static and dynamic level was measured, as well as the physicochemical parameters of the water, such as: temperature, pH and electric conductivity (EC). This information is explained in table 2.3, and figure 2.2 shows their locations.

Table 2.3 Registered works in the hydrogeologic field verification

Key	User Name	Coordinates		Use	NE	ND	Q (lps)	EC (μ s)	T (°C)	pH
		X	Y							
Well J	Mundo Nuevo water system	3J2,92J	2,000,288	Abandoned	J.08					
Well 3	Mundo Nuevo water system	3J3,093	2,000,070	Domestic		J6.36	20-30		26.2	7.2J
Well 2	Mundo Nuevo water system	3J3,638	2,000,JJ1	Domestic	22.3J	22.27	1J-20	2J00	26.6	6.23
Well San Miguel No. J	State Commission of Potable Water of Veracruz (CEAPV); Nanchital System	3J1,900	1,996,600	Domestic		32.7		J90	27.1	7.6J
Well 3J-2a	CEAPV Nanchital System	3J3,179	1,997,760	Domestic		3J.02	20-22	332	26.J	8.J
Well 3J-2b	CEAPV Nanchital System	3J3,179	1,997,760	Domestic		39.J6	20-22	332	26.J	8.J
Well Isidoro Gutiérrez	CEAPV Nanchital System	3J3,J31	1,998,283	Domestic	16	39.J3		300	27.J	7.03
Well Pollo de Oro	CEAPV Nanchital System	3JJ,6J9	1,997,J11	Domestic	2.69					

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	13 of 67

Table 2.3 Registered works in the hydrogeologic field verification

Well 3J-1	CEAPV Nanchital System	3J3,072	1,998,169	Domestic				1220	30.8	7.J8
Well 3J-2	CEAPV; Nanchital System	3J3,127	1,998,226	Domestic						
Well Ca 3J-1	CEAPV; Nanchital System	3J3,28J	1,998,2JJ	Domestic	1J.36					
Well Noria-1	CEAPV; Nanchital System	3J2,J69	1,998,307	Domestic		30.61		633	27	7.67
Well Gravera 2	CEAPV; Nanchital System	3J1,691	1,998,99J	Domestic	J.26			670	29.3	6.73
Well San Miguel No. 1	CEAPV; Nanchital System	3J1,827	1,998,21J	Domestic	16.1J					
Well El Chapo	El Chapo	3J6,JJ0	1,99J,921	Domestic		J9.3	7			
Notes: NE = Static level ND = Dynamic level		EC=Electric conductivity T= Temperature		Q = Flow						

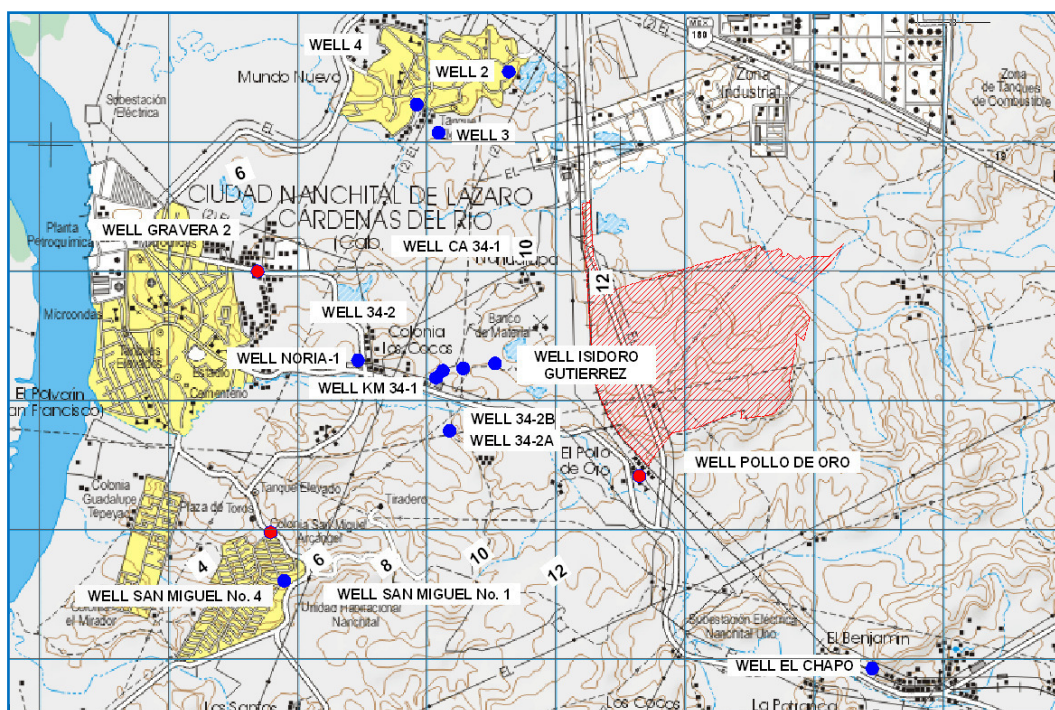


Figure 2.2 Location of the registered wells. The pink color in the names or keys signals those wells with information on log well

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	14 of 67

2.2.3 Performance of time domain electromagnetics soundings (TEM)

With the aim of understanding the lateral and vertical distribution of the materials in the subsoil, 16 TEM were carried on. Its distribution was established based on a detailed analysis of the locations where the engineering works will be performed, on the results of the information created by GeoVisa, and on the results of the geologic recognition. This location was proposed and accepted by ODEBRECHT supervision.

It is important to mention that 1J of the TEM were located inside the perimeter of the BIP or in its immediate vicinity, and two additional in wells with log wells. This was done in order to calibrate the resistivity values from the TEM with close by areas that are water-productive.

To select these two calibration sites, the following aspects were considered: closeness to the BIP, the existence of information on the type of materials in the subsoil through lithologic reports or log wells, and the knowledge on the amount of water that is extracted. The selected wells for calibration were well 3 in the town of Mundo Nuevo and the well Isidoro Gutierrez in the town of Nanchital.

Figure 2.3 shows the location of the TEM, it also highlights that they are mainly concentrated in the south section of the BIP; where, according to information provided by ODEBRECHT, there will be fewer constructions associated to the plant. The TEM results showed that subsoil was explored to an approximate depth of 100 m.

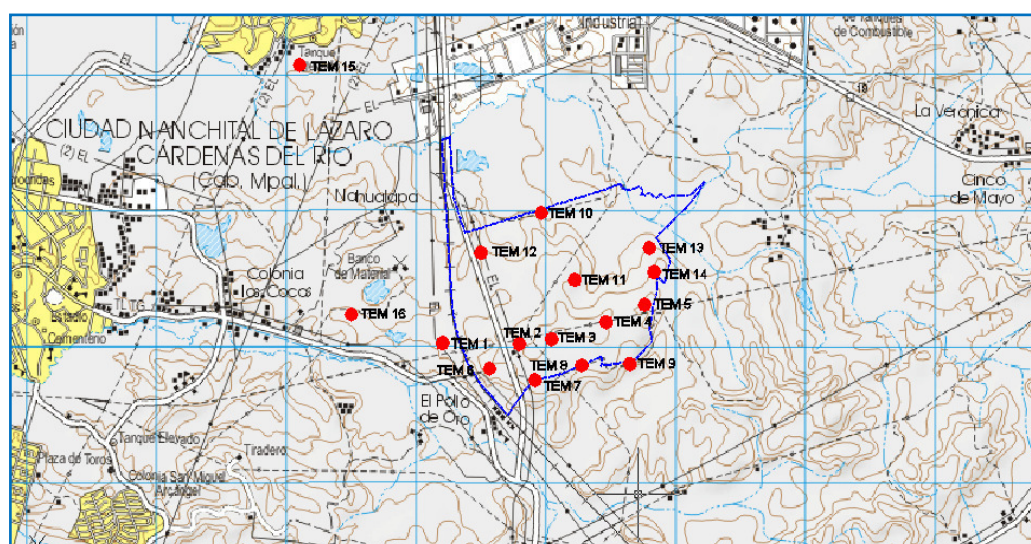


Figure 2.3 Location of performed TEM

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	15 of 67

2.2.4 Water samples and physicochemical analysis

Based on the census of studies performed during the hydrogeologic field verification, J wells were elected for ground water samples; the selection criteria included: the well being in a similar geological media, the well water having variations in the electric conductivity (EC), having owner's authorization to take samples, available information on some of the well's construction characteristics, and ability to take the water samples before the coloration.

The personnel of Laboratorios ABC performed the sample-taking tasks with the support and supervision of Moro. The process consisted of filling different types of jars, and preserving them in accordance to the specific parameters each sample would be determining. During the activity, it was also measured the temperature, pH and the water electric conductivity (EC).

Table 2.J shows the data obtained in the field for each one of the J selected wells. The location of the samples is shown in figure 2.3.

Table 2.J Wells where ground water samples were taken

No. POZO	NOMBRE DEL USUARIO	COORDENADAS		USO	EC (μ s)	T (°C)	pH
Miguel No. J	CEAPV; Nanchital System	3J1,900	1,996,600	Domestic	J90	27.1	7.6J
Well 3J-2a	CEAPV; Nanchital System	3J3,179	1,997,760	Domestic	320	27.6	7.JJ
Well Isidoro Gutierrez	CEAPV; Nanchital System	3J3,J31	1,998,283	Domestic	300	27.J	7.03
Well 3J-1	CEAPV; Nanchital System	3J3,072	1,998,169	Domestic	1220	30.8	7.J8
Well Gravera 2	CEAPV; Nanchital System	3J1,691	1,998,99J	Domestic	670	29.3	6.73

Notes: T= Temperature EC=Electric Conductivity

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	16 of 67

3 REGIONAL AND LOCAL GEOLOGY

3.1 Regional geology

The studied region is rich in sediments from the Quaternary (close to the Coatzacoalcos river bed) and in sedimentary sequences from the Tertiary. The latter are located on the surface and subsoil of the BIP.

In order to establish the type and characteristics of the materials from the Tertiary, different previous studies were analyzed. The studies described the sediments based on their predominant granulometry; other kinds of reports grouped the materials with names of geological formations, dividing them based on their age.

As a result of the analysis, it was concluded that the subsoil of the Coastal Plain of the Gulf of Mexico, where is located the area of study, contains big thicknesses composed by fine granular materials, like silts, clays and sands that are irregularly distributed in both, vertical and horizontal ways.

As a point of reference, some of the most serious work around the area of study are the descriptions done by Petroleos Mexicanos (PEMEX) using log wells and lithological cuts of oil wells surrounding the area of study.

Emerging from the analysis, it was concluded that the sediments from the Tertiary that make the subsoil in the Coastal Plain of the Gulf, are very similar and are also formed by rotations of quartz sands, silts and clays; as well as mixtures of these granulometries. It is for this reason that, sometimes, it has been hard for researchers to establish limits between the geologic formations, and have made the division based on light changes in the type of sediments; but above all, based on the different types of fossils they contain. This has allowed them to create divisions using the material's relative age, more than using clear changes on the granulometry.

In order to identify the geologic formations present in the area, a comparison between the kind of sediments that compose the Tertiary formations, with the field observations of Moro and the results showed in the perforations made by GeoVisa. Below are compared the Tertiary formations.

It is important to note that, more than identifying the name of the geologic formation, is to understand the sediments granulometry and its reaction to water passage.

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	17 of 67

- **Cedral formation**

It is formed by continental deposits or salt waters made by sands of fine to thick grain of quartz, of light gray color, with a few pyrite fragments and iron oxide. Between the sands there are clayey materials and its approximate thickness is 100 metros.

- **Agueguexquite formation**

The upper section is made by light gray sand of thick to thin grain with few fine grain sands; it also has some interleaves of fine rounded gravel and thin layers of gray to green-gray shale. Shales are predominant towards its base.

- **Paraje Solo formation**

It is constituted by a series of light gray sand layers of fine to very heavy grain with thin interleaves of carbonaceous shale and vegetation remains. Quartz grains are predominant and, in lesser amount, there are pyrite, iron oxides, lignite and fragments of shells. The thickness of this formation is 100 meters.

The separation from this formation with the Filisola one, which is located immediately underneath, has been impossible to establish; only being determined in some cases by means of the log wells. At the depth where a change is registered, it is considered as the beginning of the Filisola formation's body of sands.

- **Filisola formation**

It is constituted by light gray sand with interleaves of well-cemented calcareous sandstone and soft green-gray shales slightly sandy. The thickness of this formation hard to know, it is estimated to be as thick as 800 meters.

- **Concepción Superior formation**

It is similar to Filisola; it has light gray sands that go from fine to thick grain, with thin layers of green shales in its upper section. Its lower section is formed by gravel stratum.

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	18 of 67

- **Concepción Inferior formation**

Formed by light gray sand, and thin to thick grain that alternate with gray-green shale and sandy.

Based on the previous descriptions, it is ascertained, on one hand, the likeness that each of the sediments forming the tertiary geologic formations has with each other, making it difficult to differentiate them with precision, and that only through its fossils is possible to identify its age and determine the formation. However, due to the presence of organic materials (lignite), fragments of shells and iron oxide, it is concluded that the Paraje Solo Formation is the one that could be cropping up in the area.

Regionally, on top of the units previously described, sediments from the Quaternary crop up in the sections close to the Coatzacoalcos River. These are recent deposits made up by sediments of alluvial, lacustrine and aeolian origin. The deposits are formed by gravel and sands packed in a matrix of clays and/or silts; with the exception of aeolian deposits made only by sands, with a morphology of very gentle hill sand plains; its approximate thickness is of 10 m.

3.2 Local geology and its relation to drilled mechanic soundings

Due to the objectives of the project, where it is important to know how easy it is for the materials to form aquifers, the works of detail geology were centered on analyzing the type of sediments forming the general area of study and the particular sector of interest (BIP). Special emphasis was put on the sediments granulometry since permeability depends directly from it, in such a way that sandy materials can form aquifers of variable potentiality, and clay and silt sediments of low permeability cannot, but in the best of the cases, can form aquitards (materials in which the water moves very slowly and are not able to be exploited through wells).

It is for this reason that the study of the local geology is centered in the analysis of the type of sediments distribution, in horizontal and vertical sense in the area of study and not in the delimitation of geologic formations.

Based on this, and with the goal of having a detailed description of the sediments, several field visits and descriptions were made in and out the BIP. This provided with information on the physical characteristics of the materials from the different geographic zones as

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	19 of 67

well as from the different heights over the sea level, which, in this case, represents sediments of different ages.

This was complemented with descriptions of the drilled soundings done on the sector of interest by GeoVisa, where it is described in great detail the first 2J meters and sometimes, as far as J7 meters.

Another material used to complement the characteristics of the subsoil sediments was the information from the variable flow pumping tests and electric logs of the wells 3 located in the town of Mundo Nuevo, and those from the well Isidro Gutierrez near to the town of Nanchital. In this case, it was not possible to identify the types of materials making the sediment but its capacity for ground water contribution was learned; and with it, indirectly, the type of sediment.

As a result of this integration, three lithological units were established. They are described now from the most recent to the oldest. (The symbols written after the name represent their keys on the maps)

- **Sands of quartz (ar)**

This unit is present all over the area; the most powerful horizons are located towards the northeast, outside BIP. It has a reddish coloration on the surface and yellow-gray when it is not altered. Its structure is massive and its thicknesses varies between 12 and 20 m. Its granulometry goes from medium to fine sands; its compaction degree fluxes from low to very low (picture 3.1).

Its color shows that the sediments contain iron, which gets oxidize and gives the yellow-reddish coloration.

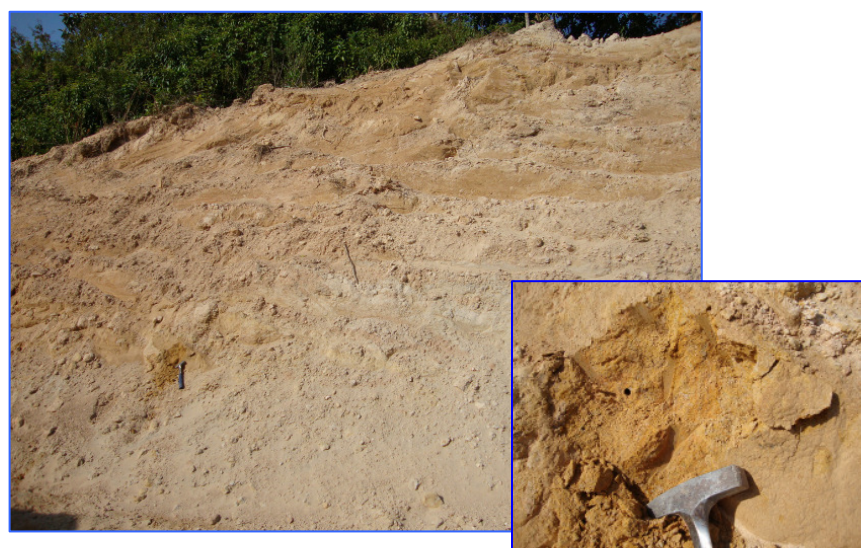
The outcroppings of this unit inside the sector of interest are seldom seen; in this case are of a yellowy-brown to white color, with local zones where hematite nodules are present, which produce yellow iron oxide stains. They usually have very uniform sizes (See picture 3.2).

These sands have a high concentration of quarts crystals with a sub-rounded shape. Their granulometry goes from fine to very fine and locally the have a medium granulometry. Between the sands it is often seen in proportions smaller to 10% clay-silt sediments that reduce their porosity.

COMPANY:	Braskem 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	20 of 67



Picture 3.1 Lithologic unit made by red sands
(Verification point 2J)



Picture 3.2 Lithologic unit made by fine grain sands
(Verification point 11)

Within this unit there are zones in the area where the sands have thick granulometry with interleaves of less than 1.0 cm gravel of sub-rounded shape. Its weathering is moderated

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	21 of 67

and sometimes high, even though it is still impossible to distinguish its original structure. Its compaction varies from moderate to low and it isn't cemented. These types of sands were found in the verification points 10 and 11, towards the south limit of the sector.

This unit has medium permeability with good possibilities to form aquifers; however, due to its fine granulometry, it can cause problems of sand introduction toward the interior of the well, and due to its high quartz content, its capacity to wear away the pumping equipment is very high.

- **Sands, clays and silts [(ar-lm) and (ar-arc)]**

This unit is the one with the highest extension in the area of study; it is made by a sequence of clays, silts and sands, which contain many layers and hematite nodules (iron oxide).

The sands are made of quartz and have a dark green to yellow coloration with fine granulometry. Its grain size is quite uniform, they are contained in a clay-silt matrix and the relation between the grains and the matrix is 60 and 40%; where the fine grain sands predominate. Their compaction degree is low and their weathering, moderated. The thickness of the stratum goes from 0.70 to 1 m; occasionally having a structure in laminates and other times a cross stratification.

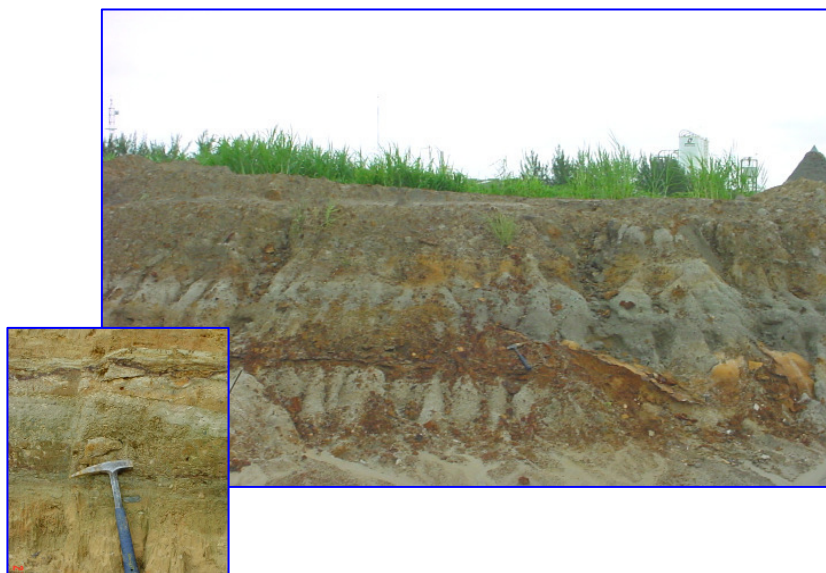
In some places the sands are interweaved with layers of silts and clays that vary from green-gray color to brown and orange. These materials are arranged in 0.30 to 1 m thickness layers and their compaction degree is very low; its weathering goes from moderate to high.

In isolated places, there are gravel layers contained in a sand-silt matrix. The biggest fragments have angular, tabular and rounded shapes. Their compaction degree is high and their weathering is moderate. The thickness of these packages is around 0.60 m.

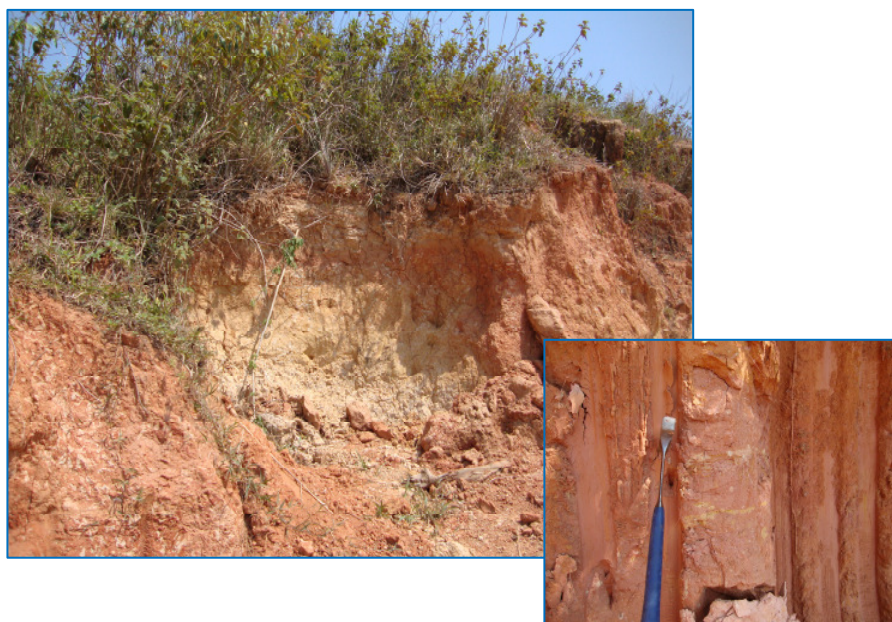
A relevant characteristic of this unit is the presence of layers, laminates and hematite concretions (iron oxides) that can be highly abundant, as seen in Picture 3.3.

In the area, this unit has a color that goes from red to green and sands contained in a clay-silt matrix form it. The sand grains are mainly made by quartz; its granulometry is of fine sands with sub-angular to sub-rounded shapes (Picture 3.J). The unit compaction goes from moderate to low.

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	22 of 67



Picture 3.3 Sands, silts and clays interleaves containing great amounts of hematite organized in laminates and nodules. Picture taken at verification point 17



Picture 3.J Aspect of the unit inside BIP

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi more ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	23 of 67

The unit has a very variable permeability, being medium to low in the horizons of gravel and sands contained in silts and clays; and going from low to very low in areas where silts and clays are predominant.

- **Clays and silts with few sands [(arc), (arc-ar) and (arc-lm)]**

This is the oldest sequence in the area of study and it is located towards the east of the zone. A layering of silts and clays of, either green-gray, reddish or light green color form it, its structure is massive and sometimes formed by very thin laminates and its compaction degree is low and with a moderate weathering (Pictures 3.J y 3.6).

It is located within BIP, towards the central section, close to the verification points J, 7, 13 y 16. This unit doesn't have 100% clays or silts content because it was always found mixed with sands, but in less than 20%. It has a very low permeability.



Picture 3.J Unit made by clays and silts. Picture taken at verification point 21

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	24 of 67



Picture 3.6 Outcropping of clay-silt material. Picture taken at verification point J

On the other hand, in order to know its capacity for water contribution and the approximate granulometry of its materials, the log wells for two of the registered wells was analyzed on a deeper level. The location of these wells can be observed in figure 3.1, where its location at 2.6 and 1.6 Km from the center of the Etilene XXI project is marked. Table 3.1 highlights a few of its characteristics.

