EEPP DE MEDELLIN

PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III

DISEÑOS DETALLADOS

CONTRATO No. **030213329**

INFORME SISMOLÓGICO FINAL
LOTE DE TRABAJO No. 1.8

REVISIÓN 1
VOLUMEN 1 DE 1

DOCUMENTO No. **P3 – 1.8/D4 - 179**

NOVIEMBRE, 2002

CONSORCIO

INGETEC S.A.
INGENIEROS CONSULTORES

KLOHN CRIPPEN

SELLO DE CONFORMIDAD

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS 2/3
LISTA DE CUADROS 3/3
LISTA DE DISTRIBUCIÓN....1/2
ÍNDICE DE MODIFICACIONES....1/2
ESTADO DE APROBACIÓN 2/2

1. INTRODUCCIÓN 1

2. RESUMEN DE ESTUDIOS ANTERIORES 2

2.1 GEOLOGÍA SÍSMICA Y SISMICIDAD DEL NOROESTE DE COLOMBIA 2
2.2 ESTUDIOS SISMOLÓGICOS PARA PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS EN LA REGIÓN DE ANTIOQUIA.... 5
2.2.1 Estudio sismológico proyecto Nechí - Etapa de diseño 5
2.2.2 Proyecto Hidroeléctrico Porce II – Revisión del estudio de riesgo sísmico de la etapa de diseño....7
2.2.3 Actualización del Estudio de Sismología de la Presa Santa Rita 7
2.2.4 Estudio de microzonificación de la ciudad de Medellín.... 8

3. EVALUACIÓN DE AMENAZA SÍSMICA 9

3.1 METODOLOGÍA 9
3.1.1 Evaluación determinística.... 9
3.1.2 Evaluación probabilística.... 9
3.1.3 Modelo de línea - fuente 10
3.2 CATÁLOGO SÍSMICO.... 11
3.3 FUENTES SÍSMICAS 13
3.3.1 Parámetros geométricos y sismológicos de las fuentes sísmicas 14
3.3.2 Ecuaciones de atenuación 18
3.3.3 Longitud de ruptura 18
3.3.4 Magnitudes máximas.... 19
3.4 CÁLCULO DE AMENAZA SÍSMICA.... 21
3.4.1 Método determinístico 21
3.4.2 Método probabilístico 21
3.4.3 Resultados.... 21
3.4.4 Curva de Amenaza Sísmica 23
3.4.5 Aceleraciones correspondientes a los sismos de diseño. 23
3.4.6 Sismicidad inducida por el embalse. 24

4. ESPECTROS Y SISMOS DE DISEÑO 50

4.1 METODOLOGIA.... 50
4.2 COMPONENTE VERTICAL DE LOS MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO 51
4.3 EVALUACIÓN SÍSMICA DURANTE EL PERIODO DE CONSTRUCCIÓN. 52
4.4 ESPECTRO DE DISEÑO PARA DIFERENTES NIVELES DE AMORTIGUAMIENTO. 52