Table 3.1 Wells with information used for the knowledge of the subsoil geology

Well's name	Distance to the area (Km)	Present exploitation flow (lps)	Total well depth (m)	Coordinates UTM		Dynamic level depth (m)
				X	Y	
Well P-3	2.6	25	116	353,093	2,000,070	46.36
Well Isidoro Gutierrez	1.6	16	118	353,531	1,998,283	39.43

The result of the log wells analysis showed that there is a frequent variation of the resistivity values, which can be correlated with a rotation between the layers with predominance of sands, silts and clays. The changes in the resistivity of the log wells varies from a meter to 20 m; this shows that the subsoil in the area is highly heterogeneous and allows to conclude that what was observed in the outcroppings continues in the deep.

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	25 of 67

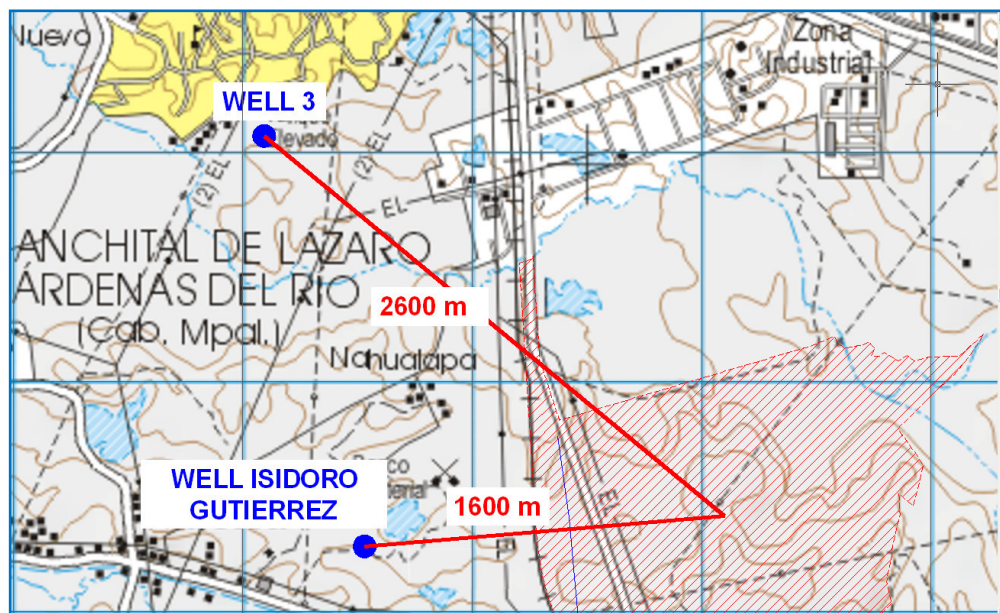


Figure 3.1 Location and distance between the wells with log well information in relation to the center of the Etilene XXI Project area

These frequent vertical changes in the granulometry of the materials and the thickness variations cause the layers to be coined and to have a fluctuant geologic and hydrogeologic behavior; reason why it is concluded that in short distances, the aquifer horizons must be thinner and become discontinuous.

The afore mentioned was confirmed when comparing the log wells from Well 3 in the town of Mundo Nuevo and the Well Isidoro Gutierrez, close to the town of Nanchital. Between these wells there is an approximate separation of 2.3 Km; even when this distance is not that big, the log wells show that the aquifer layers formed by sands are not continuous, and have no order in the succession of sands, clays and silts; it shows, therefore, that the heterogeneity is present both, vertically and horizontally.

On the other hand, using the results of the mechanical sounds drilled by GeoVisa it is proved that when the analysis is done in more detailed, the first J7 m of depth and in more reduced extensions (only in the scale of the BIP), the heterogeneity is repeated.

In the geological sections 1 to 7 of the maps EXXI-090-00-00-GE-GHD-0001-0 a EXXI-090-00-00-GE-GHD-0003-0, the GeoVisa sections were reinterpreted with only the predominant granulometry intervening in each sounding. It's clear that there is no

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	26 of 67

continuity in the materials due to the alternation between the layers of sands, clays and silts in an irregular manner, generating a great amount of usually thin layers with a different arranging in each sounding.

In summary, the geologic model of the area of study is that of a sequence of sand, silt and clay layers; as well as mixtures of them, which in vertical sense have thicknesses that go from a few meters to 20 or more; and in horizontal sense they lose continuity in short distances.

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	27 of 67

4 GEOPHYSICS

4.1 General information

In order to get a better understanding of the type of sediments and its distribution across the subsoil, 16 TEM were done. Based on the electric resistivity values obtained, six geo-electric sections were built, showing different geo-resistive zones that later were associated to a lithological sequence, as well as to the presence or absence of water.

4.2 Distribution of the time domain electromagnetic soundings (TEM)

As mentioned in chapter 2.2.3, the placement of the research areas was defined once the stages of gathering information and field verification and registration of water collection works were completed. This allowed a better understanding of the location of the wells with log wells and data about their extraction flow. The wells were 3 of Mundo Nuevo and Isidoro Gutierrez of Nanchital. Map EXXI-090-00-00-GE-GHD-000J-0 shows the location of the 16 TEM performed.

The reason behind performing a TEM in each of the wells was to calibrate the resistivities obtained by the TEM with the hydrogeologic interpretation of the log wells, which was the basis to identify the depth and distribution of the ground water productive horizons, as well as those of very low permeability.

With the results, a comparison was made between both (TEM and los wells) in order to define the hydrogeologic potentiality of these sites to later interpolate the results to every other site where the rest of the TEM were done. (Table J.1 and figure J.1)

Table J.1 Coordinates UTM of the TEM

No. TEM	EAST (m)	NORTH (m)
TEM1	3JJ,210	1,998,019
TEM2	3JJ,801	1,998,01J
TEM3	3JJ,0J9	1,998,0J1
TEMJ	3JJ,J72	1,998,17J
TEMJ	3JJ,767	1,998,303
TEM6	3JJ,J70	1,997,833
TEM7	3JJ,923	1,997,7J7
TEM8	3JJ,282	1,997,8J9

COMPANY:	Braskem IDESIA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	28 of 67

Table J.1 Coordinates UTM of the TEM

TEM No.	EAST (m)	NORTH (m)
TEM9	3JJ,6JJ	1,997,867
TEM10	3JJ,969	1,998,977
TEM11	3JJ,230	1,998,J8J
TEM12	3JJ,J08	1,998,68J
TEM13	3JJ,80J	1,998,723
TEM1J	3JJ,8J0	1,998,JJ3
TEM1J	3J3,107	2,000,070
TEM16	3J3,J0J	1,998,229

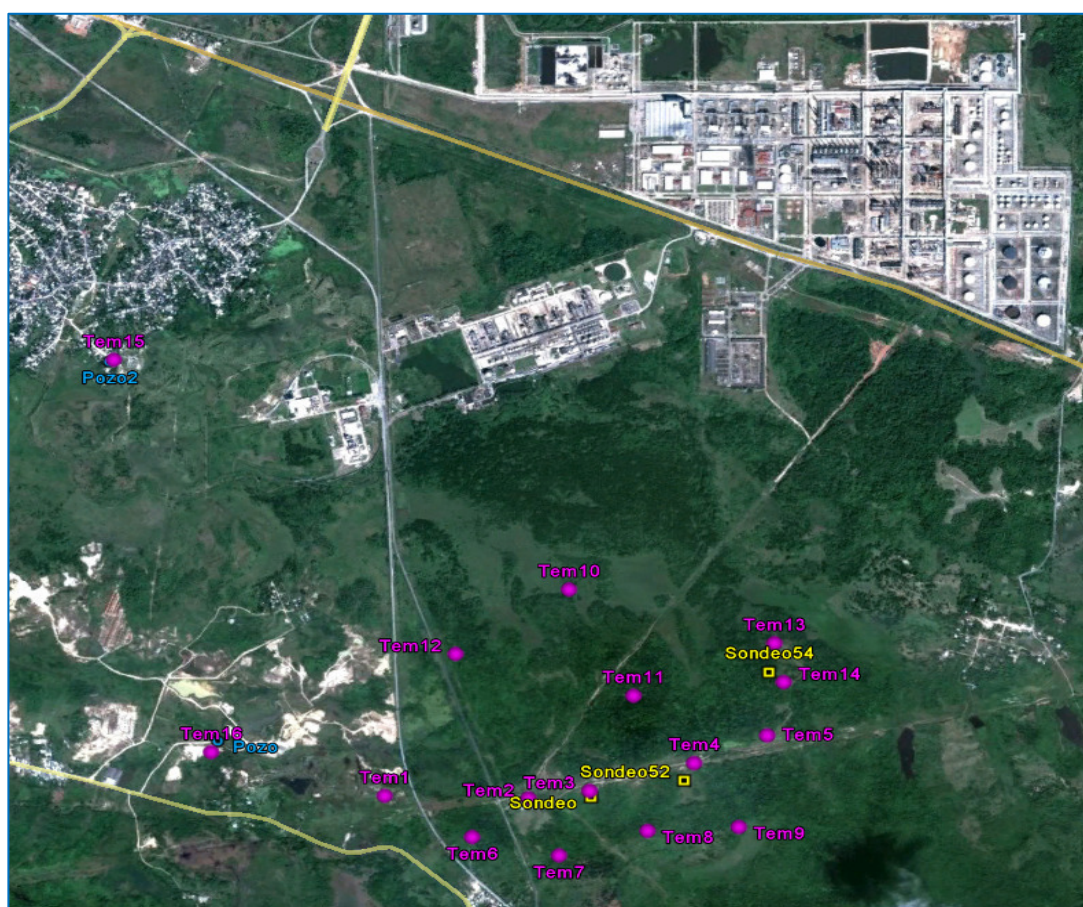


Figure J.1 TEM location (in magenta), GeoVisa close by soundings (yellow) and calibration wells (blue)

In order to reach 100 m depth, the TEM were equipped with 100 m per side bobbins.

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	29 of 67

4.3 Field works

The TEM technique consists in using a bobbin made by a square, with a $100 \times 100 \text{ m}^2$ 16 cable (bobbin area $10,000 \text{ m}^2$), in a "Single Loop" arrangement with a J ohms resistance on the circuit. This arrangement reached an electric current intensity of J amperes.

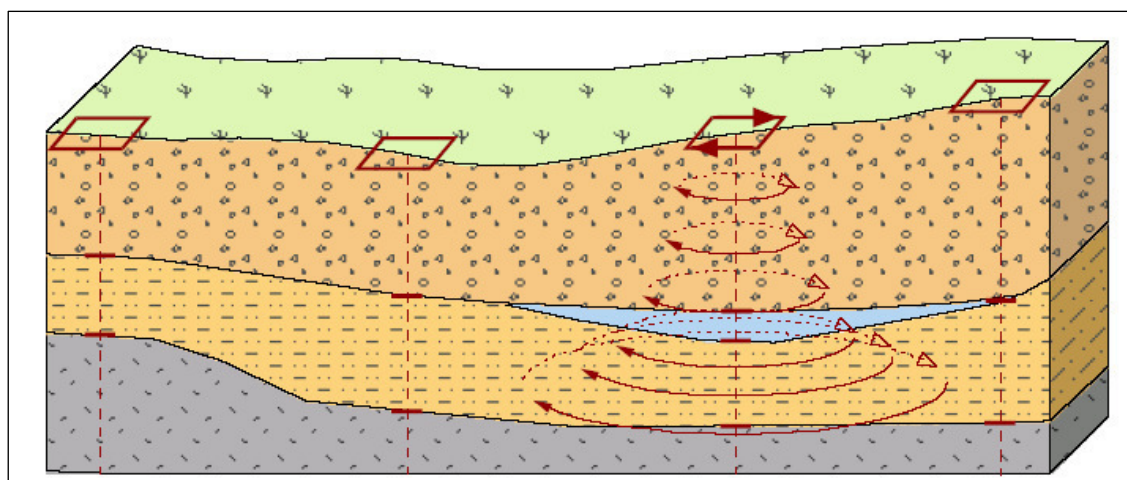


Figure. J.2 Single Loop arrangement

4.4 Cabinet processing and interpretation

The processing of the field data was initiated through the statistical analysis of all the logs obtained for each TEM performed; in this way it is defined a curve of voltage decay, which is transformed in curves of apparent resistivity.

Afterwards, this apparent resistivity curve was processed, obtaining for each site a one-dimensional model on a first stage. This was accomplished using modeling by plain layers following the classic method of trial and error; in which a certain amount of layers is proposed depending of the inflections of the curves and the times in which said inflections occur.

A second stage in the apparent resistivity curve process was to apply an algorithm by means of an Occam regression, with which it is possible to achieve a multi-layered model (19 layers) to integrate sections and simulate a bi-dimensional behavior in the section.

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	30 of 67

4.5 Geologic-geophysics interpretation

With the aim of knowing the lateral and vertical variation of the resistivities obtained on the field, six geo-electric sections were built (Map EXXI-090-00-00-GE-GHD-000J-0), as well as 11 cuts of resistivity at different depths (Map EXXI-090-00-00-GE-GHD-0006-0). With this material, it was analyzed the distribution of the resistivity in the subsoil, to later, in chapter 7, correlate with the geologic and a hydrogeologic analysis.

Section 1 of the map EXXI-090-00-00-GE-GHD-0006-0 was integrated with the TEM results, as was the log well of the well Isidoro Gutierrez and section 6 of the log well of well 3 of Mundo Nuevo. All of these were used in order to calibrate the resistances obtained by the remaining TEM.

The results showed that vertically there is an increase in the resistivity reaching values of J3J ohm-m at J00 m depth. TEM reaching resistivities higher than 100 ohm-m are: 1, J, 7, 8, 10, 11, 13 and 1J, some of them showing increments from the surface or at 10 m (TEM 7, 8, 13, 1J and 16) and the others under 1J0 or 2J0 m. On the 3, 2, J, 9, 6, and 12 soundings, resistivities from the surface until J00 m are lower than 100 ohm-m; however, resistivity also increases with depth (Map EXXI-090-00-00-GE-GHD-000J-0).

In these sections it is observed that laterally, the resistivities behave very heterogeneously, since there are TEM with similar resistivity values from the terrain level to the sounding depth; while others TEM in the same area have resistivity values that drastically change in a lateral form from one sounding to the next. This variation is observed in section 1, where the biggest lateral difference between soundings exists. (Map EXXI-090-00-00-GE-GHD-0006-0)

With the current TEM distribution (it was not covered the entire BIP), it is clear that on the east, there are high resistivity values over 90 ohm-m; in the south, between the surface and 100 m depth, values go from 60 to more than 90 ohm-m, from 100 to 2J0 m of depth, values go from 1J to 60 ohm-m, and from 2J0 to J00 m of depth, they go back to resistivity magnitudes greater than 100 ohm-m.

The remaining area of the BIP (center-west area), was explored with TEM with resistivities from the surface to J00 m depth that vary from J to 30 ohm-m.

The variability in the resistivity values between the TEM, represent changes in the type of sediments; something that was corroborated with the analysis of the mechanical soundings

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	31 of 67

done by GeoVisa, where during the first J7 m depth, shows continuous changes between soundings on the concentrations and position of the layers formed by sand, silt and clay.

In order to perform the correlation at deeper layers, a comparison between the resistivity values gathered in the TEM with results from the log wells of wells 3 of Mundo Nuevo and well Isidoro Gutierrez of Nanchital, (see Wells' Information Annex) was done. The results show that there are vertical changes in the type of materials forming each subsoil site, and that these changes are not similar from one place to the other. This, on itself, confirms the vertical and lateral heterogeneity of those materials forming the subsoil of the area of study.

Below is the description of the correlation between each site:

- **Well 3 of Mundo Nuevo**

In this place TEM 1J was carried out (Figure J.3). The curves of the log well show that the most productive areas of the well are located above 89 m, where the resistivity curves are wider and resistivity values are the highest. The fact that the curves fluctuate constantly show that there is not only one material, but that the granulometry or the type of materials change frequently and it also correlates with the interleaving of silts, clays and sands. Based on the resistivity values and the shape of the curves, it can be concluded that the sands are predominant. This section of the electric log, as seen in figure J.3, is represented in TEM 1J with resistivities that go from J8 to 78 ohm-m.

In the log well section that goes from 8J to 108 m, the resistivity gradually decreases; given this change and due to the shape of the curves, it is considered that there is an increase of silts and clays above the sand horizons. This section of log well is associated to TEM 1J resistivities between 32 and J2 ohm-m (Figure J.3).

In the final section of the log well that goes from 108 to 116 m, the electric resistivity decreases even more; this situation and given the shape of the curve, leads to the conclusion that in this section clays and silts are predominant. TEM 1J shows that this section is characterized by having resistivities under 32 ohm-m.

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	32 of 67

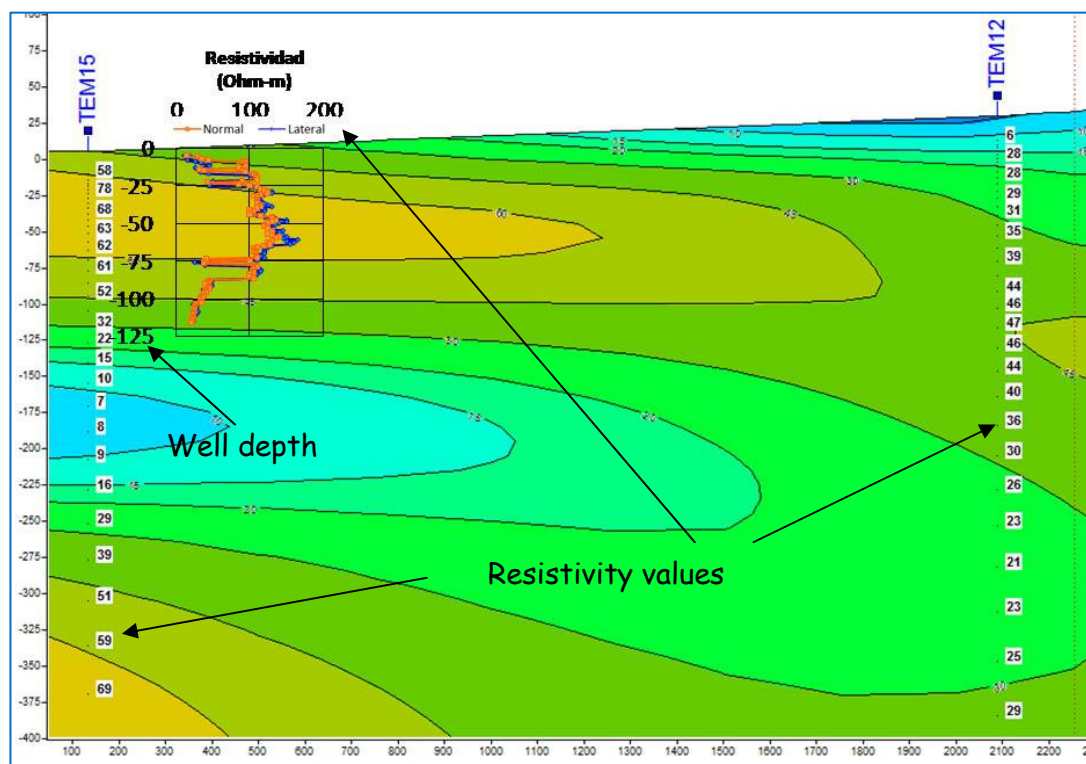


Figure. J.3 Correlation between the resistivity values gathered by the electric log of well P-3 and TEM 1J

- **Well Isidoro Gutierrez**

In this place TEM 16 was carried out (Figure J.J). In this case, there was a clear difference in the proportion of sands, clays and silts. Based on the electric log, the well has 6 productive horizons distributed all over its depth, where sands must predominate over any other material. These horizons thickness goes from 3 to 10 m, and its resistivities are high.

In these intervals it is observed that the resistivity varies constantly, which in the case of well 3 shows there are interleaves with horizons where locally, clays and silts increase. The reported resistivities on TEM 16 for 6 horizons go from 28 to JJ ohm-m.

The less productive areas in the log well are also distributed throughout the well; its resistivities are lower and its thicknesses are between 3 and 1J m. In these horizons there is an increase of clays and silts, and a decrease of sands. The TEM 16 resistivity reported

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	33 of 67

for these layers (that are non-productive or low productive) has values between 22 and J1 ohm-m.

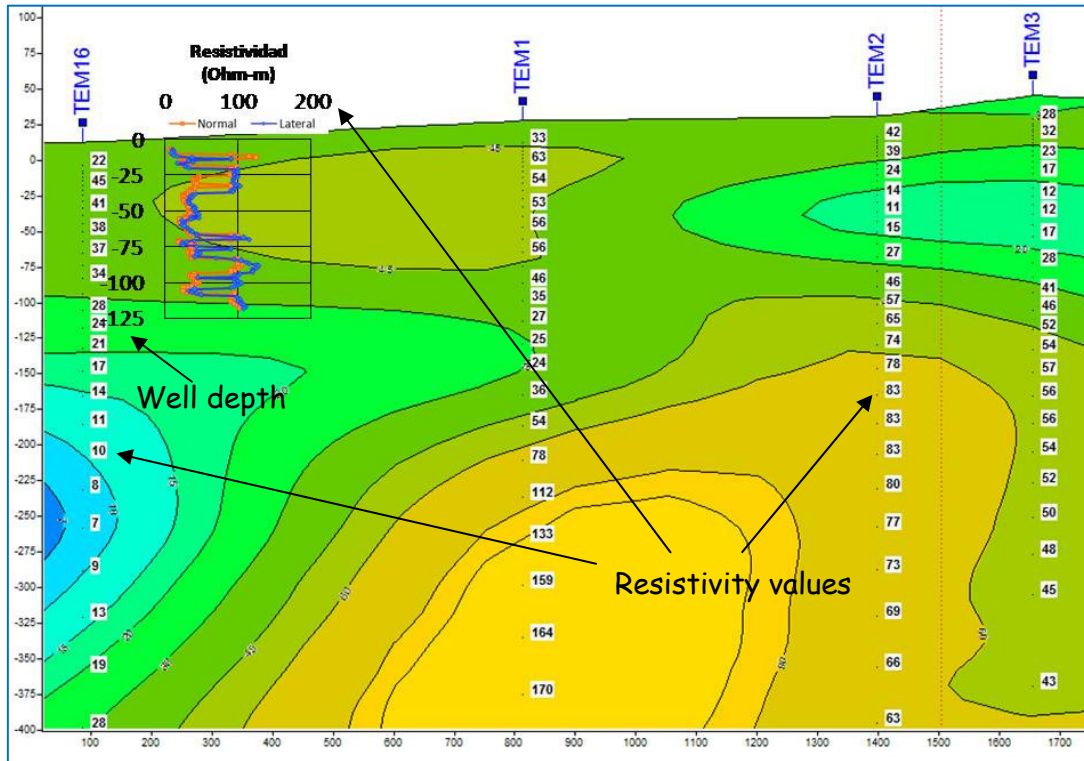


Figure. J.J Correlation between the resistivity values gathered in log well of the well Isidoro Gutierrez and TEM 16

In conclusion, the variations in the TEM resistivities in both, the surface and the deep, is representing changes in the type of materials; on the other hand, the lowest resistivity values, under 10 ohm-m, represent areas where clays and silts are predominant over sands; at lower resistivity, less amount of sands, and higher percentage of clays and silts. Finally, it is important to mention that well 3 has a flow of 2J lps while well Isidoro Gutierrez has a flow of 16 lps. The lowest flow comes from the site with the lowest resistivity values.

Another variable that intervenes in the resistivity values is the quality of the ground water; therefore, a material that contains water with high saline content, has lower resistivity values compared to values the material would have with water with a lower saline concentration; the influence of this variable will be commented in the integration chapter (chapter 7).

COMPANY:	  IDES	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	34 of 67

The correlation performed between the resistivity values obtained from the TEM, and the results from the GeoVisa soundings as well as the log wells, allowed a good interpretation of the type of materials and their hydrogeologic characteristics, as well as to establish that towards the east of the BIP, there is an increase of sand sediments with reduced mixtures of silts and clays.

On the south section, where there will be a lower concentration of engineering works, between the surface and 100 m depth, it is interpreted that there is an interleave of materials made by sand, silt and clay in which the former predominate. Later, between 100 and 200 m, the contents of clays and silts are higher; and, finally, from 200 to 300 m sands become predominant again over all the other granulometries.

Finally, on the western-center section of the BIP, silts and clays predominate over the sand horizons; all of this, as it will be explained later on, has a direct relation to the potential of the aquifer of the area.

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	35 of 67

5 CHEMICAL ANALYSIS OF THE GROUND WATER

5.1 Selection of wells for sampling

In order to understand the quality of the ground water in the area of study and make a more accurate estimate of the future quality of water, water samples were taken from the deep wells. These were selected based on the following criteria:

- Location of the well in a geologic and hydrogeologic environment similar to that of the BIP.
- Water samples representative of the ground water quality of the area.
- Previous knowledge of at least some of the building characteristics of the wells.
- Locations have to be as close as possible from the BIP.
- Permission from the owners or supervisors to take of samples.
- The well having some spot for direct sampling in its discharge tube, before treatment with chlorine.

During the field verification works, and particularly during the census, the team identified the wells that met the above criteria. Table J.1 shows the data obtained from the wells where the samples were taken.

Table J.1 Wells where ground water samples were taken

WELL'S IDENTIFICATION	USER NAME	COORDINATES		TYPE OF USE
San Miguel No. J	Comisión Estatal de Agua Potable de Veracruz. Nanchital System	3J1,900	1,996,600	Domestic
3J-2a	Comisión Estatal de Agua Potable de Veracruz. Nanchital System	3J3,179	1,997,760	Domestic
Isidoro Gutierrez	Comisión Estatal de Agua Potable de Veracruz. Nanchital System	3J3,J31	1,998,283	Domestic
3J-1	Comisión Estatal de Agua Potable de Veracruz. Nanchital System	3J3,072	1,998,169	Domestic
Gravera 2	Comisión Estatal de Agua Potable de Veracruz. Nanchital System	3J1,691	1,998,99J	Domestic

In all five selected wells, the following information was gathered:

- In the field: pH, electric conductivity (EC) and temperature.
- Physical-chemical determinations: calcium, sodium, magnesium, potassium, iron, manganese, chloride, sulfates, bicarbonates, carbonates, nitrates, total hardness (DT), total solids dissolved (STD), alkalinity.
- Bacteriologic and organic material determinations: faecal coliforms, total coliforms and oxygen biochemical demand.

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	36 of 67

Laboratorios ABC personnel, with the support and supervision from Moro, performed the sample taking. The process consisted on filling containers based on the different sample types (picture J.1), preserving the water samples based on the type of parameters to be analyzed.



Picture J.1 Sample containers before being marked

5.2 Technique for sampling the ground water

Before taking the samples on the field, the material was prepared and the equipment was measured and calibrated to measure the following parameters: hydrogen potential (pH), temperature (T), electric conductivity (EC).

During the sampling phase, special attention was given to the following:

- The location selected for taking the samples was on the closer water take to the well's discharge, before treatment with chlorine. When a well was not operational, the water was left running for at least J minutes before taking the sample.
- Hands were never introduced on a directly and the use of sterilized rubber gloves was mandatory. (Picture J.2)
- Before sending the samples to the lab, they were preserved or conserved in order to inhibit or delay any biological or chemical changes.
- To take the samples for bacteriologic analysis, first the area marked for the sample taking was cleaned with alcohol and during the procedure, a burner was used in order to eliminate all potential floating bacteria. (Picture J.2)

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	37 of 67



Picture J.2 Sampling

Once the samples were taken, they were preserved using nitric acid in order to reach pH 2. (Picture J.3) On each case and in each location, the containers were marked to have better control of the results.



Picture J.3 Ph measurement once the nitric acid had been added

During the field works, pH, temperature and EC were measured "in situ", writing down this information on the field work sheet. (Picture J.J)

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	38 of 67



Picture J.J Field measurement of hydrogen potential (pH), EC and temperature

During and at the end of the field work, the technician from Laboratorios ABC completed the documentation of each of the samples (included on the Chemical Analysis Annex), where the parameters measured on the field were included, as well as those to be tested at the lab. Moro's personnel reviewed each of the documentation forms. (Picture J.J)

Picture J.J Documentation form with the total of samples taken

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	39 of 67

5.3 Results

The reports from Laboratorios ABC containing the results from the chemical analysis are included on the Chemical Analysis Annex. Table J.2 contains the summary and comments for the results.

The samples were compared to the Official Mexican Norm NOM-127-SSA-199J, which establishes the minimum requirements to be deemed acceptable for human consumption, and whose limits are included on the third column of table J.2. It is important to note that the water that will be extracted from the BIP will be used for cooling purposes, as well as during the construction stage of the works. In order to meet the requirements for cooling, the water must contain a low degree of dissolved salts.

The results show that the ground water has a high variability in the concentration of the analyzed parameters. Below are the ranges of variability

- The total dissolved solids are between 210 and 738 mg/l
- The total hardness goes from 10J to 320 mg/l
- Calcium concentration is between 32 and 11J mg/l
- Magnesium is between 10 and 3J mg/l
- Sodium between 19 and 1JJ mg/l
- Iron goes from 0.2 to 2.J mg/l
- Chlorides go from 16 to 268 mg/l
- Sulfates go from under the detection level, to 28 mg/l
- Bicarbonates are between 100 and 170 mg/l

The results show that given the conditions of some of the parameters, there is the potential risk that the industrial cooling processes may face problems of incrustations. Also, the results show that parameters in some of the samples were over limits for human consumption established by the norm NOM-127-SSA1-199J. Among the parameters that exceeded the limits are: iron, manganese and chlorides.

Therefore, the water may require treatment before being employed for either human consumption or cooling processes

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	40 of 67

Table J.2 Summary of the chemical analysis results carried on the water of J wells in the area of study

Identification	Limit marked by the NOM-127-SSA1-1994	Isidoro Gutierrez	Km 34-2a	San Miguel No. 4	Km 34-1	Gravera 2
Sampling date		07/04/2011	07/04/2011	07/04/2011	07/04/2011	07/04/2011
Hour of sampling		09:55	10:22	10:54	12:54	13:17
Parameter (Units)		Result	Result	Result	Result	Result
PHYSICO-CHEMICAL:						
In field:						
pH in field U pH	6.5 a 8.5	7.03	7.44	7.65	7.58	6.73
FIELD ELECTRIC CONDUCTIVITY uS/cm		300	300	590	1220	670
FIELD TEMPERATURE °C		27.5	27.6	27.1	30.8	29.3
Laboratory determinations:						
CALCIUM mg/l		32.63	29.81	38.28	115.4	41.98
SODIUM mg/l	200	18.99	23.14	44.9	155.6	46.4
POTASIUM mg/l		1.91	1.555	4.589	3.138	2.704
MAGNESIUM mg/l		9.99	11.97	23.11	35.24	27.49
IRON mg/l	0.30	2.384	0.61	0.1983	0.1568	1.356
MANGANESE mg/l	0.15	0.3594	0.1405	0.14	0.0306	0.2931
CHLORIDES mg/l	250	16	19	78.5	267.9	124.5
SULFATES mg/l	400	11.33	18.63	27.75	ND	28.23
BICARBONATOS mg/l CaCO3		116	126	151	170	96
CARBONATES mg/l CaCO3		ND	ND	ND	ND	ND
NITRATES (NITROGEN OF) mg/l	10	0.0118	0.0389	0.0207	0.013	0.7597
TOTAL HARDNESS mg/l CaCO3	500	112	104	172	320	184
TOTAL DISSOLVED SOLIDS mg/l	1000	210	238	350	738	442
TOTAL ALKALINITY mg/l CaCO3		116	126	151	170	96
BACTERIOLOGIC:						
Laboratory determinations:						
FAECAL COLIFORMS (NMP) NMP/100 ml	Absent	ND	ND	ND	ND	ND
TOTAL COLIFORMS (NMP) NMP/100 ml	Absent	ND	ND	ND	ND	ND
DBO TOTAL mg/l		3	3	5	11	11

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	41 of 67

6 HIDROGEOLOGY

6.1 Census of Wells

As part of the hydrogeologic analysis, a review of the available information was done; particularly the information related to the location of wells in the surroundings of the Etilene XXI project property (BIP). Complementary, field visits were performed to have a registry of the wells, its physical characteristics, geographic location using GPS (satellite positioner), pumping equipment (if any) and, when possible, the measurement of the following parameter: deepness of static level (NE) or dynamic (ND), hydrogen potential (pH), temperature (T) and electric conductivity (EC).

The purpose of the census was also to prove the existence of ground water in the area, as well as to determine the location of the wells in regards to the BIP, and therefore, meet the requirements imposed by CONAGUA (i.e. any new drilled wells must be located at least 100 m away from the existent wells)

In this way, visits to the wells surrounding the BIP were performed. With this information as well as with the compiled data, map EXXI-090-00-00-GE-GHD-0007-0 (figure 6.1) and table 6.1 were completed.

The map and the figure show that the majority of the wells are concentrated towards the west section of the area, between the towns of Nanchital and Mundo Nuevo. Being the closest to the property the wells Isidoro Gutierrez (active) and Pollo de Oro (inactive).

The deepness of the recorded wells goes from 80 to 110 m; with a predominance of the ones with around 120 m. These wells extract between 10 and 32 liters per second (lps), predominating the ones of 16 lps.

All these wells are taking advantage of an aquifer system of semi-confined type that has its piezometric level between 3 and 13 meters above sea level (masl).

In order to know the elevation above sea level of the piezometric levels (hydraulic head), the information obtained from INEGI was used to establish the elevation of the ground in the places where the wells are located. To this value, the depth of the piezometric level was subtracted, resulting the previously mentioned hydraulic head.

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	42 of 67

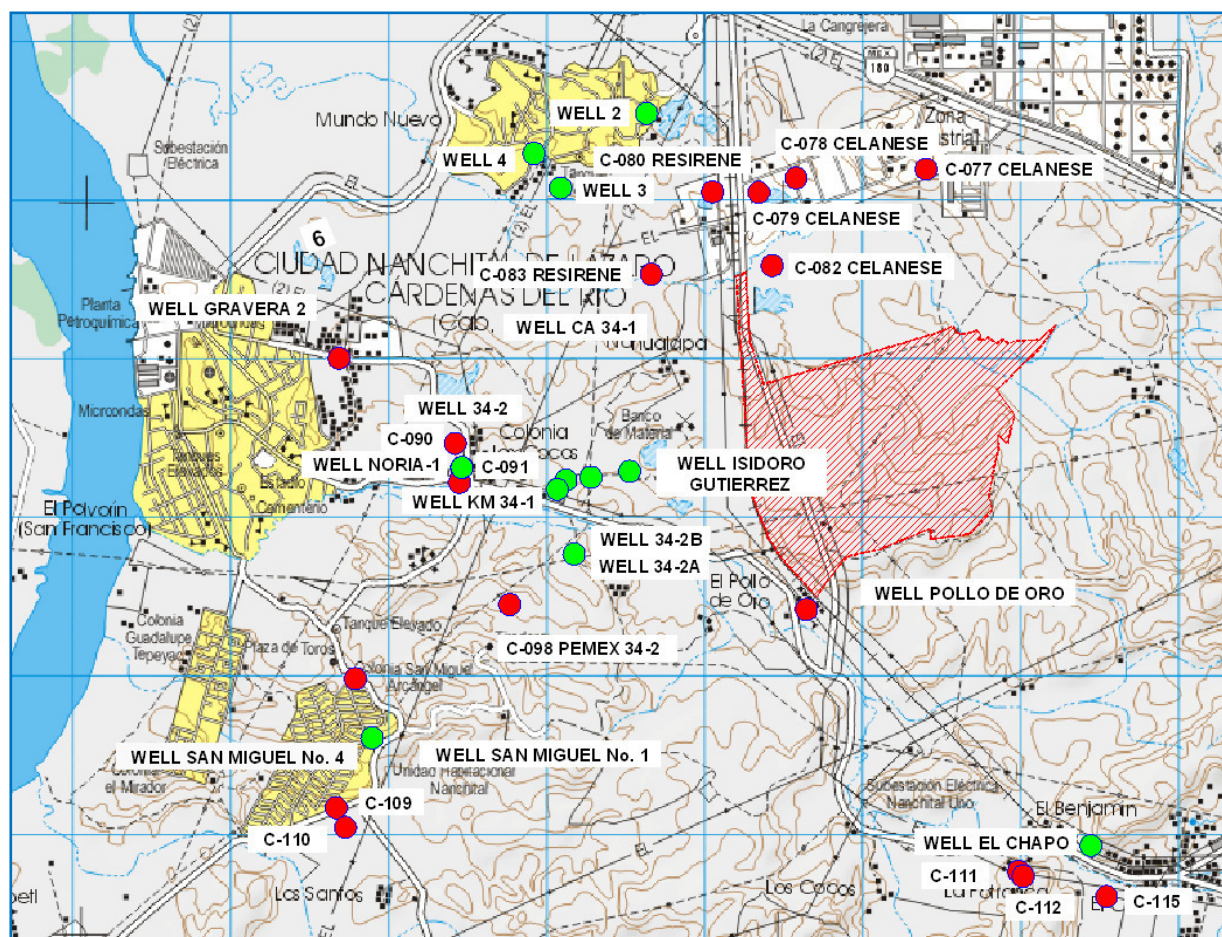


Figure 6.1 Location of wells near the BIP. The recorded wells are marked with green and marked with red are the wells reported by CONAGUA but were inaccessible. Some are out of use

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	43 of 67

Table 6.1 Relation of recorded wells and its piezometric level

WELL No.	USER NAME	PTO (m)	Q (lps)	COORDINATES		ELEV* (masl)	SUPPORT SURFACE (m)	DEPTH W/BASEMENT (m)		ELEVATION (masl)	
				X	Y			NE	ND	NE	ND
Well 4	Mundo Nuevo	110	Inactive	352,924	2,000,288	10	0.50	4.08		6.42	
Well 3	Mundo Nuevo	116	25	353,093	2,000,070	10	0.60		46.36		-35.76
Well 2	Mundo Nuevo		15	353,638	2,000,541	10	0.20	22.34		-12.14	
Well San Miguel 4	CMAPS Nanchital system Veracruz	120	16	351,900	1,996,600	30	0.18		32.7		-2.52
Well 34-2a	CMAPS Nanchital system Veracruz	100	20	353,179	1,997,760	15	0.56		39.56		-24.00
Well 34-2b	CMAPS Nanchital system Veracruz	109	20	353,179	1,997,760	15	0.36				
Well Isidoro Gutiérrez	CMAPS Nanchital system Veracruz	120	16	353,531	1,998,283	20	0.50		39.43		-18.93
Well Pollo de Oro	CMAPS Nanchital system Veracruz	150	Inactive	354,649	1,997,411	15	0.10	2.69		12.41	
Well Km 34-1	CMAPS Nanchital system Veracruz	150	15	353,072	1,998,169	10	0.12				
Well Km 34-2	CMAPS Nanchital system Veracruz	120	Inactive	353,127	1,998,226	13					
Well Ca 34-1	Exploration and production Pemex	140	32	353,285	1,998,245	18	0.70	14.36		4.34	
Well Noria-1	CMAPS Nanchital system Veracruz	82	15	352,469	1,998,307	15	0.30		30.61		-15.31
Well Gravera 2	CMAPS Nanchital system Veracruz	90	10	351,691	1,998,995	10	0.09	5.26		4.83	
Well San Miguel 1	CMAPS Nanchital system Veracruz	120	5	351,827	1,998,214	20	0.00	16.14		3.86	
Well El Chapo	CMAPS Nanchital system Veracruz	9	4	356,450	1,995,921	23	0.20		49.3		-26.10

Notes: * The elevation information was taken from INEGI's topographical map, scale 1: 10,000 with level curves every 10 m.

NE = Static level. ND = Dynamic level. masl= meters above sea level. ELEV= Elevation

6.2 Hydrogeologic units

In order to analyze the hydrogeologic behavior of the subsoil of the BIP as well as in the areas of the registered wells, the following information was integrated:

- Materials type of the mechanical sounds made by GeoVisa, on the map section EXXI-090-00-00-GE-GHD-0001-0 a EXXI-090-00-00-GE-GHD-0003-0.
- Log wells of the wells 3 and Isidoro Gutierrez.
- A result from the geophysics works (resistivities obtained from TEM).
- Geologic observations during the field visits.
- Results of the wells' census.

Integrating all these variables, it can be concluded that the lithological units forming the subsoil can be divided into three hydrogeological units:

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	44 of 67

6.2.1 Aquifers

This unit is made by sands horizons or by sediments where sands are predominant over silts and clays; its permeability varies from medium to high, which heightens its potentiality to make medium potentiality aquifers. On the surface of the terrain it works like a recharge zone.

6.2.2 Poor to very poor aquifers

This unit groups the sediments of variable granulometry where there are sands, clays and silts. Its permeability fluctuates based on the proportion of the aforementioned materials; it will be low when silts and clays are predominant, and medium to low when the sands are contained in a silt and clay matrix. In the area of study there are aquifers with poor to very poor hydrogeologic potentiality.

6.2.3 Aquitards

Materials of very fine granulometry make this unit (silts and clays), having a low to very low permeability, and working, hydrogeologically, as sediments where the water moves extremely slowly (aquitards).

Finally, maps EXXI-090-00-00-GE-GHD-0008-0 a EXXI-090-00-00-GE-GHD-00010-0 show the way in which the hydrological units are geometrically arranged for the first 10 m of the property's depth. The information that GeoVisa gave to ODEBRECHT was incorporated into these sections, along with the last piezometric levels measured during the drillings.

The integrated analysis shows that based on the type of materials there is not a clear relationship between the piezometric level's elevation, and the permeability; therefore, it is concluded that the reported level must be influenced by the water used during the drilling process.

Due the topographical position of the materials and their hydrologic behavior, it is considered that the section explored by GeoVisa in the BIP's subsoil, is located above the aquifer system from where the registered wells extract water; these wells are listed on table 6.1. It is also considered that the ground water contained on these first 10 m of depth, is water from perched aquifer or water that due to the low permeability of the materials, got trapped in the mechanical soundings.

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	45 of 67

On the other hand, it's important to mention two aspects of the sediments behavior from the hydrogeologic point of view. The first one is related to the presence of fine to very fine sands that represent a problem since, even though they are permeable, they are made of quartz and tend to get to the interior of the wells, producing obstruction and damage to the pumping equipment by abrasion.

The second aspect is related to the overflowing presence of hematite in the sediments, which causes ground water with high concentrations of iron; which in turn, leads to requiring treatments before the water is consumed.

6.3 Conceptual model of hydrogeologic function

Based on the geologic, hydrogeologic and geophysical analysis, it was established that within the subsoil of the area in study there are aquifer horizons that are separated one from the other by layers of very low permeability.

At regional scale, sands, silts and clays can be found on the superficial layers, depending on how erosion might have worked. This effect is repeated on the BIP, since GeoVisa's information allows to conclude that around 10 m depth, there are interleaves of the layers, where sandy, clay or silt sediments predominate (maps EXXI-090-00-00-GE-GHD-0007-0 a EXXI-090-00-00-GE-GHD-00010-0); situation that leads to interleaves of aquifer horizons o varied potentiality with others of very low permeability that function as aquitards.

As it can be seen on the previously mentioned maps, the overflowing materials (up to 10 m) are aquitards and it is only locally that aquifer layers are present. Their thickness is very variable, they get thinner laterally, and they have low continuity.

Up to 120 m (depth that was reached by the log wells for wells 3 and Isidoro Gutierrez) and also observed by GeoVisa's perforations, there is a frequent and continuous interleaving of layers with different granulometry (clays, silts and sands); this shows that the behavior is similar from the surface to the depth of the water extraction wells.

In regards to the behavior at depths of up to 100 m, penetration reached on the TEM reached, the vertical and lateral variations continue; as shown on map EXXI-090-00-00-GE-GHD-00012-0

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	46 of 67

All together, the interleaving of materials with different hydrogeologic behavior, its classified as "**aquifer system**" due to the insertion of permeable layers that work as aquifers, with others of very low permeability that behave as aquitards. This assembly functions hydraulically, as a semi-confined aquifer system, and the water within is subjected to extra-atmospheric pressures.

As for the continuity of the layers, it is low for both, the layers forming aquifers as well as those forming aquitards. On top of it, they are coined in short distances, which gives the environment a high heterogeneity; consequently in short distances, there can be wells with different water production. It is also for this reason that it is convenient to have the wells located in areas where the biggest amount of aquifer horizons cut.

On the other hand, based on CONAGUA's study "*Update of the Annual Average Ground Water Availability from Aquifer (3012) Costera de Coatzacoalcas*", the ground water movement is present from the sierras to the coast line, except to the east of the aquifer, where the water moves east to west as a consequence of the impoverishment produced by the wells close to Minatitlan, where extraction exceeds the capacity for static level recovery and a depletion cone is generated.

In order to understand the movement of the ground water, the team set up a static level configuration (map EXXI-090-00-00-GE-GHD-00011-0) based on the average static levels obtained during the census stage as well as on the average level above sea level obtained from the topographic INEGI maps with a scale of 1:10,000, and elevation curves every 10 meters.

This configuration demonstrated that due to the number of wells located between the western portion of the BIP and the town of Nanchital the water behaves semi-circularly, from the town of Mundo Nuevo towards the east of Nanchital and from the west of the BIP towards the east of Nanchital to then continue towards the southeast of the river.

The configuration has piezometric heads that vary from 12 meters above sea level in the western portion of the BIP to below 1 meters above sea level in the area of Nanchital.

Based on the results from the census and from the chemical analysis, we got to the conclusion that the wells that will be constructed in BIP will have water flows that can go from 1J to 30 lps, and a high probability of containing high concentrations of iron and manganese.

COMPANY:	  	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	47 of 67

It is important to mention that it is highly likely that the wells may extract sands of quartz, therefore, the pumping equipment will probably require replacement as well as a very detail geological supervision at the time of drilling

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	48 of 67

7. RESULTS INTEGRATION

The activities integrated in this chapter are the following: in the geophysics department, the well's log wells revision and the TEM results; the geologic and hydrogeologic verification; the well census and the previous information analysis, as well as the analysis of that information gathered from GeoVisa's perforations. All of these brought forth the following:

- On the subsoil of the area in study there is a semi-confined aquifer system made by layers of medium to high permeability that form aquifers (sediments made of sands or where sands abound), these alternate with other layers of low to very low permeability that form poor to very poor aquifers (sediments where there are sands mixed with a great amount of silts and clays), as well as with others that have very low permeability and which form aquitards (sediments made by silts and clays with almost no sands).
- The correlation of the electric log from well #3 of Mundo Nuevo (well of 116 m of depth with an extraction flow of 2J lps) to the resistivity values of TEM 1J show that the most productive areas are associated to resistivities between J8 and 78 ohm-m, with a predominance of values of 60 to 70 ohm-m (figure 7.1).

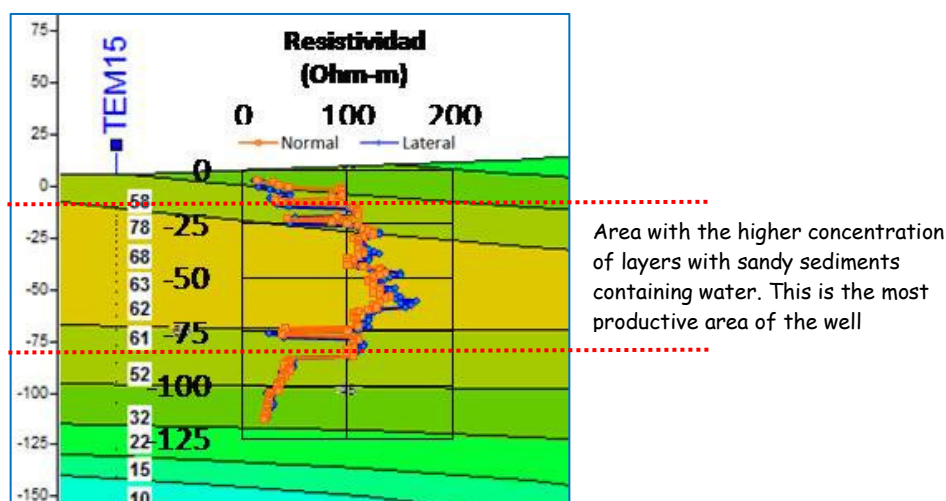


Figure 7.1 Delimitation of the zone that contributes the greater amount of water on well 3

- Based on the understanding of the area's geology and its correlation to log well #3 (activity showed in figure 7.1), it was possible to establish that the resistivities of

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	49 of 67

60 to 70 ohm-m are associated to interleaving of sands, silts and clays, where sands are predominant. This is the section of the aquifer system that has a hydrogeologic potentiality that varies from medium to high.