5. CONCLUSIONES 73

6. REFERENCIAS 74

7. ANEXO 1
CATÁLOGO SÍSMICO DEL PROYECTO PORCE III 76

8. ANEXO 2
REVISIÓN DEL INFORME, ING. ALBERTO SARRIA 113

9. PROGRAMA Y REGISTRO DE REVISIÓN Y VERIFICACIÓN 118

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Ruptura de una falla geológica.
Figura 3.2 Sismicidad y tectónica del noroccidente colombiano.
Figura 3.3 Sección 1-1: Distribución en profundidad de los sismos.
Figura 3.4 Recurrencia de magnitudes para la Falla Romeral.
Figura 3.5 Recurrencia de magnitudes para la Falla Espíritu Santo.
Figura 3.6 Recurrencia de magnitudes para la Falla Palestina.
Figura 3.7 Recurrencia de magnitudes para la Falla Salinas
Figura 3.8 Recurrencia de magnitudes para la Zona de Benioff.
Figura 3.9 Recurrencia de magnitudes para la Fuente No. 6.
Figura 3.11 Estimación de magnitud máxima según Lomnitz.
Figura 3.12 Magnitud máxima para la Falla Romeral, según Lomnitz.
Figura 3.13 Magnitud máxima para la Falla Espíritu Santo, según Lomnitz.
Figura 3.14 Magnitud máxima para la Falla Palestina, según Lomnitz.
Figura 3.15 Magnitud máxima para la Falla Salinas, según Lomnitz.
Figura 3.16 Magnitud máxima para la Zona de Benioff 1, según Lomnitz.
Figura 3.17 Magnitud máxima para la Zona de Benioff 2, según Lomnitz.
Figura 3.18 Magnitud máxima para la Fuente No 7, según Lomnitz.
Figura 3.19 Recurrencia de aceleraciones para el sitio de presa del proyecto Porce III.
Figura 4.1 Espectro de diseño normalizado (SMC) – componente horizontal.
Figura 4.2 Espectro de diseño (SMC) – componente horizontal.
Figura 4.3 Espectro de respuesta Zaragoza y sismo de diseño componente horizontal.
Figura 4.4 Acelerograma (SMC) señal sintética 1 componente horizontal.
Figura 4.5 Acelerograma (SMC) señal sintética 2 componente horizontal.
Figura 4.6 Acelerograma (SMC) señal sintética 3 componente horizontal.
Figura 4.7 Espectro de respuesta señal sintética 1 (SMC) componente horizontal.
Figura 4.8 Espectro de respuesta señal sintética 2 (SMC) componente horizontal.
Figura 4.9 Espectro de respuesta señal sintética 3 (SMC) componente horizontal.
Figura 4.10 Espectro de diseño (SMC) – componente vertical.
Figura 4.11 Acelerograma (SMC) señal sintética 1 componente vertical.
Figura 4.12 Acelerograma (SMC) señal sintética 2 componente vertical.
Figura 4.13 Acelerograma (SMC) señal sintética 3 componente vertical.
Figura 4.14 Espectro de respuesta señal sintética 1 (SMC) componente vertical.
Figura 4.15 Espectro de respuesta señal sintética 2 (SMC) componente vertical.
Figura 4.16 Espectro de respuesta señal sintética 3 (SMC) componente vertical.
Figura 4.17 Espectro de diseño sismo de construcción componente horizontal.
Figura 4.18 Espectro de diseño (SMC) amortiguamiento 2%, 5%, 10% y 15% componente horizontal.
Figura 4.19 Espectro de diseño (SMC) amortiguamiento 2%, 5%, 10% y 15% componente vertical.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 3.1 Parámetros de asignación de sismos.
Cuadro 3.2 Datos de las fuentes sísmicas tipo falla.
Cuadro 3.3 Localización de fuentes sísmicas de tipo área
Cuadro 3.4 Parámetros sismológicos de las fuentes sísmicas
Cuadro 3.5 Métodos de cálculo de magnitudes máximas para fuentes sísmicas
Cuadro 3.6 Recurrencia de magnitudes para la falla palestina
Cuadro 3.7 Resultados de análisis determinísticos de amenaza sísmica
Cuadro 4.1 Evento sísmico de las fallas locales.
Cuadro 4.2 Aceleraciones espectrales para diferentes niveles de amortiguamiento.

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

DEPENDENCIA	No. de copias
EEPPM	1
Centro de Documentación del Proyecto	1
Jefe de Lote de Control No. 3: Ing. Carlos Rugeles	1
Jefe de Lote de Control No. 4: Ing. Alvaro Castro	1
Jefe de Lote de Control No. 5, 6: Ing. Luis G. Gonzales	1
Jefe de Lote de Control No. 7: Ing. Hernán Acosta	1
Jefe de Lote de Control No. 8: Ing. José Rivera	1

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Revisión del documento	Sección modificada	Fecha de Modificación	Observaciones
0	-	Junio 14, 2002	Versión original
1	Capítulos 1, 2,3 y 5	Noviembre 27, 2002	Los capítulos 1, 2, 3 y 5 fueron revisados y corregidos de acuerdo con las observaciones realizadas por las EEPPM. El capítulo 3 incluye nuevas secciones que resumen los valores de aceleración utilizados para los diferentes escenarios, la curva única de amenaza y comentarios sobre la sismicidad inducida por el embalse.
1	Capítulo 4	Noviembre 27, 2002	Los espectros de diseño fueron modificados y un nuevo grupo de sismos de diseño fueron desarrollados. Recomendaciones para los análisis fueron establecidas.
1	Anexo 2	Noviembre 27, 2002	Los comentarios del Asesor Ing. Alberto Sarriá fueron incluidos en esta sección.