- The correlation of the resistivities associated to TEM 16 with the log well of well Isidoro Gutierrez (well of 120 m of depth and extraction flow of 16 lps), demonstrated that, contrary to well 3, this one has many water productive zones of lesser thickness and aquifer potentiality (lower resistivity), interleaved with others that aren't water contributors. In this case, the resistivities of the aquifer zones vary from 3J to JJ ohm-m; which correlates to a section of the aquifer system of medium to low hydrogeologic potentiality.

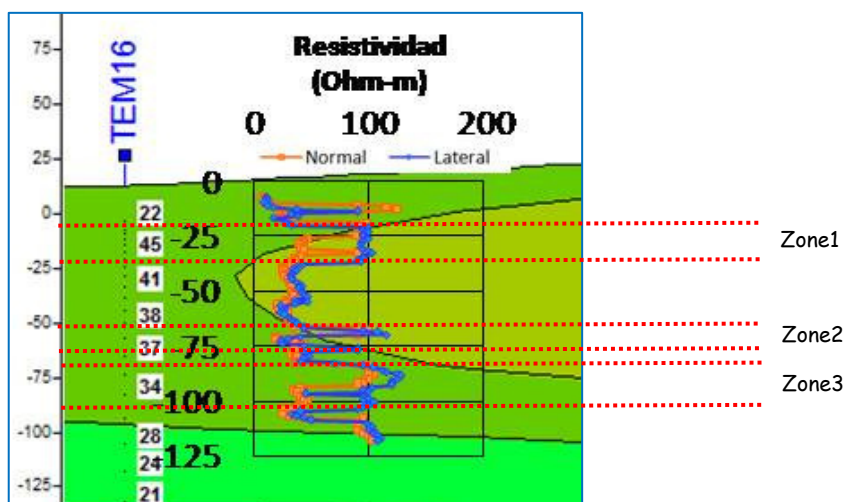


Figure 7.2 Delimitation of the zones that contribute water in well Isidoro Gutierrez

- In this case, the resistivities of 3J to JJ ohm-m in figure 7.2 are associated to poor aquifers made by sands mixed with silts and clays, that compared to well 3, have a higher amount of fines (silts and clays).
- Based on this information, a new analysis of the resistivity values of the property's TEM was done; the result was the definition of integration units where all the geological, geophysical, hydrogeological and chemical information of the water was compiled and summarized. The information is included in map EXXI-090-00-00-GE-GHD-00012-0 and described as follows:

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	50 of 67

- Integration unit 1 (UI1): Silts and clays of low permeability that work as aquitards conform it. When having sand horizons, they are very thin and scarce; the water contained by this unit moves very slowly and may have high concentrations of iron, manganese and chloride. It has resistivities lower to 20 ohm-m.
- Integration unit 2 (UI2): Made by insertions of clays, silts and sands, with preponderance of the first two. Its permeability as a group is low and they constitute a section of the aquifer system that has very poor aquifers of low thickness that may contain water with high concentrations of iron, manganese and chloride. Their resistivities go from 21 to J0 ohm-m.
- Integration unit 3 (UI3): Sands rich in quartz with few silts and clays, with a predominance of sands. Its permeability varies from medium to high, which is related to the amount of silts and clays in existence. It makes a section of the system aquifer where there are aquifers of medium hydrogeologic potentiality, it may contain water with high concentrations of iron and manganese and it has resistivities of J1 to 100 ohm-m.
- Integration unit J (UIJ): It is associated to sands of quartz where the amount of clay and silts is very low or inexistent. It has high permeability and makes aquifers that may contain water with high concentrations of iron and manganese; it is also likely that it can be impregnated of hydrocarbons. Its TEM resistivity goes from 100 ohm-m to more than J00 ohm-m.

On the descriptions of the previous units, when there is mention of interleaving of sands, silts and clays, it is in reference to layers in which one of these granulometries predominates; this means that in the same layer, the three sediments are present but one of them is more abundant. They are rare, but it's possible to find layers where only one type of granulometry can be found, like in the sands of quartz.

On the other hand, the definition of the units indicates that it "may" contain water with high concentrations of iron and manganese given that in the area, a great amount of wells report the existence of these elements, reason why many of the wells become not operational.

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	51 of 67

7.1 Definition of places for the drilling of a well for water supply

The final objective of this report is to establish the best places for the construction of a well for water extraction that can satisfy the water supplying needs for the Etilene XXI project.

The conditions that a place must meet, beside the geologic and hydrogeologic, are the following:

- It must be inside the BIP.
- Preferably, they should be out of the construction area.
- Based on CONAGUA's requirements, it must be at least 100 m away from an active well owned by another user.

Considering these conditions and the results of the integration units, the analysis was made to establish the places where there is a higher probability of finding ground water.

In this way, we analyzed the sections included in map EXXI-090-00-00-GE-GHD-00012-0 (figure 7.3) in order to identify locations that can supply the project with water. Based on the classification of the integrity units, the locations with the highest aquifer potential are UI3 and UIJ, which are found in every one of the TEM in the BIP; hence the analysis centered on locating the TEM with the better topographic position and higher thickness.

It is important to mention that UI3 should have a better hydrogeologic potentiality when its resistivities are higher (based on the established range). Regarding UIJ, there was no way to calibrate the resistivity values over 200 ohm-m, thus there is some uncertainty around the physical characteristics these materials may have (it is estimated that they might have impregnations of gases or hydrocarbons). It is for these reasons that the places where UI3 has values of 10 to 90 ohm-m and UIJ has lower resistivities than 200 ohm-m, were prioritized.

Another important consideration in the selection was the fact that the future well should not be too deep (under 200 m) since this would make the construction works more expensive and the drilling period longer.

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	52 of 67

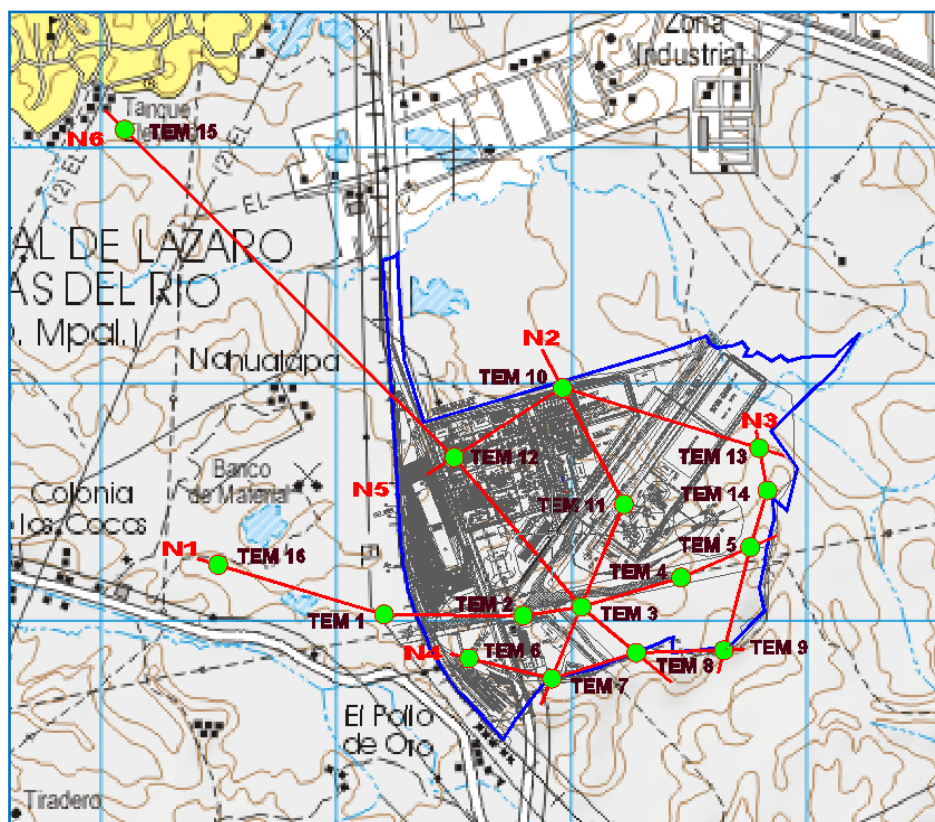


Figure 7.3 Location of the 16 TEM the integration sections where they are incorporated

Based on the integration and the results, it was concluded the three sites with the best hydrogeologic and geologic characteristics. One of them is located on TEM 11, but within the area that will become the "Etilene Facilities" (red circle in figure 7.J), reason why it was not considered as part of the options, unless deemed otherwise by ODEBRECHT. This site can be drilled with a well of 17J m of depth

Without considering the afore mentioned well, the other two options are located on TEM 7 and 8 (blue circles in figure 7.J). Their characteristics are as follows:

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	53 of 67

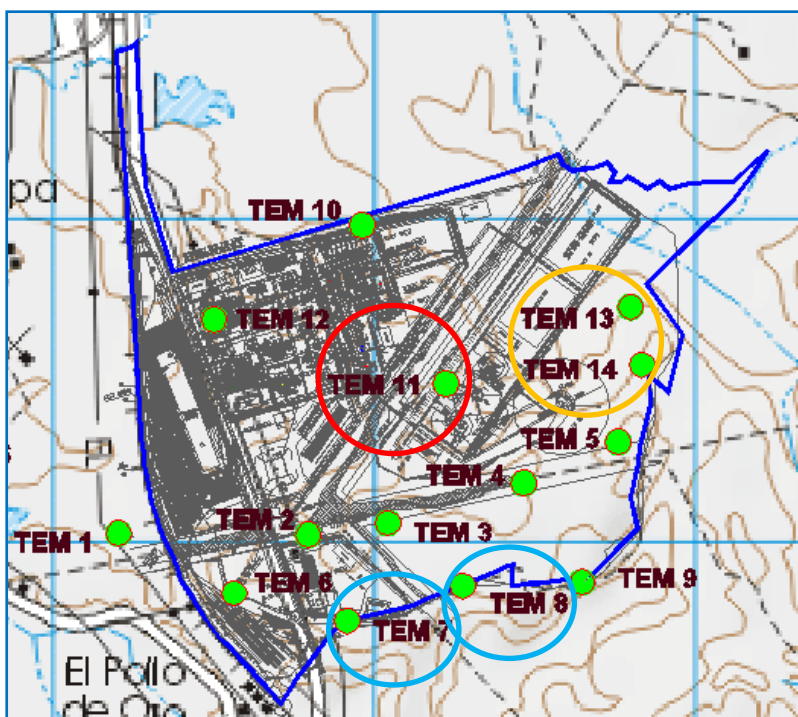


Figure 7.J Location of the places with aquifer potentiality

- **Option 1. Place where TEM 7 was carried out**

It has good hydrogeologic possibilities. The place contains from the surface to 130 m of depth unit UIJ with resistivity values between 10J and 206 ohm-m and a predominance of values between 123 and 16J ohm-m. From 130 to 17J m of depth the place contains unit UI3, which has resistivity values that vary from J9 and 89 ohm-m. Underneath this one, there is a thin horizon of unit UI2 of approximately J0 m thick and under it there is another layer of unit UI3 (from 21J to 260 m), and later unit UIJ (from 260 to J00 m).

Based on the water flow and the constructive data from the wells of the area of study, it is considered to be best option to drill in this location a well of 17J m of depth, in order to take advantage of the units UIJ and UI3 that are on top of unit UI2.

Using the information given by ODEBRECHT, this place is located on an ecologic reservation that, apparently, would not create any problems during the construction stage. On the other hand, there would be enough space to carry out maintenance and rehabilitation works to the well in the future.

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	54 of 67

- **Option 2. Place where TEM 8 was carried out**

This place has similar conditions to option 1; from the surface up to 80 m depth, there is unit UIJ with resistivity values of 106 to 1JJ ohm-m; from 80 to 1J0 m, there is unit UI3 with resistivities of JJ to 96 ohm-m; underneath it and up to 32J m depth there is unit UI2, of low hydrogeologic potentiality; and from 32J to J00 m there is unit UI3.

Using the same criteria that in option 1, it is recommended that the well should be drilled at 1J0 m depth. As it can be seen, it would have a lower column of water captation and relatively lower resistivities compared to option 1.

In this case, the verbal information offered by ODEBRECHT showed that this place will also be an ecological reservation, where there would be enough space available for maintenance and rehabilitation works to the well.

- **Places where TEM 13 and 14 were performed**

The locations for TEM 13 and 1J are a very particular, since they have very high resistivities at 2J m depth. In the case of TEM 13, on the first 100 m, resistivities reach 3J0 ohm-m and from 100 to J00 m it can reach values of up to J62 ohm-m.

TEM 1J has lower values; from 2J to 100 m resistivities of between 100 and 200 ohm-m appear, and from 100 to J00 m values reach 360 ohm-m.

As stated above, this range of resistivity values was very difficult to calibrate with direct information; however, it can be representing areas with sands of quartz with good quality water, or areas with impregnation of hydrocarbons. Faced with this uncertainty, we propose as an additional option to drill an exploratory well with 130 m of depth where TEM 13.

TEM 13 and 1J are located on the eastern side of the BIP. The information sent by ODEBRECHT about the zoning does not indicate the potential usage of the area, but it is located outside of the future buildings.

It is important to say that the depths and positions between units were obtained from the geophysics electric results (TEM), hence they're not accurate since these type of indirect methods only allow an approximate location of the contacts between the different kinds of sediments.

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	55 of 67

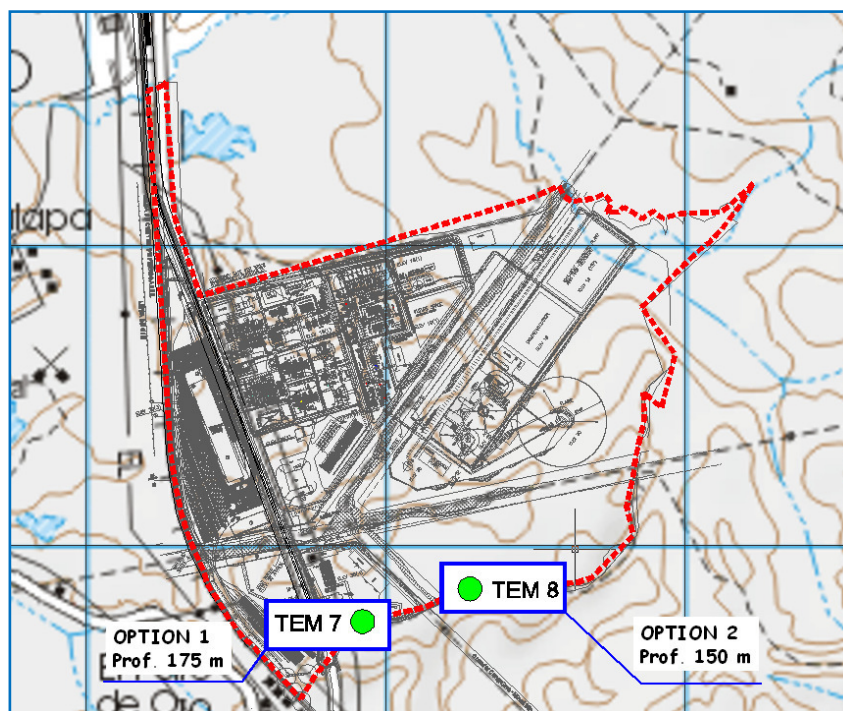


Figure 7.J Location of sites for drilling wells

Another important aspect is the fact that the layers forming units UI3 and UIJ are not continuous throughout great distances, and that within the spaces between TEM exist lateral changes, that go from units of medium to high hydrogeologic potentiality (UI3 and UIJ), to units of a much lower hydrogeologic potentiality, such as UI1 and UI2.

This represents a lack of continuity in the materials' permeability and a decrease of the hydrogeologic potentiality of the aquifer system. However, if the team performs an extensive extraction on the wells operating within the area of study (which includes the area between the west limit of the BIP and the towns of Mundo Nuevo and Nanchital), in the long term there will be a deepening of the location of the piezometric levels.

7.2 Flow, water quality and behavior to be expected of the well to be drilled

The analysis of the behavior of the wells in the area of study demonstrates that some of the wells drilled provided flows of up to JJ lps; and when set to extract these level of flows the extraction included a high level of sands of quartz, which caused abrasion to the pumping equipment.

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	56 of 67

On other occasions, in order to get high volumes, the pumping equipment was placed at the greatest depth possible, which caused that in some places water was extracted with high concentrations of iron and manganese (local circumstances).

For these reasons, the users decided to abandon the wells and use superficial water, or reduce the extraction flows in order to get water with a lower production of sands. The result is that currently, the exploitation flows vary from 1J to 32 lps, as seen in table 6.1. It is important to remember that this flow does not represent the maximum amount of water the wells are able to produce.

It is highly probable that the future well in the vicinity of TEM 7 and 8 could have a flow over 1J lps. If during the drilling, a very detailed geologic supervision is done, the team can perform granulometric essays and locate the depths at which the layers with the finest sandy sediments can be found. This information in conjunction with the results of an log well done on the well could be used enhance the final design and in this way, preventas much as possible the entrance of sand of quartz of very fine grain and provide the equipment with a better life spam.

Regarding the quality of the water, there are high probabilities that it contains iron and manganese in concentrations higher than 0.3 mg/l and 0.1J mg/l, respectively (limits established by the Mexican norm of potability). The concentration of total solids dissolved, which is a direct measurement of the amount of salts in the water, is highly probable to be under 1,000 mg/l but over 300 mg/l, which means that the water would require some level of treatment before being used.

Finally, it has to consider that even with a good design, there's the possibility of intrusion of sands of quartz, which will cause blockages and a decrease of life spam of the equipment. It is recommended the use of equipment that limits the amount of sands, annual maintenance and rehabilitation, as well as periodical changes to the pumping equipment.

The preliminary designs are included in chapter 8.2: Recommendations.

7.3 Distance to the closest wells

In regards to the minimum J00 m distance established by CONAGUA, in order to avoid interference between the wells, figure 7.6 shows that for option 1 (place located on TEM 7) there are no wells in operation within the distance. There is only one well, Pollo de Oro at J30 m, that has been out of service for several years.

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	57 of 67

Option 2 (place located on TEM 8) has no wells, both active and inactive, under the J00 m distance. (Figure 7.6)

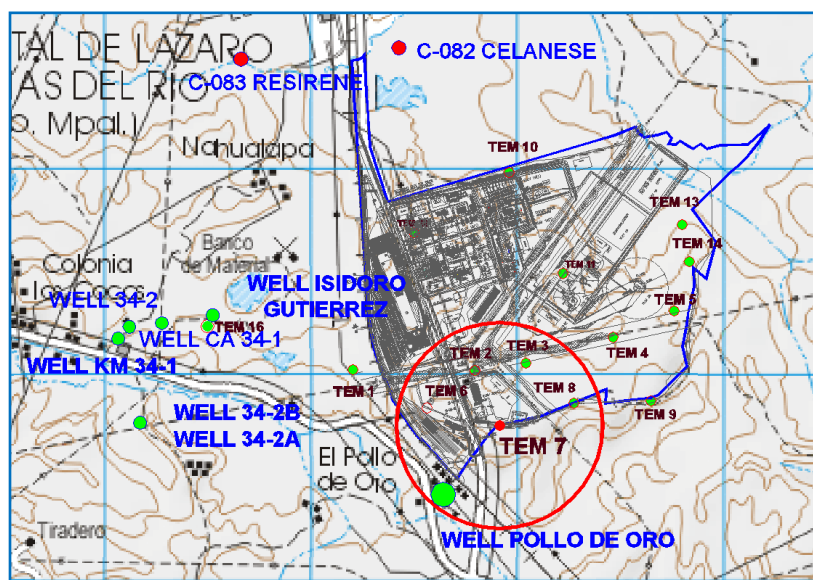


Figure 7.6 Circumference with a J00 m radius that shows the wells surrounding option 1 (TEM 7); well Pollo de Oro is inactive

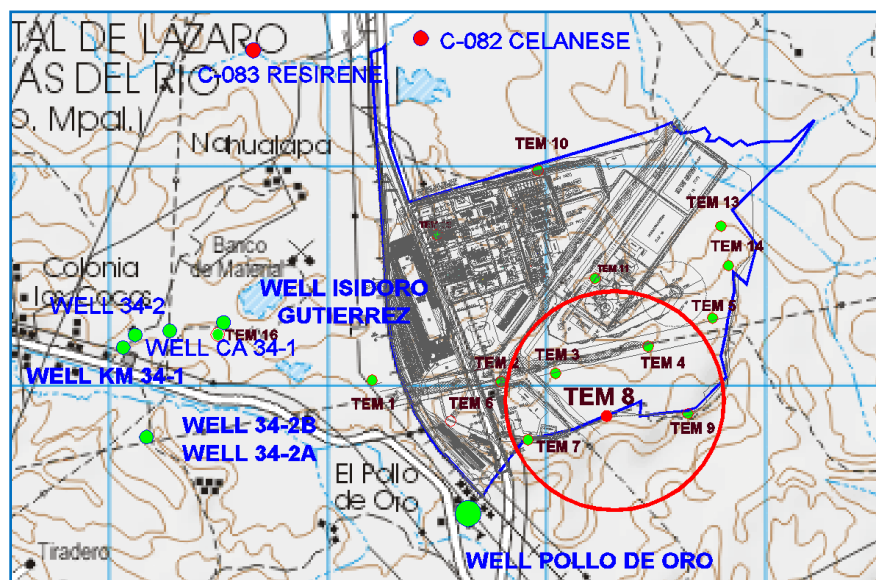


Figure 7.7 Circumference with a J00 m radius that shows the wells surrounding option 2 (TEM 8)

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	58 of 67

7.4 Other alternatives for water supply

As requested in the reference terms, MORO researched other alternative forms of water supply for the project, finding as the best possible alternative obtaining water from the dam La Cangrejera; located 6 km in a straight line from the center of the BIP.

This alternative was further researched in CONAGUA, with the Water Administration office located in Coatzacoalcos, around the possibility of getting a concession for the usage of water from the dam. The response was favorable, however, it was indicated that the town of Coatzacoalcos is also trying to make use of the resource. For this reason Moro recommends to start the process with CONAGUA as soon as possible in order to prevent not being able to obtain a portion of the volume available for concession.

7.5 Other locations of hydrogeologic interest

MORO recommends investing in an exploration well up to a depth of 130 m in the special locations for TEM 13 and 1J, given the level of uncertainty on the physical characteristics of the materials and its contents.

The most favorable possibility would be to find well-selected sands of quartz with high permeability and saturated with water of high quality; although, it is also possible to find sands of quartz containing gas and some level of impregnation of hydrocarbons.

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	59 of 67

8. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

8.1 Conclusions

- The classification of the units based on geologic formations was problematic for the area of study because the materials assigned to each of the formations are very similar, that's why it was not 100% accurate to establish limits and differences. Consequently, the description of the materials based on its predominant granulometry was used for the hydrogeologic analysis.
- In the BIP and in the area in study three lithological units were found:
 - Red sands of quartz (ar)
 - Sands, clays and silts [(ar-lm) y (ar-arc)]
 - Clays and silts with few sands [(arc), (arc-ar) y (arc-lm)]
- These three units are alternating, and it is highly unusual to find only one kind of granulometry, usually there are mixtures of the three kinds of sediments and when there is reference to sand layers, in reality there are combinations of sands, silts and clays with a predominance of sands; the same occurs for silts and clays. The layers of these sediments have variable thicknesses and continuities, which makes the subsoil highly heterogeneous.
- The lateral changes in the type of sediments and the thicknesses of their layers cause variations on the hydrogeologic behavior, reason why in short distances the permeability of the group of sediments has significant variations.
- Using the results from the GeoVisa perforations it is proven that, when the analysis is more detailed, during the first J7 m of depth and in smaller extensions (only at BIP), the heterogeneity repeats itself like at a regional scale.
- In order to understand the hydrogeologic characteristics of the area of study, the team performed an information analysis of previously drilled wells, as well as 16 TEM, through which the subsoil was explored in an indirect manner up to a depth of J00 m.