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Contrato:	030213329
Título Documento:	Informe sismológico final, lote de trabajo 1.8
Documento No.:	P3 – 1.8 / D4 – 179

APROBACIÓN	**No. de Revisión**		**0**	1	2	3
	Vo.Bo. Jefe Lote de Trabajo	Nombre	Jairo Tovar	Fabio Sánchez C		
		Firma				
		Fecha	2002-08-30	2002-11-27		
	Vo.Bo. Revisor	Nombre	Andrés Marulanda	Alberto Marulanda		
		Firma				
		Fecha	2002-08-30	2002-11-27		
	Vo. Bo. Director División Técnica	Nombre	Fabio Amaya	Fabio Amaya		
		Firma				
		Fecha	2002-08-30	2002-11-27		
	Vo.Bo. Jefe Lote de Control	Nombre	Alberto Marulanda	Alberto Marulanda		
		Firma				
		Fecha	2002-08-30	2002-11-27		
	Vo.Bo. Lote de Trabajo No. 4.2 – Gerencia y Coordinación	Nombre	Iván Pinto S.	Iván Pinto S.		
		Firma				
		Fecha	2002-08-30	2002-11-27		

1. INTRODUCCIÓN

Como parte de los estudios de complementación y actualización de la factibilidad del proyecto, la firma INGETEC S.A., realizó el estudio de evaluación de la amenaza sísmica, el cual fue concluido y presentado en enero de 1998. El alcance previsto inicialmente para los estudios sismológicos de la etapa de diseño fue el de evaluar los parámetros sísmicos para el diseño sismorresistente de las obras del proyecto. El trabajo se inició en mayo de 2002 con este único objetivo. Sin embargo, se consideró importante realizar antes una evaluación de la nueva información sismológica disponible para la zona, representada en varios estudios realizados por diferentes firmas, durante el período comprendido entre enero/98 y mayo/02. La revisión indicó la necesidad de realizar una reevaluación de la amenaza sísmica del proyecto, ya que se disponía de nuevos datos y dado que los resultados de varios de los estudios diferían entre sí y diferían de los resultados del estudio sismológico de factibilidad.

El Consorcio propuso entonces a EEPPM, en el Informe de Apertura del Lote de Trabajo, realizar la reevaluación de la amenaza sísmica, como parte de las actividades previstas para la etapa de diseño del proyecto.

El presente informe resume los estudios sismológicos de la etapa de diseño del proyecto.

El informe comienza con un resumen de los estudios consultados, incluido en el Capítulo 2, continúa con la reevaluación de la amenaza sísmica, contenida en el Capítulo 3 y finaliza con evaluación de los parámetros sísmicos de diseño (Capítulo 4).

2. RESUMEN DE ESTUDIOS ANTERIORES

Para comenzar los estudios sismológicos de la etapa de diseño del proyecto Porce III, se procedió a recopilar los informes sobre trabajos sismológicos llevados a cabo para otros proyectos localizados en la región de Antioquia. A continuación se presenta una síntesis de los informes revisados.

2.1 GEOLOGÍA SÍSMICA Y SISMICIDAD DEL NOROESTE DE COLOMBIA

Este trabajo compila los resultados de las investigaciones realizadas por la firma Woodward - Clyde Consultants (WCC), para varios proyectos hidroeléctricos localizados en la región Noroeste de Colombia, en lo referente a geología sísmica y sismicidad. Aunque su fecha de publicación (1986) es anterior a la realización de los estudios de factibilidad, no fue revisado como parte de los estudios de esa etapa, y dado que es un resumen de la sismicidad del noroeste de Colombia (incluyendo el departamento de Antioquia), se consideró importante hacer su revisión en esta etapa de diseño.