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	60 of 67

- To the results of TEM 1J and 16, it was added the log wells of wells 3 of Mundo Nuevo and Isidoro Gutierrez of Nanchital, respectively; in this way resistivities obtain from the TEM were calibrated the hydrogeologic behavior observed in them.
- The correlation of well 3 of Mundo Nuevo's log well (well of 116 m of depth with an extraction flow of 2J lps) to resistivity values of TEM 1J show the most productive areas are associated to resistivities of J8 to 78 ohm-m, with predominance of values between 60 and 70 ohm-m.
- The correlation of resistivities associated to TEM 16 to the log well of well Isidoro Gutierrez (well of 120 m depth and extraction flow of 16 lps) allowed to conclude that, in contrast with well 3, this one has many water productive areas not as thick and with lower aquifer potential (lower resistivity), which interleave with other that contribute no water. In this case, the aquifer zones' resistivities fluctuate from 3J to JJ ohm-m.
- The TEM carried out in the BIP show that towards the east, there are very high resistivity values with ranges that go from 100 to more than J00 ohm-m. In the south, between the surface and 100 m depth values are high, from 60 to more than 90 ohm-m; from 100 to 2J0 m they go from 1J to 60 ohm-m, and finally, from 2J0 to J00 m depth, they go back to resistivities higher to 100 ohm-m.
- In regards to water quality, the parameters that in some samples were over the limits established by the norm NOM-127-SSA1-199J were iron (norm limit of 0.3 mg/l), manganese (norm limit of 0.1J mg/l) and chlorides (norm limit of 2J0 mg/l). In general, the analyzed parameters have the following behavior:
 - Total dissolved solids between 210 and 738 mg/l
 - Total hardness of 10J to 320 mg/l
 - Calcium concentration of 32 to 11J mg/l
 - Magnesium of 10 to 3J mg/l
 - Sodium between 19 and 1JJ mg/l
 - Iron between 0.2 and 2.J mg/l
 - Chlorides of 16 to 268 mg/l
 - Sulfates can go from under the detection limit of the equipment, to 28 mg/l
 - Bicarbonates are between 100 and 170 mg/l
 - Manganese of 0.1J to 0.3J mg/l

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	61 of 67

- The parameters may cause the industrial processes related to cooling some problems related to incrustations in the pippins.
- Water, before being used for industrial cooling processes or for human consumption, would require treatment.
- From a hydrogeologic point of view, the types of materials in the area can be grouped in three hydrogeologic units: aquifers (sands or mixtures of sands, clays and silts where sands predominate), poor aquifers (mixture of sands contained in silts and clays in a similar proportion) and aquitards (clays and silts).
- This interleaving of materials with different hydrogeologic behavior constitutes an "aquifer system" where permeable layers, acting as variable hydrogeologic potentiality aquifers, interchange with others of very low permeability that act as aquitards. This is a semi-confined aquifer system, where the water it contains is subjected to extra-atmospheric pressure.
- The configuration of the static level elevations allowed to establish that the number of wells between BIP's western section and the towns of Nanchital and Mundo Nuevo causes ground water to move towards these wells to afterwards, continue its course to the southeast towards the river Coatzacoalcos.
- The results integration from the geologic, geophysics, hydrogeochemical and hydrogeologic point of views allowed to establish four units:
 - Integration unit 1 (UI1). Made up by clays and silts of very low permeability that work as aquitards. When they have sand horizons, they are very thin and scarce; the water contained by this unit moves very slowly and can have high concentrations of iron, manganese and chlorides. They have resistivities lower to 20 ohm-m.
 - Integration unit 2 (UI2). It is formed by interleaves of clays, silts and sands, where the first two predominate. Its permeability as a group is low and it constitutes a section of the aquifer that contains very low aquifers of very little thickness. Water can have high concentrations of iron, manganese and chlorides. Its resistivities go from 21 to 70 ohm-m.

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	62 of 67

- Integration unit 3 (UI3). Made up by sands rich in quartz with few silts and clays where sands are predominant. Its permeability varies from medium to high, which is driven by the amount of silts and clays existing in the unit. It constitutes a section of the aquifer system formed by aquifers of medium hydrogeologic potentiality; it can contain water with high concentrations of iron and manganese and its resistivities go from J1 to 100 ohm-m.
- Integration unit J (UIJ). It is associated to sands of quartz where the amount of clay and silt is scarce or non-present. It has high permeability; it constitutes aquifers that can have water with high concentrations of iron and manganese; it could probably be impregnated with hydrocarbons and its TEM resistivities go from 100 to more than J00 ohm-m.
- Based on the integration and analysis carried out, it was established that three sites have the best geologic and hydrogeologic conditions. The one with the best hydrogeologic possibilities is TEM 11 but it is located inside of what would become the Etilene installations, reason why it was not considered as an option.
- Excluding TEM 11, the best places for drilling are located on TEM 7 and 8.
- Option 1 (location of TEM 7), has good hydrogeologic possibilities; from the surface of the area to 130 m depth there is UIJ. From 130 to 17J m there is unit UI3; underneath it there is a thin horizon of unit UI2 and under it new units UI3 and UIJ. This would be a good location to drill the well at 17J m of depth in order to take advantage of the two first parts of units UIJ and UI3. Based on ODEBRECHT information, this place is located on an ecologic reservation.
- Option 2 (location of TEM 8), has similar conditions to those of option 1. From the surface up to 80 m depth there is unit UIJ, from 80 to 1J0 m unit UI3, under it and until 32J m depth unit UI2 of low hydrogeologic potentiality, and finally, from 32J to J00 m an additional unit UI3. If the well was not drilled on the location for option 1, this place could house a well of 1J0 m. In this case, there would be a smaller longitude and lower resistivities compared to option 1. Based on ODEBRECHT information, this place is located on an ecological reserve.
- The places where TEM 13 and 1J are located are particular because they show high to very high resistivity values from 100 to more than J00 ohm-m. This range of values was impossible to calibrate with direct information; however, it may contain

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	63 of 67

sands of quartz with good water quality, or with areas with hydrocarbons impregnation and gases.

- The results from the census of wells showed that there is only one well located under J00 m from TEM 7; this is the well known as Pollo de Oro, which is at J30 m of distance but has been inactive for several years; reason why there is no possibility for any other user may be affected by the construction of a new well the within the BIP.
- The flows of the analyzed wells in the area of study showed that during its variable flow pumping test, up to JJ lps were extracted but during its operation it was extracted too many sands of quartz, which caused abrasion to the pumping equipment. In other cases, in order to get more water, the pumping equipment was located deeper but sometimes that caused higher concentrations of iron. These are the reasons why the users may have decided to abandon the wells and use superficial water instead, or to reduce the extraction flow to get water with fewer sands.
- The current extraction flows are between 1J to 32 lps, reason why it is considered improbable that the new well could have a flow higher to 1J lps.
- A detailed geologic supervision carried out during the drilling stage of the well can facilitate a good design for its termination; one that could avoid the transfer of sands of quartz of very fine grain, and therefore a higher extraction flow.
- It must be considered that even if the well is very well designed, there will be filtration of sands of quartz, which will cause obstructions and reduction of the life spam; reason why it is important to consider: equipment that reduces the output of sand, annual maintenance works and rehabilitation works to the equipment, as well as some level of periodical changes to the pumping equipment.
- As requested in the reference terms, alternative options for water supply for the project were investigated; the best option is the dam La Cangrejera, located 6 km away in straight line from the center of the property to the dam's curtain
- Faced with this possibility, it was researched at CONAGUA about the possibility of getting a concession for the usage of water from the dam. The answer was positive but the town of Coatzacoalcos is already requesting access to it, reason why Moro

COMPANY:	 	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	64 of 67

recommends starting the process with CONAGUA as soon as possible to avoid the possibility of the volume getting fully allocated.

8.2 Recommendations

- Drill the well in the location labeled as option 1 with coordinates X=3JJ,923, Y=1,997,7J7.
- In this location, drill the well to a total depth of 17J m. Once concluded the exploration stage, perform an log well in order to correlate the results with the classification data from the geologist supervisor, and used the information to set the final design.
- Once completed the stage of expansion of the well, place the slotted PVC piping and the gravel filter place all around it and perform the development and the variable flow-pumping test.
- In the final stage of the variable flow-pumping test, perform some water sampling in order to verify the amounts of major ions, as well as the amounts of iron, manganese and total dissolved solids
- It is recommended the building design of the well shown on Figure 8.1

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	65 of 67

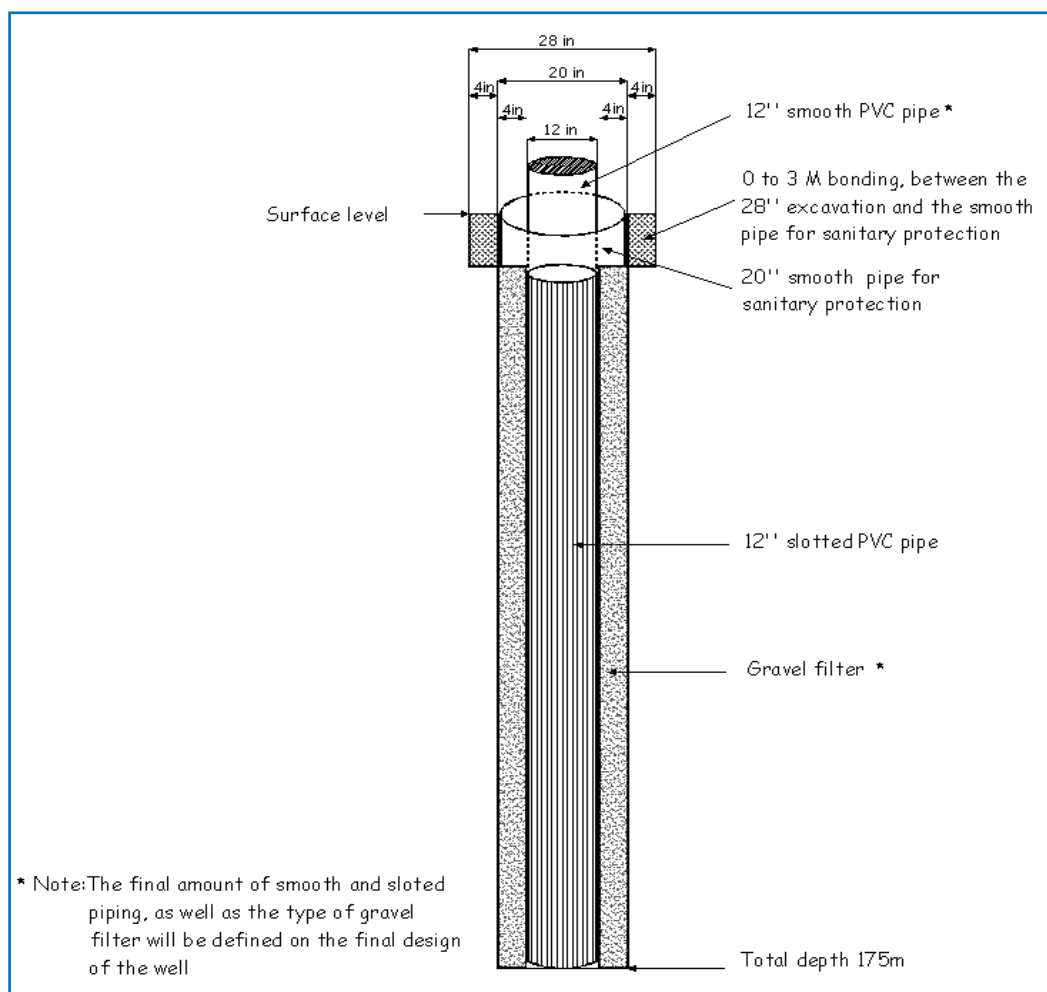


Figure 8.1 Design proposal for option # 1

- If, due to the close distance to the well Pollo de Oro, CONAGUA requests and alternative location for the well, or because ODEBRECHT considers that a different location serves its purpose better, it is recommended to drill the site for option 2, which has the following coordinates X= 3JJ,282, Y=1,997,8J9.
- In this case, it is suggested to drill to a 1J0 m depth. Once concluded the exploration stage, perform an log well in order to correlate the results with the classification data from the geologist supervisor, and used the information to set the final design.

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	66 of 67

- Once completed the stage of expansion of the well, place the slotted PVC piping and the gravel filter place all around it and perform the development and the variable flow-pumping test.
- In the final stage of the variable flow-pumping test, perform some water sampling in order to verify the amounts of major ions, as well as the amounts of iron, manganese and total dissolved solids
- It is recommended the building design of the well shown on Figure 8.2.

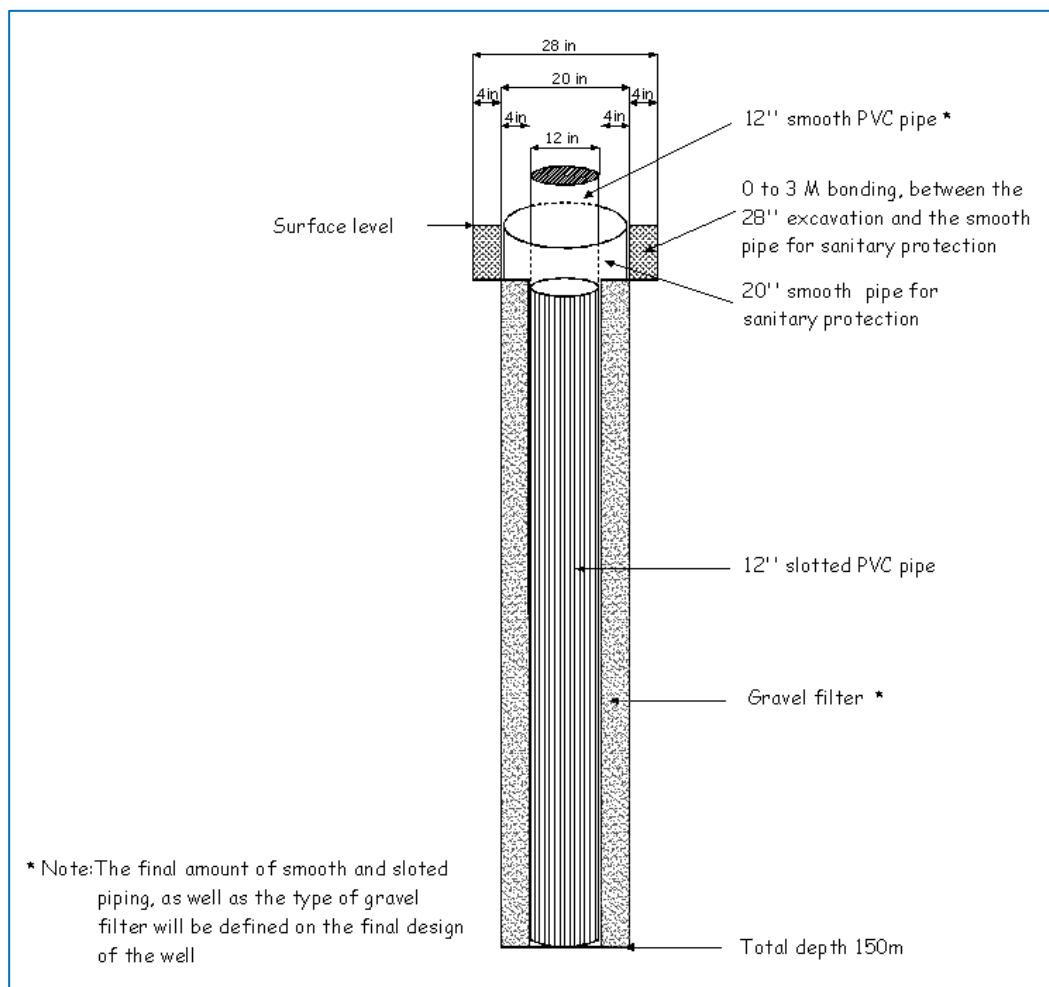


Figure 8.2 Design proposal for Option # 2

COMPANY:	Braskem IDESA	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	mi moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:	ODEBRECHT	DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	67 of 67

- It is recommended to drill an exploration well in the location for TEM 13, in order to get an understanding of the behavior of the subsoil as well as to set the reason why there is an increase in the resistivities of the site. If the company decides to follow our recommendation, we suggest the following building design:

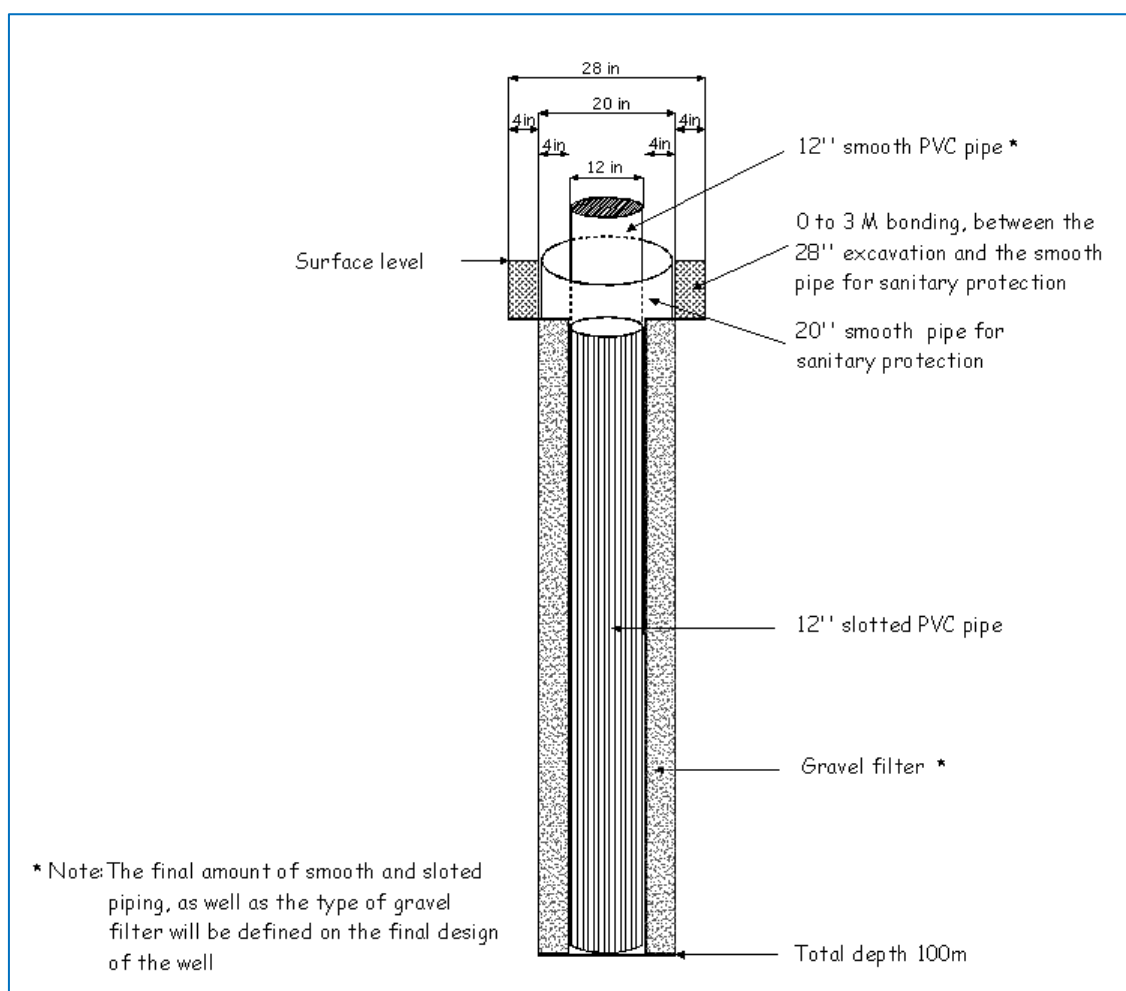


Figure 8.3 Proposed design for observation well

- In each of the cases, and since the materials that constitute the aquifers of the area are made up by sands of fine to very fine granulometry. It is recommended the supervision of a geologic engineer permanently on-site performing granulometric classification and analysis of the canal samples at each meter of depth

COMPANY:	  	ETILENE XXI PROJECT	DATE: 31/03/11
PREPARED BY:	 moro ingeniería, s.c.	ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REPORT No. 1	REV: 0
COORDINATION:		DOCUMENT No.: EXXI-090-00-00-GE-GHR-0	68 of 67

- With the detailed information provided by the engineer, as well as with the interpretation of the log well done during the final stage of the exploration drilling it would be possible to set the final design of the well that maximizes the amount of extraction flow as well as minimizing the potential inputs from fine sediments into the well.
- Before starting the drilling activities it is suggested to visit the offices of the Water Administration in Coatzacoalcos (CONAGUA), to request the drilling permits. It is important to mention that to obtain the approval for new well, CONAGUA requires, based on the type of activity, proof of the water requirements by calculating the volume of water used by each unit of material produced.
- It is also recommended to begin the process to request CONAGUA (Water Administration office in Coatzacoalcos) the concession for the usage of superficial water coming from the dam La Cangrejera, since it is probable that this resource has better quality compared to the underground water from the area.
- In order to obtain information on the quality of the water from the dam La Cangrejera, it is recommended to take samples at different levels of depths and in the area where the piping used by CONAGUA is located.

Anexo 5.14
Estudio Hidrológico y Mapas de Hidrología
Modificada



ERM-MÉXICO, S.A. DE C.V.
MAZATLÁN 96 COL CONDESA,
MÉXICO, D. F. MÉXICO 06140
(52 55) 50002500

  	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	--	---

ESTUDIO DE LA HIDROLOGÍA MODIFICADA POR LA PREPARACIÓN DEL SITIO

HOJA DE REVISIÓN		
ELABORADO		
NOMBRE	FECHA	FIRMA
Leticia Reyes Campos	29/julio/2011	
AUTORIZADO POR LA DIRECCIÓN DE OBRA		
NOMBRE	FECHA	FIRMA
Luiz Martins Catharino Gordilho Neto	5/agosto/2011	
REVISADO Y APROBADO POR LA GERENCIA DE CONSTRUCCION		
NOMBRE	FECHA	FIRMA
Marco A. Vega	12/Agosto/2011	

Revisión N°:				
Aprobado por:				
Fecha:				
Comentarios sobre los cambios:				

  	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	--	---

Contenido

1. OBJETIVOS.....	3
2. ALCANCE	3
3. REFERENCIAS.....	5
4. DEFINICIONES.....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
5. RESPONSABILIDADES.....	6
6. DESCRIPCIÓN.....	6
7. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS MÉTODOS, TÉCNICAS EMPLEADAS Y SOFTWARE UTILIZADO	23
8. ARCHIVO FOTOGRÁFICO CON LA DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DE CADA FOTO...	32

  	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	---	---

1. OBJETIVOS

El presente estudio hidrológico contempla como objetivo principal, realizar los análisis hidrológicos para estimar o determinar los escurrimientos de los hidrogramas de diseño asociados a diferentes períodos de retorno, que afecten o puedan afectar el sitio o zona de estudio del predio del proyecto Etileo XXI. En éste sentido, el objetivo primordial es determinar las crecientes de diseño asignadas a períodos de retorno (Tr's) de: 2, 5, 25, 50 y 100 años; para diseñar las obras de protección y encauzamiento en la zona referida

2. ALCANCE

Recopilación de información hidrológica

Para el desarrollo de este estudio se tomó en cuenta la información Cartográfica publicada por INEGI, para determinar las características fisiográficas de las cuencas de aportación, basadas en cartas topográficas, edafológicas, uso del suelo y vegetación disponibles.

Se analizó información de lluvias acumuladas y máximas diarias anuales de las estaciones climatológicas más cercanas a la zona de estudio. Es necesario señalar que 8 son las más cercanas a la zona de proyecto y con influencia en la misma, pero solo una de estas tiene registros suficientes en la zona de estudio, la cual es: Coatzacoalcos; no se tienen estaciones hidrométricas ubicadas en las corrientes en estudio.

Por lo anterior, la estación climatológica base de este estudio es la nominada como **Coatzacoalcos**, con información suficiente de la que se obtienen datos de precipitación máxima diaria anual y mensual, temperatura y evaporación; utilizada para caracterizar la zona de proyecto.

ODEBRECHT  	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	---	----------------------------------



Regiones hidrológicas de la República Mexicana.

FUENTE: CNA

Por otra parte, se contó con información de las bases de datos del: Extractor Rápido de Información Climatológica, ERIC II, IMTA-CNA, 1999; del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales, BANDAS 2006, IMTA-CNA; Sistema de Información Hidroclimatológica, SIH 2010, SGT-CONAGUA y del Organismo de Cuenca Golfo Centro de la CONAGUA; así como, datos del Servicio Meteorológico Nacional y del Boletín Hidrológico número 23 de la Región Hidrológica 29.

En la Tabla 1 se describen los periodos disponibles de información de las 8 estaciones climatológicas más cercanas. Es necesario señalar que la información requerida para el análisis hidrológico principal, esto es, el cálculo de escurrimientos y avenidas, son los datos de precipitación máxima diaria anual, precipitación mensual y anual, por lo que la estación base cuenta con más de 50 años de datos de registro, de esta variable climática; no se cuenta con registros de datos hidrométricos en las corrientes de estudio, por lo cual se utilizaron métodos indirectos consistentes en modelos de lluvia-escurrimiento.

  	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	--	---

Tabla 1. Estaciones Pluviométricas utilizadas, con Influencia en la Zona en Estudio, Periodo Disponible y Parámetros Climáticos.

I	Estación	Precipitación		Temperatura			Evaporación
		Máxima	Acumulada	Máxima	Mínima	Media	
1	AGUA DULCE	1968 – 1985	-----	-----	-----	-----	-----
2	CHINAMECA	1969 – 2006	-----	-----	-----	-----	-----
3	MINATITLAN	1922 – 2007	1922 - 2007	-----	-----	-----	-----
4	NANCHITAL	1939 – 1948	-----	-----	-----	-----	-----
5	TANCOCHAPA	1948 – 2006	-----	-----	-----	-----	-----
6	NANCHITAL (DGE)	1960 – 1984	-----	-----	-----	-----	-----
7	COATZACOALCOS	1921 – 2010	1921-2010	1921-1991	1921-1981	1921 - 1981	1976 - 2010
8	LA CANGREJERA	1997 – 2008	-----	-----	-----	-----	-----

3. REFERENCIAS

- Campos Aranda Daniel Fco., “procesos del ciclo hidrológico”, universidad autónoma de san luis potosí, editorial universitaria potosina, 1992
- Aparicio Mijares Francisco Javier, “fundamentos de hidrología de superficie.” Editorial limusa, 1997
- Springall G. Rolando, “hidrología”, primera parte, publicación d7, instituto de ingeniería, unam, México 1970
- Springall G. Rolando, análisis estadístico y probabilístico de datos hidrológicos. Hidrología superficial, capítulo 8, facultad de ingeniería, unam, México 1975
- “Recomendaciones para el diseño y revisión de estructuras para el control de avenidas.”, sarh, comisión del plan nacional hidráulico, consultores, s.a., 1978
- “Manual de ingeniería de ríos.”, capítulo 3, estudio hidrológico para obras de protección, cna, subdirección general técnica, gerencia de aguas
- Díaz Herrera Pedro, “instructivo de hidrología para determinar la avenida máxima ordinaria asociada a la delimitación de la zona federal.” Cna, subdirección general de administración del agua, gerencia de aguas superficiales e ingeniería de ríos, 1987

  	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	--	---

•“Manual de diseño de obras civiles, hidrotecnia.” Hidrología, a.1.10 avenida de diseño, cfe, instituto de investigaciones electricas superficiales, 1996

Referencias Cartográficas

- 1.-Carta Topográfica E15A85, PUEBLO VIEJO, Escala 1:50000
- 2.-Carta Topográfica E15A86, AGUA DULCE, Escala 1:50000
- 3.-Cartas Topográfica, Uso del Suelo y Edafológica, E15-4, COATZACOALCOS, Escala 1:250000

4. RESPONSABILIDADES

Director de contrato

Garantizar los recursos humanos, financieros, materiales y de infraestructura necesarios para implementar las recomendaciones resultantes del presente Estudio.

Gerente de Producción

- Garantizar la correcta construcción de los elementos requeridos

Supervisores / Líderes / Encargados

- Garantizar que la calidad de las obras cumpla con las especificaciones del Proyecto, y que sus subordinados sean competentes en la aplicación de las técnicas y procedimientos constructivos.

5. DESCRIPCIÓN

Verificación Hidrológica en Campo

Se realizó un reconocimiento de campo a lo largo del predio de proyecto, el cual permitió localizar y en su caso evaluar las condiciones de escurrimiento y cuerpos de agua con inferencia directa e indirecta dentro de predio.

Al final de este documento, se ubica un archivo fotográfico elaborado para la localización de las principales estructuras (naturales y artificiales) del drenaje superficial de la zona, que sirve de referencia del recorrido realizado para las localización de estas estructuras y sus condiciones.

  	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	--	---

En la siguiente imagen se muestra el recorrido fotográfico realizado durante el reconocimiento y representa el montaje en el archivo de Google Earth, y a continuación la descripción de sitios relevantes (mostrados en color rojo).

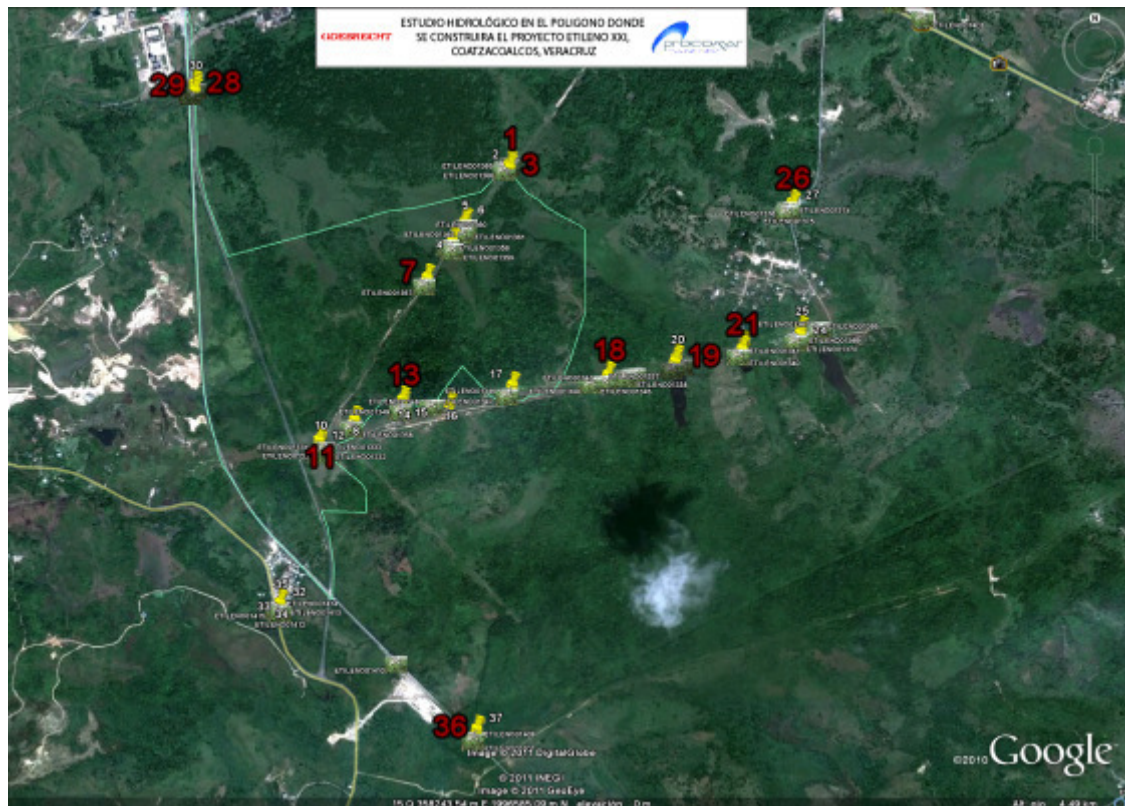


Figura 1. Principales elementos del drenaje superficial.

El recorrido se realizó iniciando la identificación de alcantarillas, condición topográfica y cuerpos de agua hacia el interior del predio.

En la Figura 1 se muestra en la Fotografía 1, una alcantarilla en la zona norte del predio; Fotografía 2, tuberías que cruzan sobre el cauce que pasa al noreste del predio; fotografía 7, muestra una cala sobre el camino norte para ubicar tuberías.

ODEBRECHT EMPRESA SOCIALISTAS ALPACAS RED DE AGUA POTABLE	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
---	---	----------------------------------

La Figura 4, muestra uno de los cuerpos del agua que se ubican al sureste del camino central del predio (Fotografía 19), otro cuerpo de gua que se localiza sobre el camino central en el límite del predio (Fotografía 21); y la Fotografía 26, muestra el paso del cauce norte que pasa por la carretera que entra a la comunidad de Lázaro Cárdenas por la zona este del predio de Odebrecht



Figura 4. Fotografías 19, 21 y 26.

ODEBRECHT EMPRESA SOCIALISTAS ALPACAR ODIUM	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
---	---	----------------------------------

La Figura 5, uno de los principales elementos de análisis para el análisis hidráulico, se muestra en la Fotografía 28 una vista del cauce norte en el cruce con la carretera del Complejo Resistol y la Fotografía 29 la alcantarilla que sirve para el paso de agua del cauce norte, conformada por un tubo de 6 metros de diámetro en puente sobre la carretera del Complejo Resistol.



Figura 5. Fotografías 28 y 29.

ODEBRECHT EMPRESA SOCIALES ALPACAS	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
---	---	----------------------------------

La Figura 6, muestra en la Fotografía 31 la vista lateral del puente vehicular que se encuentra sobre el cauce cercano a la comunidad El Pollo de Oro, y la Fotografía 36 muestra el paso de agua ubicado al sur del predio sobre la vía del ferrocarril.



Figura 6. Fotografías 31 y 36.

Climatología de la Cuenca de Aportación

La zona en estudio del sistema de corrientes, describe una lluvia media anual de 2743.0 mm, con una variación mensual máxima de 577.3 mm y mínima de 45.4 mm, en los meses de septiembre y abril, respectivamente. Con base en información disponible del período de 1921 a 2010, de la estación Coatzacoalcos.

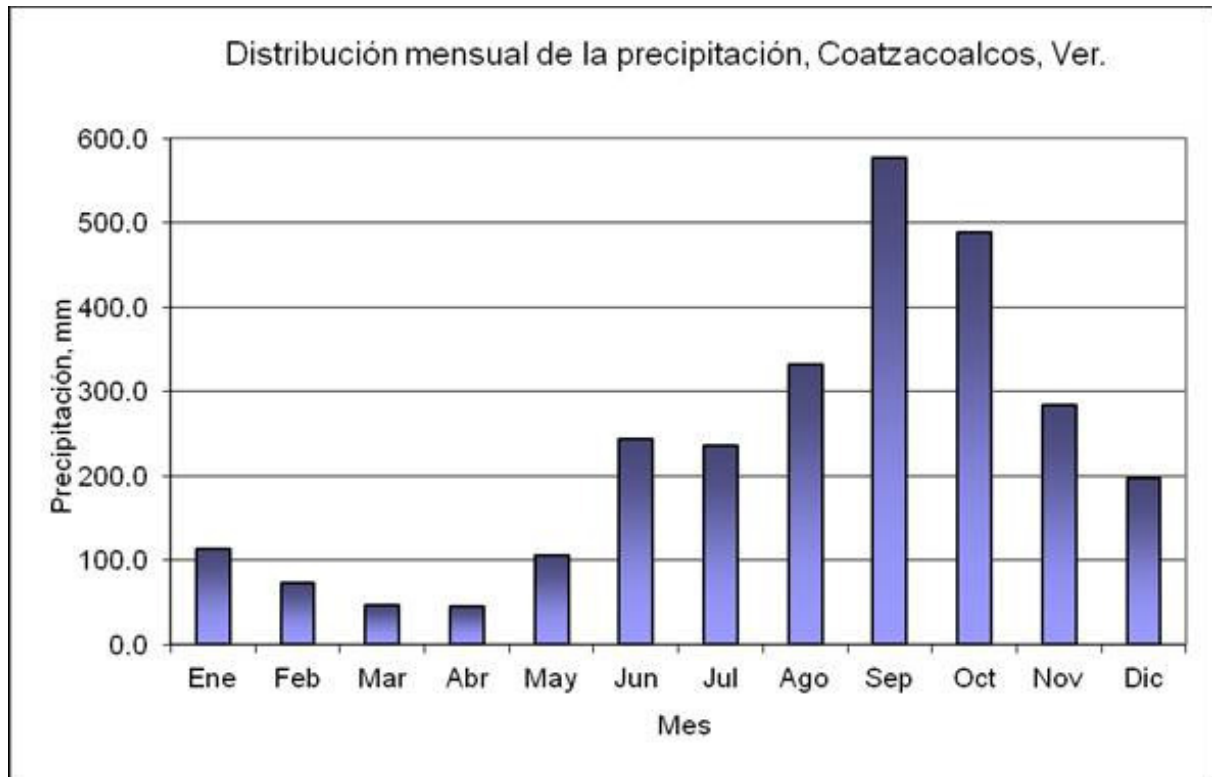
En la Tabla 2, se presentan éstas y en la Grafica 1., se describe la distribución media de la precipitación mensual.

Tabla 2. Estación Coatzacoalcos. Lluvia Media Mensual (mm)

Mes	ene	feb	mar	abr	May	Jun	jul	Ago	sep	oct	nov	dic	Anual

  	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	--	---

Media 114.1 72.7 46.8 45.4 105.4 243.6 235.8 332.1 577.3 488.5 284.3 196.8 2743.0



Grafica 1. Distribución Mensual de la Precipitación. Estación Coatzacoalcos, Ver.

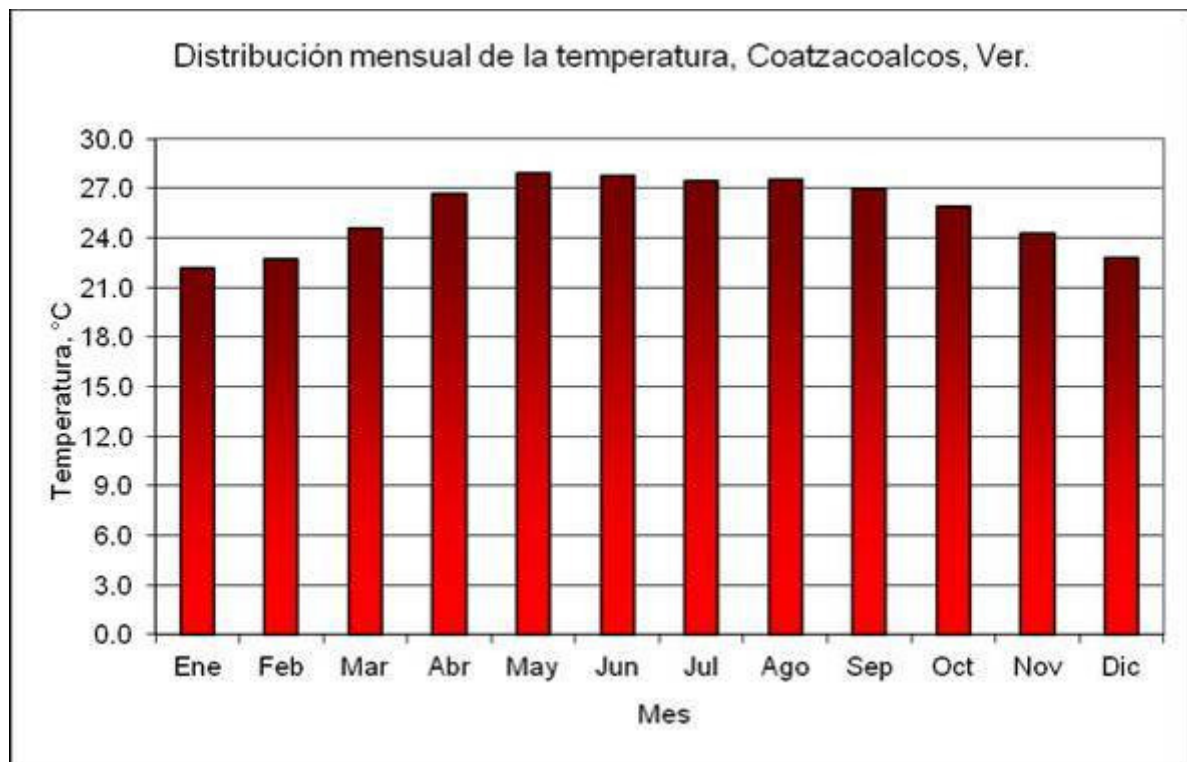
Temperatura

En este caso, también, se tomó en cuenta la información de Coatzacoalcos, para caracterizar al sistema de corrientes en estudio. Por lo anterior, la distribución de la temperatura se describe en la Tabla 3 y Grafica 2 presentándose un promedio anual de 25.6°C, con una mínima de 22.2°C y máxima de 27.9°C, en enero y mayo, respectivamente.

Tabla 3. Estación Coatzacoalcos. Temperatura media mensual (°C)

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
Media	22.2	22.7	24.6	26.6	27.9	27.8	27.4	27.6	27.0	25.9	24.3	22.8	25.6

ODEBRECHT 	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	--	---



Grafica 2. Distribución mensual de la Temperatura ordinaria. Estación Coatzacoalcos, Ver.

La distribución extrema: máxima y mínima, de la temperatura mensual, se observa en la Tabla 4 al considerar a la estación Coatzacoalcos, Ver., con datos desde 1921 hasta 1991, como representativa de las inmediaciones del sistema de corrientes analizado, por su cercanía, en la que se incluye la temperatura media.

Tabla 4 Temperaturas extremas: máxima y mínima; y temperatura media (°C). Est. Coatzacoalcos, Ver.

Extremos	Ene	feb	mar	Abr	may	Jun	Jul	Ago	sep	Oct	nov	Dic	Anual
Max	31.4	33.5	36.6	37.4	38.2	36.2	33.4	33.4	33.6	32.3	30.9	30.5	38.2
Med	22.2	22.7	24.6	26.6	27.9	27.8	27.4	27.6	27.0	25.9	24.3	22.8	25.6
Min	15.0	15.4	16.4	18.9	20.7	21.8	21.9	21.8	21.3	19.9	17.3	15.9	15.0

Evaporación

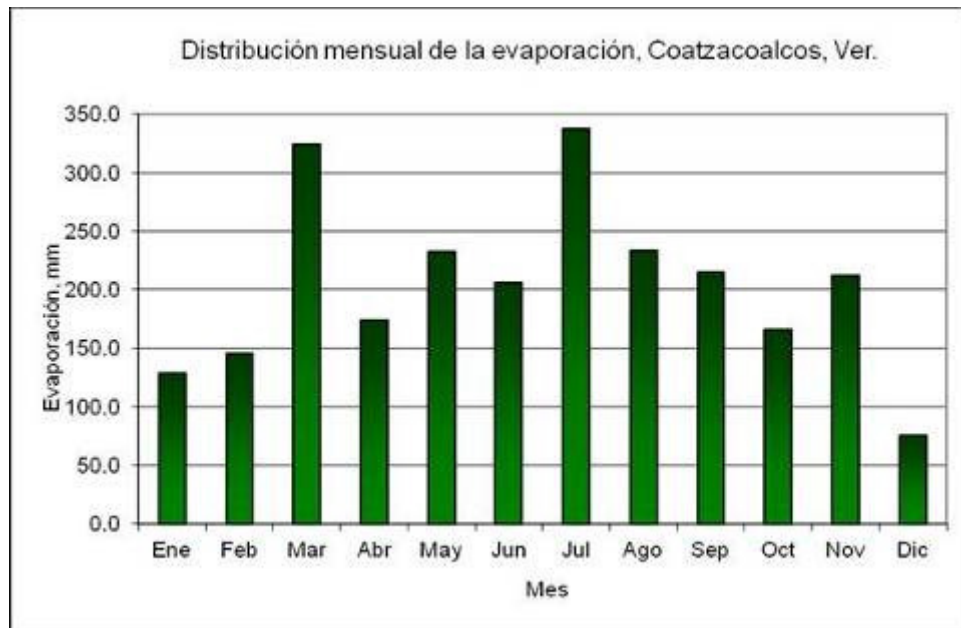
Así mismo, para caracterizar la distribución de la evaporación en la zona en

  	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	--	---

análisis, se ha considerado la información de la estación climatológica Coatzacoalcos; por lo que, en la Tabla 5 y Grafica 4 se describe la distribución media de la evaporación mensual, presentándose un promedio anual de 2452.5 mm, con una mínima de 75.7 y máxima de 337.3 mm, en diciembre y julio, respectivamente.

Tabla 5. Estación Coatzacoalcos. Evaporación media mensual (mm)

Mes	ene	feb	mar	Abr	may	Jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
Media	129.1	145.5	324.6	174.5	232.5	205.8	337.3	234.0	215.3	166.3	212.0	75.7	2452.5



Grafica 4. Distribución Mensual de la Evaporación. Estación Coatzacoalcos, Ver.

Por último, en la Tabla 6 se resumen las características medias mensuales de Precipitación, Evaporación y Temperatura, determinadas para la estación Coatzacoalcos, para caracterizar la zona en estudio; y, en la Grafica 5 su descripción gráfica.

Tabla 6. Resumen de los parámetros medios mensuales de: Precipitación, Evaporación y Temperatura, estimadas para la zona en análisis

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	Jul	Ago	sep	oct	nov	dic	Anual
Lluvia, mm	114.1	72.7	46.8	45.4	105.4	243.6	235.8	332.1	577.3	488.5	284.3	196.8	2743.0
Evaporación, mm	129.1	145.5	324.6	174.5	232.5	205.8	337.3	234.0	215.3	166.3	212.0	75.7	2452.5
Temperatura, °C	22.2	22.7	24.6	26.6	27.9	27.8	27.4	27.6	27.0	25.9	24.3	22.8	25.6

ODEBRECHT EMPRESA SOCIAIMENTE RESPONSABLE	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
---	---	----------------------------------

Corrientes por analizar

El Sistema de corrientes se localiza entre las coordenadas geográficas: 18° 05' y 18° 03' LN y 94° 23' y 94° 21' LW.

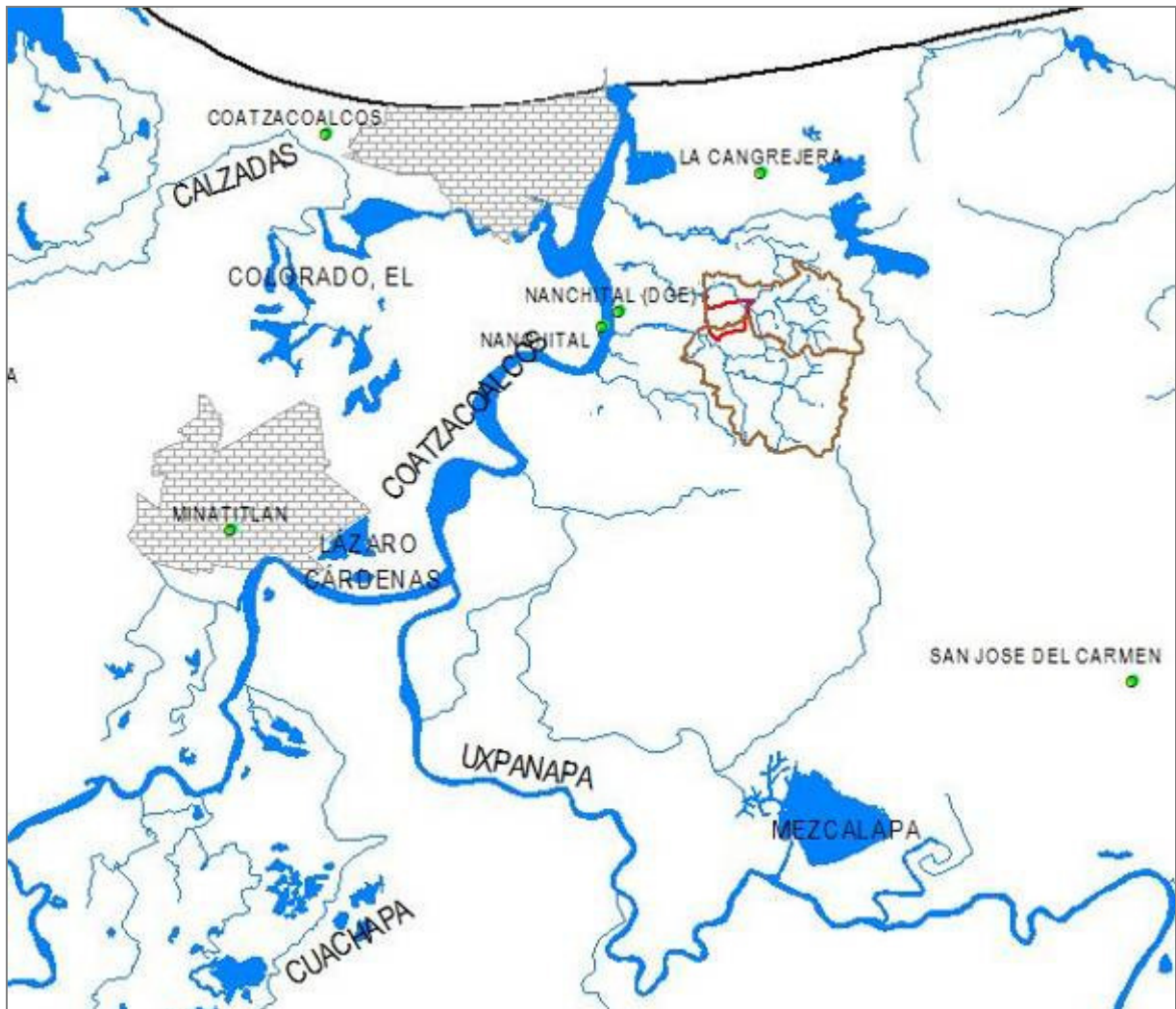


Figura 7 Cuencas de aportación a la zona en estudio del sistema de corrientes, Ver.