En el capítulo I del informe se resume las características de los proyectos incluidos en el trabajo, varios de los cuales están localizados fuera de la denominada región Noroccidental de Colombia.

En el capítulo II el informe presenta las definiciones de la terminología utilizada en el tema del riesgo sísmico y resume la metodología general aplicada en los diferentes estudios de sismicidad realizados por WCC.

En el capítulo III se presenta lo que se denomina el marco tectónico regional de Colombia. Se indica que los mecanismos tectónicos primarios que afectan el NO de Colombia son la subducción y el fallamiento transcurrente. En Colombia la placa de Nazca se desplaza hacia el oriente y se introduce por debajo de la placa de Suramérica que se mueve hacia el oeste. En la zona de Panamá parece que la placa de Nazca se desliza hacia el oriente a lo largo de la placa del Caribe (que tiene un pequeño desplazamiento hacia al occidente). En Venezuela y Colombia la placa Suramericana se desplaza más rápidamente hacia el oeste que la placa del Caribe. En el modelo de subducción propuesto, la zona de subducción entre la placa de Nazca y la de Suramérica, termina en la denominada unión triple del Darién, delimitada por una línea imaginaria que une el Darién con Bucaramanga. Adicionalmente, el NO de Colombia, aunque geográficamente forma parte de Suramérica, no pertenece claramente a la placa Suramericana ni a la del Caribe, sino que sería una zona de deformación independiente de unos 600 km de ancho, situada entre estas placas, al oriente de la unión triple del Darién. Aunque el movimiento de subducción es hacia el oriente y hacia el este - nordeste, los esfuerzos compresionales de la corteza tienen sentido predominante NO - SE, reflejando la convergencia de las placas Caribe y Suramérica.

Los efectos de estos desplazamientos relativos son compresionales sobre la corteza terrestre, ocasionando levantamientos en las montañas, hundimiento en las cuencas, plegamientos y fallamientos. Los movimientos tectónicos afectan zonas muy amplias presentándose cambios en los patrones de deformación de un lugar a otro y de tiempo en tiempo, repitiéndose periódicamente en el mismo lugar. Las condiciones tectónicas actuales en la región de unión triple han tenido vigencia sólo durante los últimos cinco millones de años, ya que los límites eran diferentes antes de este tiempo. Por estas razones los límites de las placas Sudamérica y Caribe y el límite de la subducción cerca al punto triple son complejos y difíciles de definir.

Los Andes Septentrionales han evolucionado a través de una historia compleja marcada por tres ciclos principales denominados orogénico-tectónicos, durante estos ciclos, la zona de subducción ha migrado hacia el oeste, hasta su posición actual en el Océano Pacífico. El "salto" progresivo de la zona de subducción hacia el oeste se debe a que la tasa de desplazamiento absoluto de la placa de Nazca y su predecesora, la placa de Farallón, hacia el este es mayor que el de la placa de Sudamérica hacia el oeste. La placa de Farallón se fracturó durante el Mioceno Medio, hace unos 25 millones de años, dando origen a las actuales placas de Nazca y Cocos. Estas dos placas inicialmente tuvieron tasas de desplazamiento iguales, hacia el este, pero la colisión de la dorsal de Carnegie con la placa de Sudamérica produjo su superación, dando origen a dos fosas y diferenciando las tasas de subducción de las citadas placas de Nazca y Cocos. La colisión de América Central con Sudamérica interrumpió la subducción al norte de la unión triple del Darién y fusionó las placas Suramericana y Caribe en el área del noroccidente de Colombia y oriente de Panamá. La subducción actual termina a lo largo de la línea imaginaria que une el Darién y Bucaramanga.

Los límites entre placas activas de la corteza terrestre se caracterizan por ser zonas de alta sismicidad correspondientes a las altas tasas de deformación que allí se presentan.

El límite de las placas de Nazca y Sudamérica en el Occidente de Colombia y Ecuador sigue la zona de alta sismicidad a lo largo de la fosa Ecuador-Colombia. Aquí la subducción se presenta en forma clara dentro de una zona bien definida llamadas zona de Benioff que buza al oriente y que está estrechamente relacionada con el vulcanismo existente al sur de Manizales. La tasa de convergencia este-oeste de las dos placas al sur de Buenaventura fluctúa entre 40 mm/año y 80 mm/año. El ángulo de subducción entre Buenaventura y la unión del Darién mide entre 15° y 20°, siendo menor al norte. Al sur de Buenaventura el ángulo de subducción es de 32°.

El límite de las placas en la denominada unión triple del Darién no está claro, aunque la zona se caracteriza por una alta tasa de sismicidad, cuyo patrón define tres alineamientos: El primero, hacia el occidente, a lo largo de la fosa de Panamá, el segundo, hacia el sureste, a lo largo de la fosa Colombia-Ecuador y el tercero, hacia el norte, entre Panamá y Colombia.

La porción norte de la placa Suramericana correspondiente al norte de Colombia, y en la cual se localiza el departamento de Antioquia, se denomina Bloque Andino-Norte. Esta zona se caracteriza por su fallamiento regional durante el Terciario y el Cuaternario, los estudios indican que la deformación intrabloque está ocurriendo a lo largo de muchas fallas. Se incluyen las fallas confinantes, tales como las frontales orientales de la Cordillera Oriental y fallas internas o intraplaca como las de Romeral, Palestina y Bucaramanga, en Colombia y Valerá, en Venezuela. Los desplazamientos a lo largo de las zonas de falla interplaca corresponden a un esfuerzo compresional tectónico regional hacia el noroeste.

La región denominada Bloque Andino Norte comparte las características de las placas de Sudamérica y del Caribe. Se trata de una zona amplia de deformación que corresponde geográficamente al noroccidente de Colombia y que está delimitada por el Océano Pacífico, la frontera Colombia - Panamá, el mar Caribe, la cuenca de Maracaibo y los Llanos Orientales. Los movimientos tectónicos en el bloque se producen por la subducción de la placa Nazca bajo la de Sudamérica y el movimiento relativo hacia el oeste de la placa del Caribe con respecto a la de Sudamérica.

Los terremotos se presentan más frecuentemente en las estructuras asociadas con la subducción. La mayor sismicidad histórica en Colombia se ha presentado en la zona de subducción poco profunda a lo largo de la costa del Pacífico. Al sur de Colombia han ocurrido grandes sismos con magnitud incluso mayor que ocho, con epicentro hacia el occidente del continente. En el

continente han ocurrido sismos con magnitud alrededor de siete, con epicentro en la placa descendente (Nazca).

En el capítulo IV se hace un análisis de la información sísmica recopilada por WCC durante los estudios de riesgo sísmico que esta empresa ha adelantado en Colombia para varios proyectos hidroeléctricos. El informe incluye en el Apéndice A, el catálogo cronológico de los sismos ocurridos entre 1595 y 1978 (contiene datos parciales para 1979 y 1980), para la región comprendida entre las longitudes 71° W y 78,5° W y las latitudes 4,0°N y 10°N.

Se incluyen mapas de epicentros y de distribución en profundidad de los sismos.

También se incluyen gráficos de recurrencia de magnitudes para la zona de subducción y se presentan análisis de mecanismo focal para varios de los sismos.

El capítulo V describe los aspectos geológicos y el capítulo VI se refiere a la geología del Cuaternario.

En el capítulo VII se analiza la actividad de las fallas. La zona incluida en el trabajo es muy amplia y abarca prácticamente todo el territorio colombiano, sin embargo, en el resumen que sigue, sólo se presenta la información concerniente a las fallas de las Cordilleras Central y Occidental.

- Zona de Falla Palestina, incluye las fallas Palestina, Norcasia, Patio Bonito, San Diego, Mulato, Jetudo, Jetudo Este, Cocorná, Cimitarra, Bagre Norte y Otú Norte y abarca una zona de 500 km de longitud y de 0,5 km a 30 km de ancho. La primera de ellas, la Falla Palestina propiamente dicha, tiene una longitud superior a 410 km y tiene una dirección N10° a 20°E; presenta evidencias de desplazamientos durante el Cuaternario. Se le atribuye un grado de actividad bajo.

  A las demás fallas que conforman el sistema se les atribuye un grado de actividad de bajo a muy bajo.