La zona en estudio incluye dos cuencas principales (Tabla 7), localizadas en sitios inundables, al Norte del Predio, la del arroyo Gopalapa, que cruza la alcantarilla de 6 metros de diámetro y al Sur, la del arroyo Nanchital que tiene como límite la vía del ferrocarril (Figura 8): ambas son cuencas no aforadas.

	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
---	--	---

Tabla 8 Cuencas con influencia en el sistema de Corrientes, Ver.

I	Cuenca (río o corriente)	Área de Cuenca (km ²)			Longitud cauce total (km)
		Aforada	No Aforada	Total	
1	Copalapa	-	15.65	15.65	7.95
2	Nanchital	-	24.14	24.14	10.14

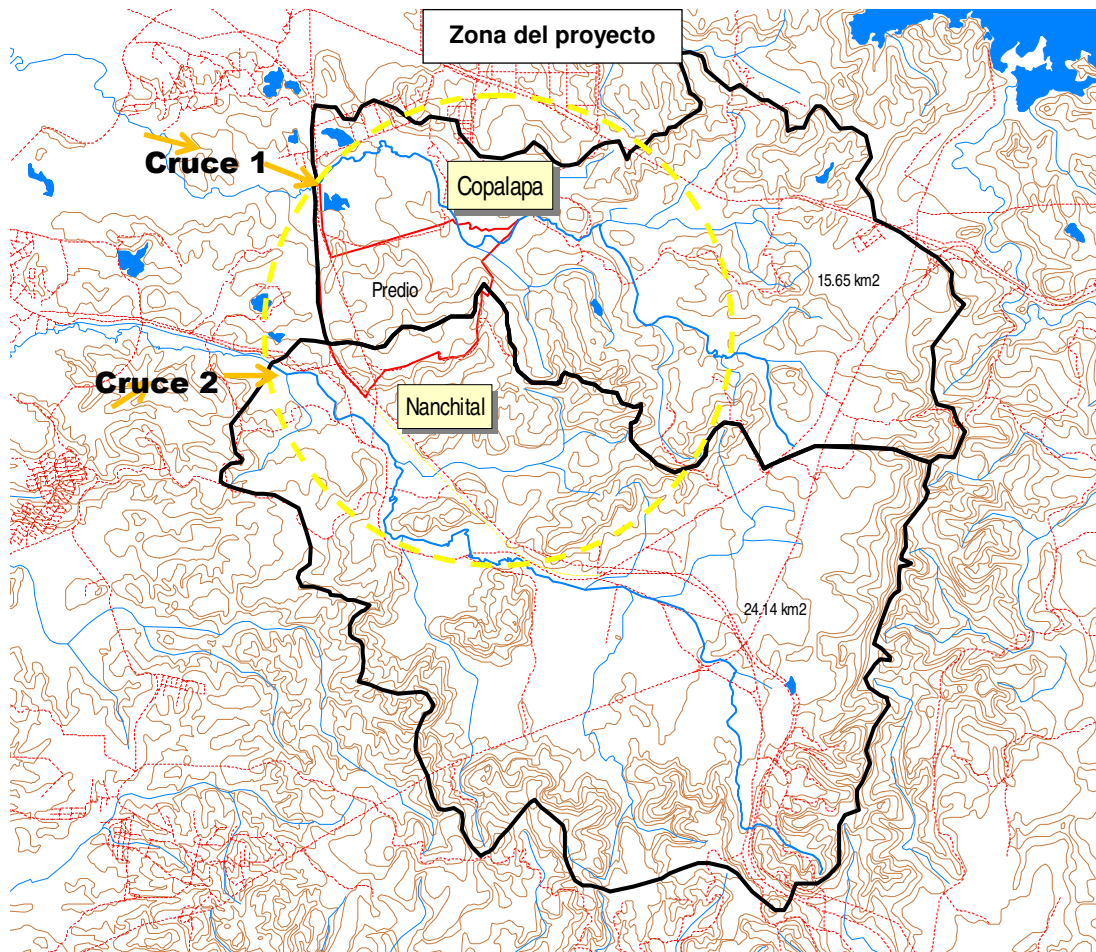


Figura 9 Detalle de las Cuencas de aportación, zona en estudio del sistema de corrientes, Ver.

Para conocer el gasto de diseño de operación de las obras hidráulicas se requiere de datos de escurrimiento en el lugar donde ellas estén localizadas; sin embargo, en ocasiones no se cuenta con esta información o bien, por cambios en las condiciones de drenaje de la cuenca como es, por ejemplo, la deforestación, la urbanización, etc., pueden hacer que los datos de gastos recabados antes de esos cambios no sean útiles.

Por otra parte, debido a que es más complicado obtener datos de escurrimiento de las corrientes que de precipitación o no existen en la zona en estudio estaciones

  	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	--	---

hidrométricas, se cuenta con mayor cantidad de información de lluvias. Por estas razones se han propuesto metodologías para inferir escurrimientos a partir de la precipitación que los origina, aplicables a cuencas no aforadas.

Tabla 9. Selección del número de escurrimiento, N, para condiciones de humedad media

Uso de tierra	Condición de la cobertura vegetal de la superficie	Tipo de suelo			
		A	B	C	D
Bosques cultivados	Ralo, baja transpiración	45	66	77	83
	Normal, transpiración media	36	60	73	79
	Espeso, alta transpiración	25	55	70	77
Caminos	De tierra	72	82	87	89
	Superficie dura	74	84	90	92
Bosques naturales	Muy ralo, muy baja transpiración	56	75	86	91
	Ralo, baja transpiración	46	68	78	84
	Normal, transpiración media	36	60	70	76
	Espeso, alta transpiración	26	52	62	69
	Muy espeso, muy alta transpiración	15	44	54	61
Descanso, sin cultivo	Surcos rectos	77	86	91	94
Cultivos en surco	Surcos rectos	70	80	87	90
	Surco en curva de nivel	67	77	83	87
	Terrazas	64	73	79	82
Cereales	Surcos rectos	64	76	84	88
	Surco en curva de nivel	62	74	82	85
	Terrazas	60	71	79	82
Leguminosas sembradas con maquinaria o al voleo	Surcos rectos	62	75	83	87
	Surco en curva de nivel	60	72	81	84
	Terrazas	57	70	78	82
Pastizal	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
	Curva de nivel, pobre	47	67	81	88
	Curva de nivel, normal	25	59	75	83
	Curva de nivel, bueno	6	35	70	79
Potrero permanente	Normal	30	58	71	78
Superficie impermeable		100	100	100	100

Cuencas No Aforadas

  	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	--	---

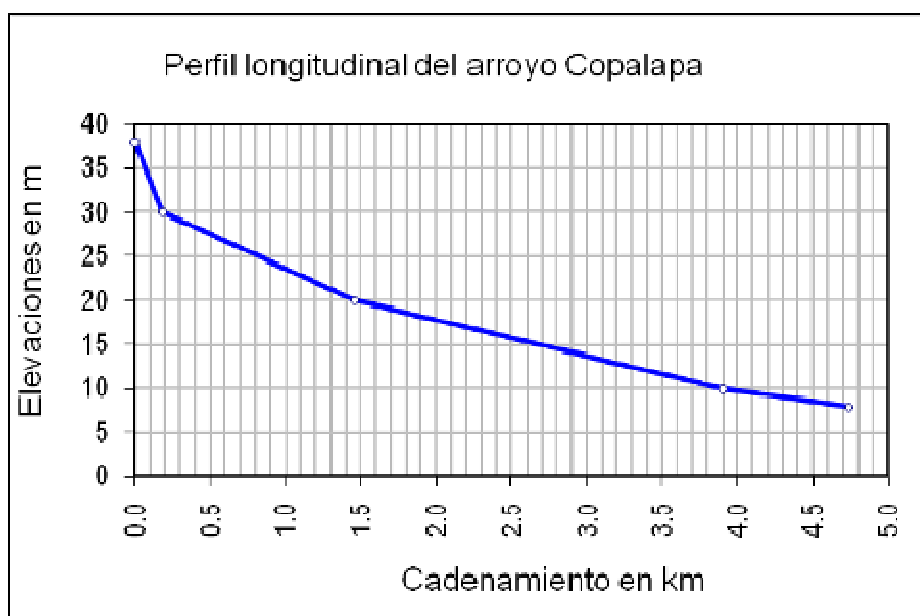
A continuación se describe el proceso de cálculo de las crecientes de diseño de las cuencas, que tienen influencia sobre el sitio en estudio y que son no aforadas.

En la Tabla 10 se exponen las características fisiográficas y los parámetros requeridos de las cuencas en análisis, para aplicación del modelo del HUT.

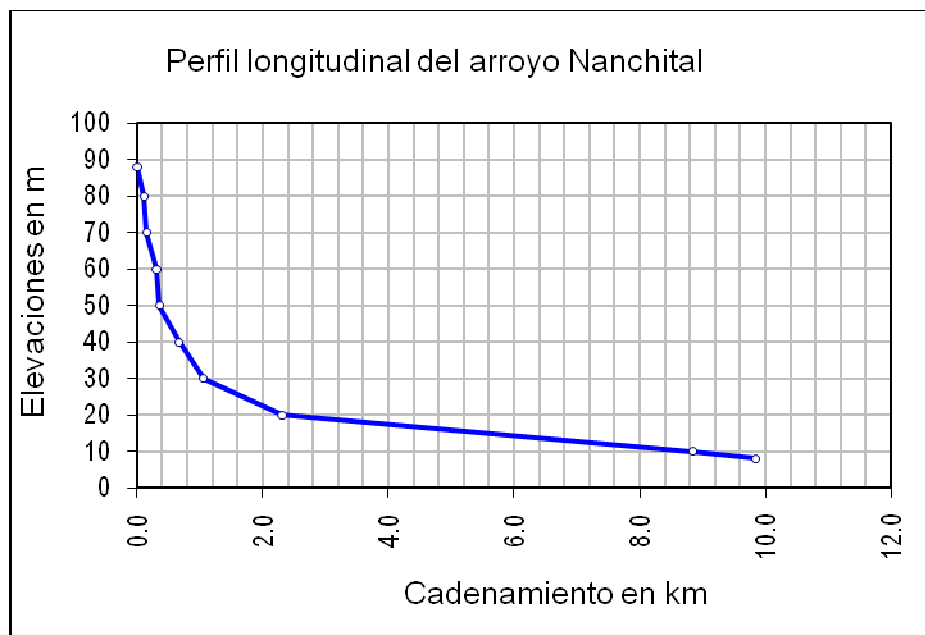
Tabla 10. Características fisiográficas y parámetros de las cuencas

<i>Características</i>	<i>Cuenca 1</i>	<i>Cuenca 2</i>
<i>Área de la cuenca (km²)</i>	15.7	24.1
<i>Longitud del cauce principal (km)</i>	7.9	10.1
<i>Pendiente del cauce (Taylor-Schwarz)</i>	0.0021474	0.0026320
<i>Tiempo de concentración (h)</i>	3.2	2.9
<i>Número de escurrimiento</i>	71.0	72.3
<i>Constante n del HUT</i>	2.0	2.0
<i>Modelo de Distribución adoptado</i>	Gumbel Mixta	Gumbel Mixta

En las figuras mostradas abajo, se describe gráficamente el perfil de los cauces principales considerados en el análisis.



ODEBRECHT EMPRESA SOCIALES RESPONSABLE	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
---	---	----------------------------------



En la Tabla 11. se presentan los datos de las lluvias máximas diarias anuales, de la estación pluviométrica base utilizada en el análisis; la cual, a pesar de no ser la más próxima a la zona de estudio, ya que La Cangrejera y Nanchital se encuentran más cercanas a la cuenca de proyecto, es la que cuenta con el período de registro de datos más completo y actual en la zona en estudio. El período de registro de la estación Coatzacoalcos comprende del año 1921 a 2010. Cabe señalar que la precipitación máxima registrada en este período ocurrió en 1953, con una magnitud de 460.5 mm, cercana a la máxima ocurrida en 2010, de 411.9 mm, de ahí la importancia de contar con un período amplio de registros para considerar el efecto de estos fenómenos.

Tabla 12. Datos de lluvias máximas diarias anuales de la estación Coatzacoalcos, en mm

Año	Lámina de lluvia	Año	Lámina de lluvia	Año	Lámina de lluvia
1921	149.2	1956	169.7	1986	266.2
1923	234.7	1957	279.4	1987	87.3
1924	85.4	1958	194.8	1988	118.4
1925	141.5	1959	109.7	1989	117.2
1926	107.5	1960	98.7	1990	184.2
1927	179.0	1962	145.5	1994	54.8
1928	215.0	1963	209.7	1995	220.0
1929	178.5	1964	209.1	1996	117.5
1930	144.6	1965	165.8	1997	164.9
1931	107.5	1967	331.1	1998	111.3
1932	192.0	1969	97.7	1999	170.4
1933	184.0	1971	139.2	2000	145.6
1934	91.6	1972	441.0	2001	217.4
1935	234.1	1973	193.5	2002	120.8
1936	154.0	1974	186.4	2003	125.3
1937	141.6	1975	148.4	2004	275.5
1938	180.0	1976	102.6	2005	219.8
1939	195.4	1977	189.3	2006	168.1

  	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	--	---------------------------

1942	82.0	1978	303.5	2007	141.7
1943	355.5	1979	167.5	2008	131.6
1944	229.0	1980	221.4	2009	208.4
1951	224.3	1981	203.5	2010	411.9
1952	163.0	1982	120.8	Min	54.8
1953	460.5	1983	189.0	Med	182.3
1954	81.1	1984	268.0	Max	460.5
1955	182.7	1985	135.6		

Nota: Las estaciones: Coatzacoalcos, Ver., por su ubicación y registros, es la estación climatológica que se utilizó como base del estudio.

En la Tabla 13. se muestran las lluvias máximas diarias anuales, asignadas a diferentes períodos de retorno. Se incluyeron cuatro FDP, entre ellas: Pearson Tipo III, Gumbel, Gumbel de dos poblaciones y la General de Valores Extremos; aplicables a zonas con efectos ciclónicos. Se observa que el mejor modelo, por su menor error estándar de ajuste fue la FDP Gumbel de dos poblaciones, siguiendo en segundo lugar la LogPearson Tipo III y posteriormente la GVE; por lo que se seleccionó la Gumbel de dos poblaciones.

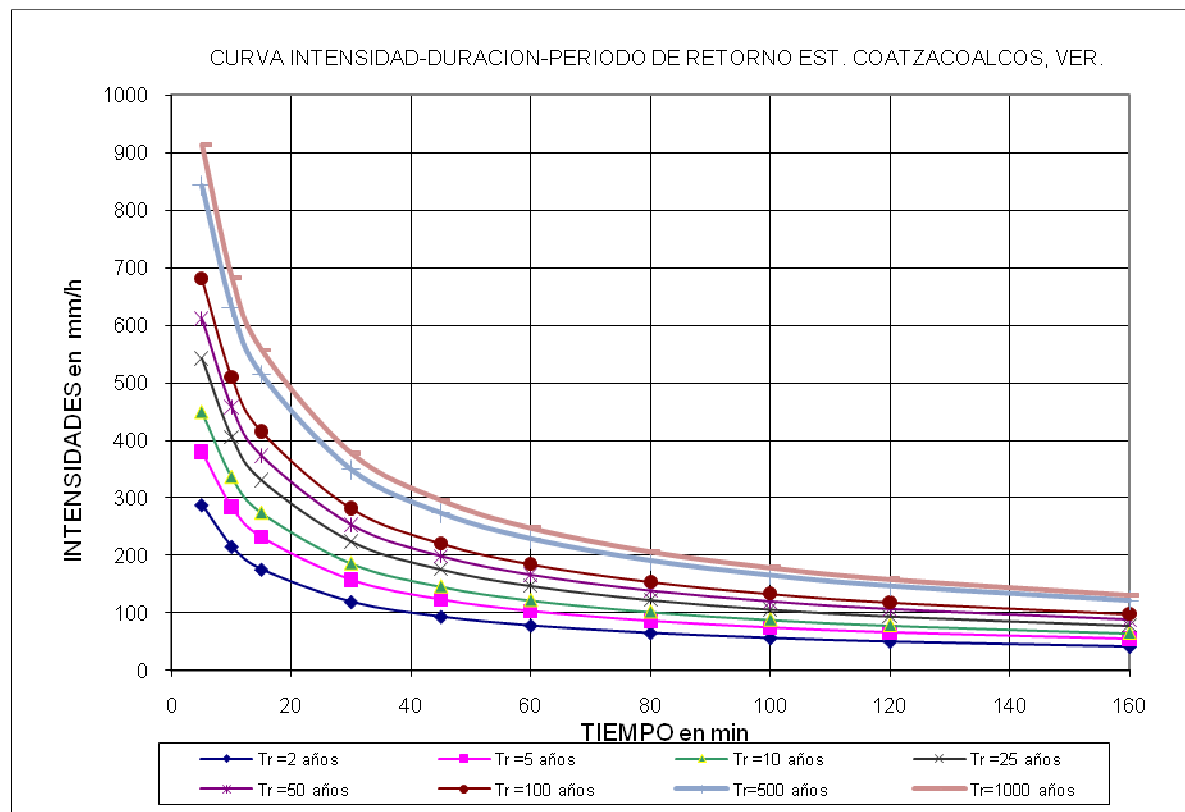
En la Tabla 14., se describen las cuencas en análisis con: el área; número de escurrimiento; así como, la estación pluviométrica base; en la Tabla 15., se exponen los gastos de diseño para las cuencas en análisis.

Tabla 13. Lluvias máximas diarias anuales (mm) asignada a períodos de retorno, de acuerdo a diferentes FDP (Funciones de Distribución de Probabilidad)

<i>I</i>	<i>FDP</i>	<i>EE</i>	<i>Tr=2</i>	<i>5</i>	<i>10</i>	<i>25</i>	<i>50</i>	<i>100</i>	<i>500</i>	<i>1000</i>
	Coatzacoalcos,									
1	Pearson Tipo III	14.5	163.6	237.6	288.2	346.4	396.8	440.0	524.6	550.6
2	Log-Pearson Tipo	13.7	166.5	236.5	285.2	348.9	397.9	448.2	571.8	628.5
3	Gumbel 2 P	10.4	162.6	229.1	297.5	380.0	445.1	499.7	621.8	673.5
4	GVE	13.8	166.7	234.4	282.2	346.2	396.6	449.0	580.4	641.5

En la Grafica 6.3.10.1., se muestran las intensidades (mm/h) de lluvia para diferentes duraciones y períodos de retorno.

Gráfica 6.3.10.1 Curvas I-D-Tr



7. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS MÉTODOS, TÉCNICAS EMPLEADAS Y SOFTWARE UTILIZADO

Modelo matemático HEC-RAS

Para la obtención de los niveles de la superficie libre del agua que se alcanzan al transitar la avenida de diseño se aplica el modelo matemático HEC-RAS, el cual pertenece al US Army Corps of Engineers.

El software HEC-RAS, Hydrologic Engineering Center's (HEC) River Analysis System (HEC-RAS), permite realizar cálculos de flujo uni-dimensional en régimen uniforme y no uniforme. HEC-RAS es un sistema integrado de software, diseñado para su uso interactivo en un ambiente multitareas y multi-usuarios. El sistema comprende una interfase gráfica de usuario, componentes separados de análisis hidráulicos, almacenamiento y manejo de datos y, servicios de gráficas y reportes.

  	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	--	---

La versión que se utilizó en este trabajo (4.1.0) es capaz de realizar cálculos de perfiles de la superficie libre del agua en flujo uniforme y no uniforme, transporte de sedimentos/cálculos de fondo móvil; y análisis de calidad de agua.

La componente denominada “Steady Flow Water Surface Profiles” determina perfiles de la superficie libre del agua para flujo uniforme gradualmente variado. El sistema puede manejar una red de canales, un sistema dentritico o simplemente un tramo de un río. Es posible modelar regímenes de flujo subcrítico, supercrítico y mixto.

Básicamente el procedimiento computacional está basado en la solución unidimensional de la ecuación de la energía. Perdidas de energía son evaluadas por fricción (ecuación de Manning) y contracción y expansión (coeficientes que afectan a la carga de velocidad). La ecuación de Momentum se utiliza en situaciones en las que el perfil de la superficie libre del agua es rápidamente variado. Esas situaciones incluyen cálculos de régimen de flujo mixto (por ejemplo salto hidráulico), puentes, y confluencias.

Los efectos de varias obstrucciones como son puentes, alcantarillas, presas, pilas y otras estructuras en la planicie de inundación pueden considerarse en los cálculos. El sistema de flujo uniforme está diseñado para su aplicación a manejo de llanuras de inundación y estudios de riesgo para evaluar las invasiones a los cauces de avenidas. También es capaz de evaluar el cambio en los perfiles de la superficie libre del agua debidos a modificaciones del canal y bordos.

El modelo matemático aplica la ecuación de la Energía de sección a sección (método denominado de pasos) y obtiene los niveles de la superficie libre del agua en cada una de las secciones transversales

El objetivo de este estudio es determinar los niveles de la superficie libre del agua en el predio donde se construirá la Planta Etileno XXI; un punto importante en el análisis lo constituye el cruce de la corriente con la carretera se puede apreciar en la figura 8.1.2.

ODEBRECHT EMPRESA SOCIAIMENTE RESPONSABLE	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	---	----------------------------------

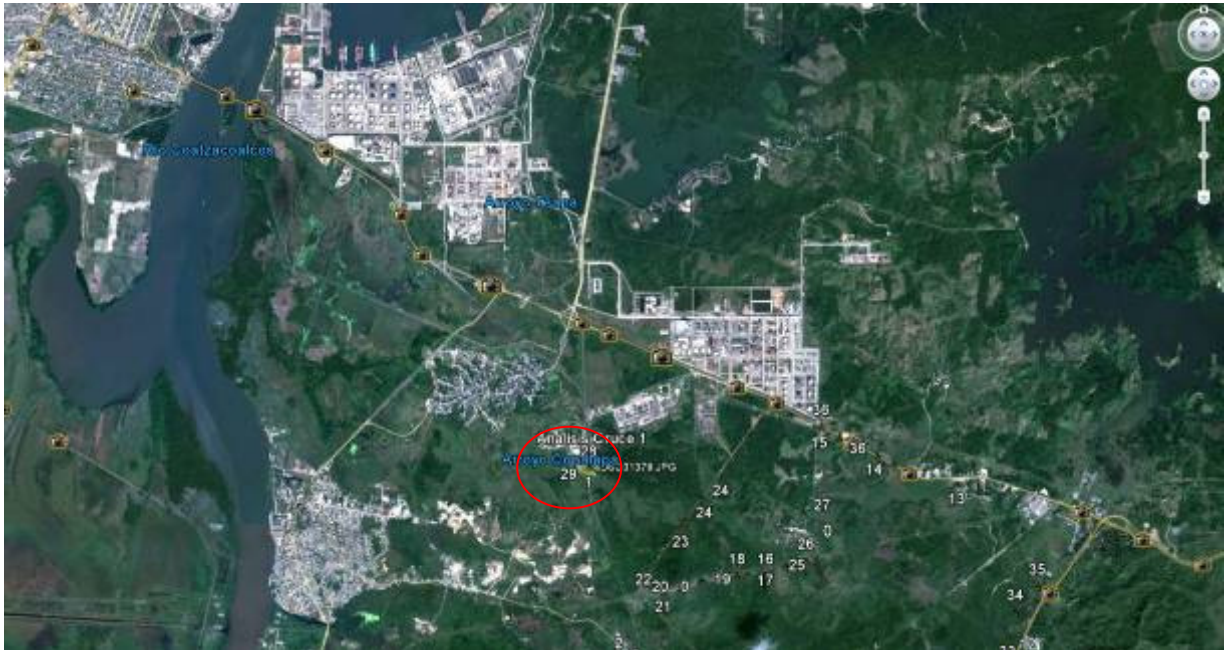


Figura 8.1.2.- Localización del predio bajo estudio

Los elementos de los que disponemos para realizar el análisis hidráulico del tramo son los resultados del levantamiento topográfico en los que se identificó que en el sitio de cruce del arroyo con la carretera éste se realiza con una tubería de acero corrugada de 6 m de diámetro como puede apreciarse en la fotografía 8.1 siguiente:

 Fotografía 8.1	Así mismo se determina modelar el río en el tramo de la descarga al río Coatzacoalcos hasta la alcantarilla mediante una sección trapezoidal de 5 m de ancho de plantilla, taludes 2:1 y altura del cauce piloto de 1.50 m basados en la fotografía 8.2 siguiente:
 Fotografía 8.2	El tramo de análisis se realizará desde la zona de la descarga al río Coatzacoalcos hasta el sitio donde comienza el predio al considerar con base en esta fotografía una sección trapezoidal de 5 m de ancho de plantilla, taludes 2:1 y altura del cauce piloto de 1.50 m

ODEBRECHT EMPRESA SOCIALES ALPACAS	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
---	---	----------------------------------

El tramo de análisis se realizará desde la zona de la descarga al río Coatzacoalcos hasta el sitio donde comienza el predio. Se realizó levantamiento topográfico de detalle desde la alcantarilla hasta aguas arriba de donde cruza el arroyo con el predio Etileno (km 2+740) que es la sección hidráulica la cual arrojará el nivel de desplante mínimo para que no se inunde el predio; el tramo bajo análisis así como la localización de las secciones transversales utilizadas en el análisis hidráulico se puede observar en la figura 8.1.3 siguiente:



Figura 8.1.3.- Tramo de Análisis

La geometría de las secciones transversales, del km 0+000 a la descarga al río Coatzacoalcos, se consideraron según lo expresado en la figura 8.1.4.

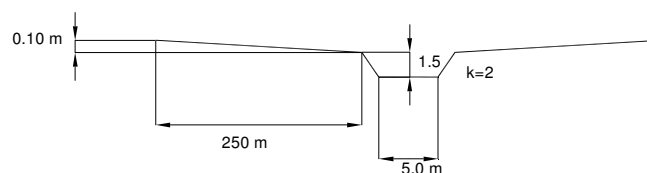


Figura 8.1.4.- Geometría de la sección transversal tramo descarga Coatzacoalcos-cruce alcantarilla

Se recomienda que el terraplén se localice a una elevación de 16.45 msnm, es decir 1 metro arriba de lo calculado para un período de retorno de 500 años.

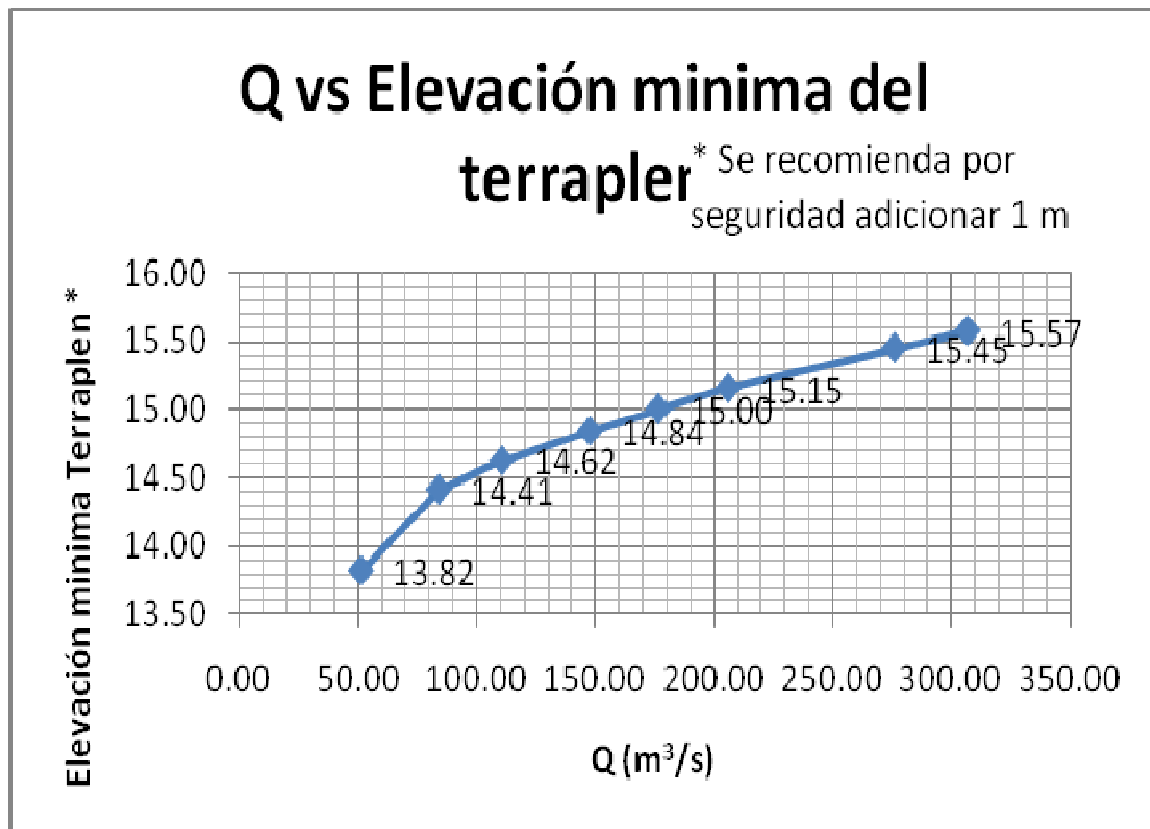
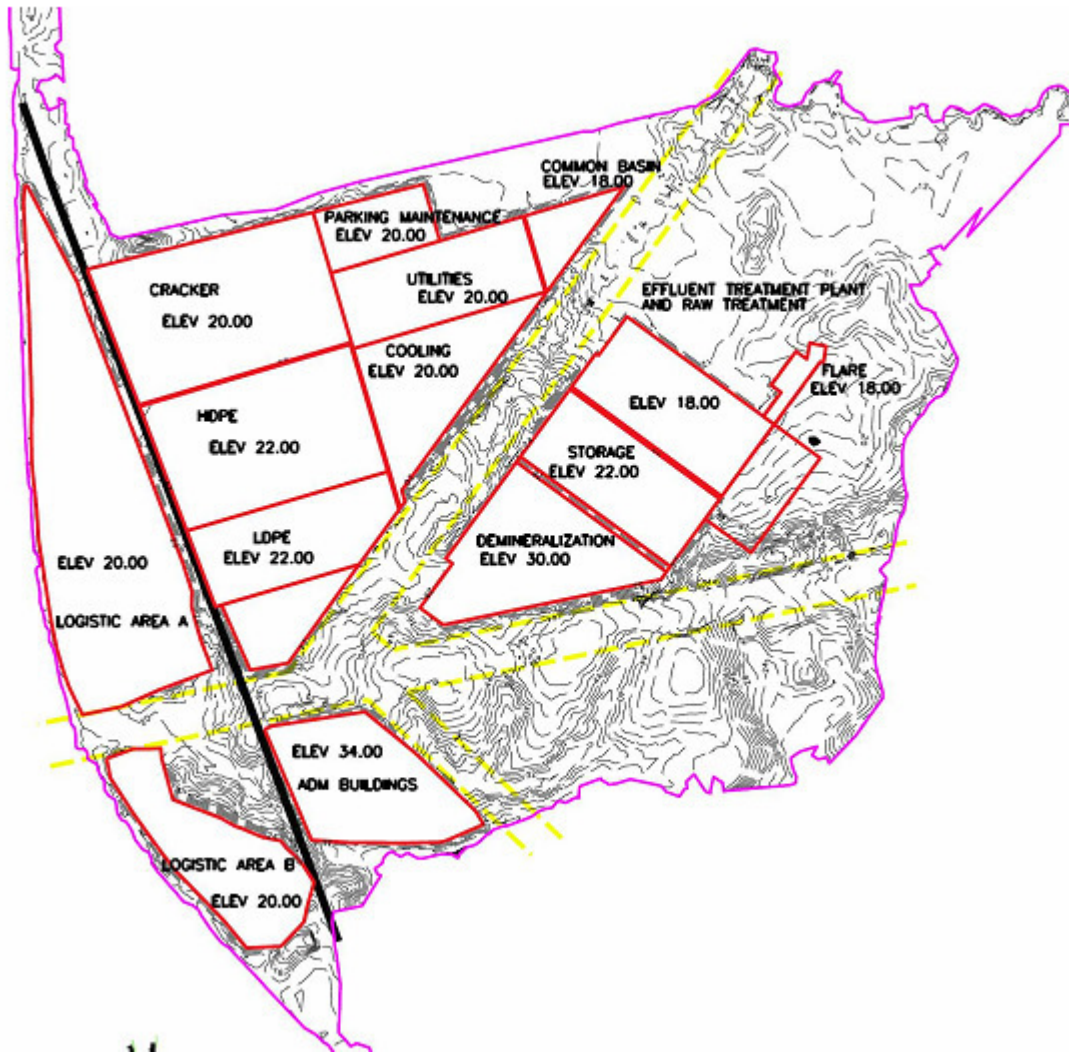


Figura 8.2.1.- Elevaciones mínimas del terraplén para evitar inundaciones

Basados en los resultados del estudio, se ha adaptado como nivel mínimo de Plataforma para las plantas de Proceso el nivel +20.00 como se indica en la figura debajo:

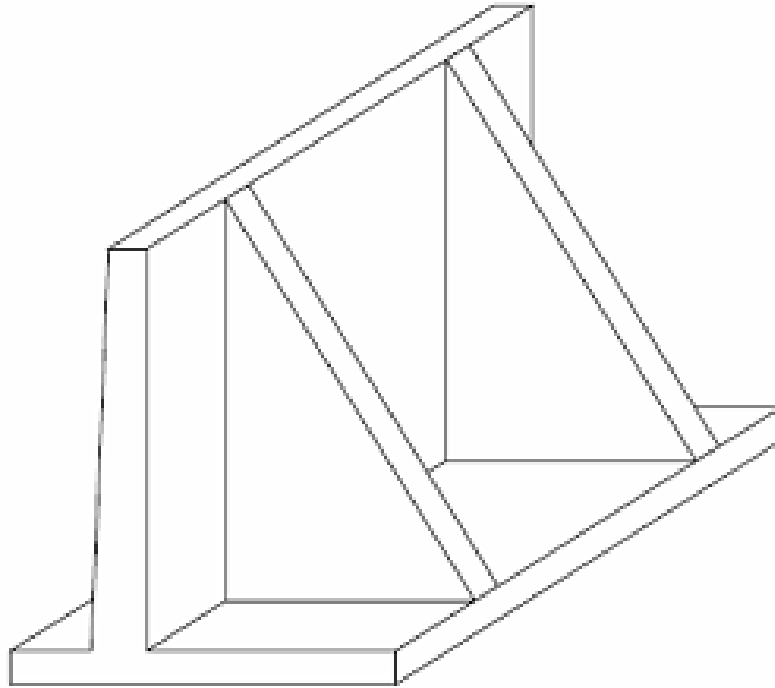
ODEBRECHT EMPRESA SOCIEDAD ANONIMA ODP	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	---	----------------------------------



Niveles de Plataforma

Para la protección de los Taludes y evitar el escurrimiento de material que pudiera ocasional azolves en el arroyo Gopalapa se ha diseñado una protección basada en el empleo de membranas Geotextiles, como muros de contención-concreto lanzado o sembrado de pasto según se requiera, estabilizar y evitar el arrastre del material del Talud por causa de las lluvias,

ODEBRECHT EMPRESA SOCIEDAD ANÓNIMA ODS ODS ODS	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	---	----------------------------------



Sección típica para los Muros de Contención

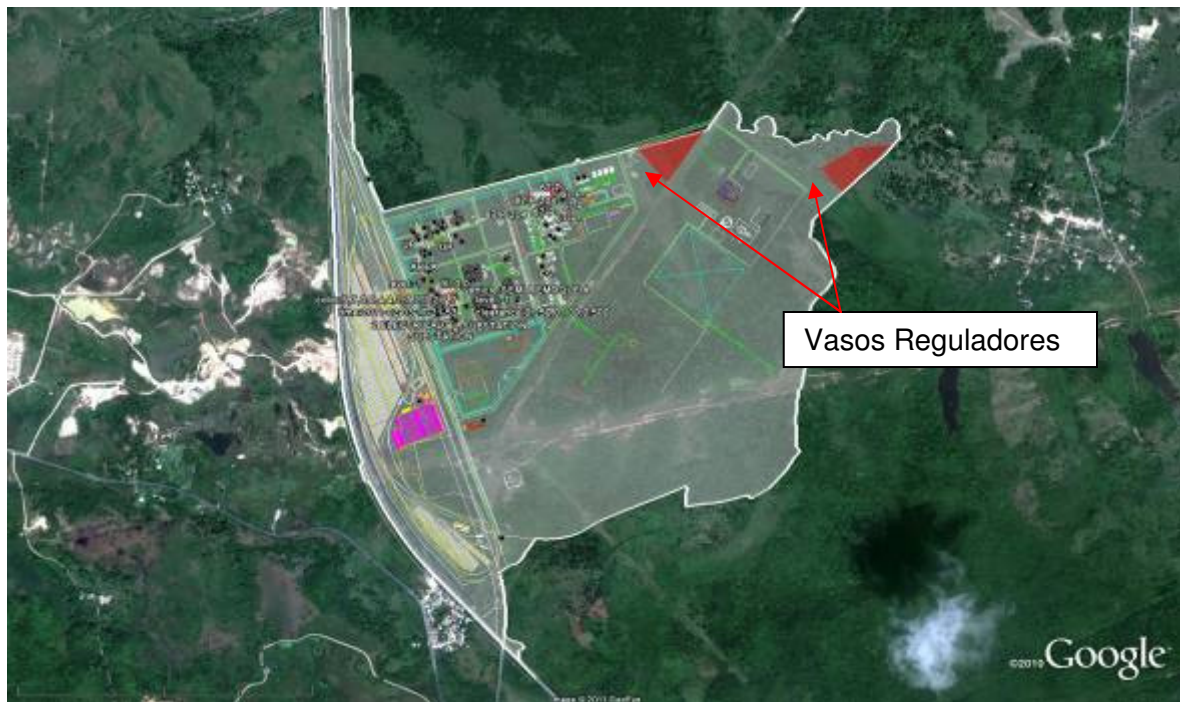
ODEBRECHT 	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	---	----------------------------------



Cuerpos de agua y zona inundable en la cuenca del Predio

Con la finalidad de evitar inundaciones aguas abajo del arroyo Gopalapa se diseñarán uno o dos vasos reguladores, los cuales tendrán la función de controlar el flujo del agua pluvial, que será enviada mediante el sistema de drenajes de la Planta, hacia los vasos, para ser liberada controladamente al arroyo, manteniendo siempre un flujo estable, para no desbordar el cauce natural existente.

ODEBRECHT EMPRESA SOCIAIMENT RESPONSABLE ODOPRO PLAN DE OBRAS	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
---	---	----------------------------------



Localización de Vasos Reguladores

8. ARCHIVO FOTOGRÁFICO CON LA DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DE CADA FOTO.

		Vista de la alcantarilla que se encuentra en el limite noreste del predio.	
		Este	Norte

ODEBRECHT  EMPRESA SOCIALMENTE RESPONSABLE  CORPORACIÓN PÁRAMO DE LOS ANDES	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
---	--	---

355,594.17	1,999,186.78
	
Vista Lateral de la alcantarilla donde se observan 10 tubos de 24" de acero.	
Este	Norte
355,594.17	1,999,186.78
	
Vista de tubos y ductos que atraviesan sobre el cauce que pasa por el límite noreste de predio.	
Este	Norte
355,594.17	1,999,186.78

ODEBRECHT  	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	--	---



Vista de cuerpo de agua y alcantarilla, que se encuentra sobre el camino norte dentro del predio.

Este	Norte
355,394.62	1,998,928.77



Vista panorámica del predio desde el camino norte del predio

Este	Norte
355,394.62	1,998,928.77

  	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	--	---



Vista de la carretera que pasa por el lado oeste del predio a la altura del acceso principal.

Este	Norte
354,761.75	1,997,984.42



Panorámica dónde se muestra la altimetría en la zona oeste cerca de la caseta de Odebrecht.

Este	Norte
354,761.75	1,997,984.42

ODEBRECHT EMPRESA SOCIALES RESPONSABLE PROYECTO ETILENO XXI	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
---	---	----------------------------------



Escorrentamiento de agua que se encuentra sobre el camino central.

Este	Norte
355,599.32	1,998,231.60

ODEBRECHT  EMPRESA SOCIALMENTE RESPONSABLE  PMA	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
---	--	---



Cuerpo de agua que se ubica al sureste del camino central.

Este	Norte
356,304.14	1,998,328.93



Cuerpo de agua que se ubica al sureste del camino central.

Este	Norte
356,304.14	1,998,328.93

ODEBRECHT  	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	--	---



Segundo cuerpo de agua que se encuentra sobre el camino central en el límite del predio.

Este	Norte
356,594.80	1,998,380.24



Vista del paso del cauce norte que pasa por la carretera que entra a la comunidad de Lázaro Cárdenas por la zona este del predio de Odebrecht.

Este	Norte
356,814.33	1,999,008.38

ODEBRECHT EMPRESA SOCIALMENTE RESPONSABLE PROYECTO ETILENO XXI	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	---	----------------------------------



Pequeño cuerpo de agua que se forma sobre el cauce norte que pasa por la carretera que entra a la comunidad de Lázaro Cárdenas por la zona este del predio de Odebrecht.

Este	Norte
356,814.33	1,999,008.38



Vista del cauce norte en el cruce con la carretera del Complejo Resistol.

Este	Norte
354,233.02	1,999,539.57

ODEBRECHT EMPRESA SOCIAIMENT RESPONSABLE PROYECTO ETILENO XXI	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
---	---	----------------------------------



Alcantarilla para paso de agua del cauce norte, conformada por un tubo de 6 metros de diámetro en puente sobre la carretera del Complejo Resistol.

Este	Norte
354,233.02	1,999,539.57



Vista desde la carretera del Complejo Resistol hacia la zona del predio de Odebrecht.

Este	Norte
354,233.02	1,999,539.57

ODEBRECHT  	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	--	---



Vista lateral del puente vehicular que se encuentra sobre el cauce cercano a la comunidad "El pollo de Oro"

Este	Norte
354,586.97	1,997,300.33



Vista del lecho bajo del puente vehicular

Este	Norte
354,586.97	1,997,300.33

ODEBRECHT EMPRESA SOCIAMENTE RESPONSABLE CONSEJO REGULADOR DE LA CONSTRUCCIÓN	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
---	---	----------------------------------



Vista de la regleta para nivel que está pintada en uno de los muros laterales del puente vehicular.

Este	Norte
354,586.97	1,997,300.33



Vista aguas abajo del cauce cercano a la comunidad "El pollo de Oro"

Este	Norte
354,586.97	1,997,300.33

ODEBRECHT EMPRESA SOCIALISTA REPUBLICANA COMITÉ NACIONAL DE DEFENSA	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
---	---	----------------------------------



Vista aguas arriba del cauce cercano a la comunidad "El pollo de Oro"

Este	Norte
354,586.97	1,997,300.33



Paso de agua ubicado al sur del predio sobre la vía del ferrocarril

Este	Norte
355,433.96	1,996742.72

ODEBRECHT EMPRESA SOCIAIMENT RESPONSABLE CONSEJO REGULADOR DEL AGUA	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
---	---	----------------------------------



Vista del paso de agua sobre la vía aguas abajo.

Este	Norte
355,433.96	1,996,742.72



Paso de agua sobre el camino que va del poblado "El Chapo" al poblado "Nuevo Teapa"

Este	Norte
358,843.84	1,996,947.67

ODEBRECHT EMPRESA SOCIALMENTE RESPONSABLE CONSEJO REGULADOR DEL AGUA	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	---	----------------------------------



Vista del tubo de 61cm sobre el camino que va del poblado "El Chapo" al poblado "Nuevo Teapa"

Este	Norte
359,355.85	1,997,834.20



Vista de la altimetría en la zona del paso de agua sobre el camino que va del poblado "El Chapo" al poblado "Nuevo Teapa"

Este	Norte
359,355.85	1,997,834.20

  	PROYECTO ETILENO XXI 1er ETAPA ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA MODIFICADA POR LA PREPARACION DEL SITIO	SISTEMA DE GISTION
--	--	---



Cuerpo de agua ubicado al lado derecho del camino que va del poblado "El Chapo" al poblado "Nuevo Teapa"

Este	Norte
359,627.95	1,998,126.95



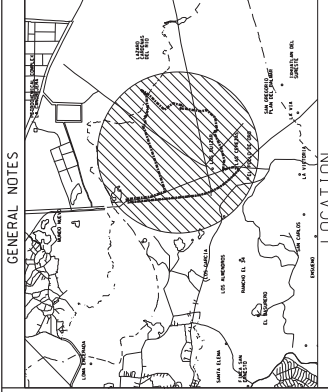
Vista de la autopista Minatitlán – Villahermosa desde el camino que va del poblado "El Chapo" al poblado "Nuevo Teapa"

Este	Norte
359,627.95	1,998,126.95

The present document or drawing is property of ODEBRECHT ICA FLUOR and shall not, under any circumstances, be totally or partially, directly or indirectly, transferred, reproduced, copied, disclosed or used, without its prior written consent, for any purpose and in any way other than that for which it is specifically furnished or outside the extent of the agreed right of use.



STORM WATER DRAINAGE FOR EVALUATION



- 1.- ELEVATIONS IN METERS ABOVE THE SEA LEVEL.
2.- THE PROJECT AREA IS REFERRED TO LOCAL CONSTRUCTION SYSTEM FOR THE PROJECT.
3.- THE PROJECT AREA IS REFERRED TO LOCAL CONSTRUCTION SYSTEM FOR THE PROJECT.
4.- THIS DRAWING HAS BEEN EDITED ONLY FOR EVALUATION PURPOSES.
5.- THE PROJECT AREA IS REFERRED TO LOCAL CONSTRUCTION SYSTEM FOR THE PROJECT.
6.- THE PROJECT AREA IS REFERRED TO LOCAL CONSTRUCTION SYSTEM FOR THE PROJECT.
7.- THE PROJECT AREA IS REFERRED TO LOCAL CONSTRUCTION SYSTEM FOR THE PROJECT.
8.- THE PROJECT AREA IS REFERRED TO LOCAL CONSTRUCTION SYSTEM FOR THE PROJECT.

SYMBOLS

- HOPE LINE
TRENCH LINE

NO.	DESCRIPTION
1	HOPE LINE
2	TRENCH LINE

NO.	DESCRIPTION
1	HOPE LINE
2	TRENCH LINE

NO.	DESCRIPTION
1	HOPE LINE
2	TRENCH LINE

NO.	DESCRIPTION
1	HOPE LINE
2	TRENCH LINE

NO.	DESCRIPTION
1	HOPE LINE
2	TRENCH LINE