- Falla Espíritu Santo, es una de las principales fallas de la Cordillera Central. Se extiende en una longitud aproximada de 300 km, desde la población de Liborina en Antioquia hasta la cuenca del Bajo Cauca, siguiendo una dirección N25°E. Tiene evidencia de desplazamientos cuaternarios en varios sitios. El tipo de movimiento es de rumbo, aunque también se le atribuyen desplazamientos verticales. Su grado de actividad se califica como de bajo a moderado.

- Zona de Falla Romeral, sigue una dirección norte, extendiéndose desde la frontera Colombo-Ecuatoriana hasta la ciudad de Barranquilla, al norte de Colombia, con una longitud aproximada de 1200 km.

  La zona de falla tiene un ancho hasta de 20 km y se compone de numerosas fallas subparalelas, con nombres particulares, con longitudes desde unos pocos kilómetros hasta más de 50 km.

  El tipo y sentido del movimiento varían en los diferentes sectores de la falla, pero en general son de rumbo, combinados con desplazamientos verticales.

  Algunas de las fallas que componen el sistema son: Sabanalarga, Sincelejo, Sardinas, Popayán-Piendamó, Heliconia, Caldas, Sopetrán e Ituango. Varias de éstas presentan evidencias de actividad reciente, en particular, la falla Popayán-Piendamó es importante

pues se considera que sobre ella se originó el sismo que afectó a la ciudad de Popayán el 31 de marzo de 1983.

El grado de actividad de las fallas que componen el sistema varía desde moderado a muy bajo.

- Zona de Falla Cauca, se extiende al occidente de la zona de falla de Romeral y transcurre paralelamente a ésta desde el Ecuador hasta las zonas bajas del Caribe, cerca de Montería, para una longitud total de aproximadamente 800 km.

  Entre las fallas que componen el sistema se encuentran Anzá, Cauca-Oeste, Peque, San Jorge, Alto Sinú y Bolívar.

  El grado de actividad de las fallas que componen el sistema varía entre moderado y bajo.

2.2 ESTUDIOS SISMOLÓGICOS PARA PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS EN LA REGIÓN DE ANTIOQUIA

En la región del departamento de Antioquia están localizados numerosos proyectos hidroeléctricos, algunos ya construidos y los demás en diversas etapas de estudio.

Para varios de estos proyectos existen estudios sismológicos, realizados por diferentes firmas. Los proyectos importantes cercanos a Porce III que cuentan con estudios sismológicos, cuya información estuvo disponible para el estudio sismológico del proyecto Porce III, son los siguientes: Porce II, Nechí, Ituango, Riogrande, San Carlos y Cañafisto.

La síntesis de los estudios para los proyectos Ituango, Riogrande, San Carlos y Cañafisto, ya fue incluida en el Informe de Sismicidad y Amenaza Sísmica, presentado en enero de 1998 por el Consorcio Ingetec S.A. - Hidramsa - CCC, con motivo de los Estudios de Complementación y Actualización de la Factibilidad Técnica del proyecto Porce III.

En el informe aludido, también se incluyó la síntesis de los estudios sismológicos de prefactibilidad y factibilidad del proyecto Nechí, realizados por Ingetec S.A., (1982 y 1983) e igualmente se incluyó el resumen del informe final del Estudio de Riesgo Sísmico del proyecto Porce II, correspondiente al diseño, realizado por Integral (1990).

Con motivo de los estudios para el diseño del proyecto Porce III, a cargo del consorcio Ingetec S.A. - Klohn Crippen, se tuvo acceso al Informe Final de Evaluación de Amenaza Sísmica, de la etapa de diseño del proyecto Nechí, realizado por Integral - SEDIC (1998) y al informe de la Revisión del Estudio de Amenaza Sísmica del proyecto Porce II (Integral, 1991). Ya que ambos informes incluyen información nueva, relevante para el proyecto Porce III, se presenta a continuación una síntesis de estos informes.

2.2.1 Estudio sismológico proyecto Nechí - Etapa de diseño

Los estudios sismológicos para el diseño de las obras del proyecto hidroeléctrico Nechí fueron realizados por el Consorcio Integral - Sedic S.A. durante el año 1998. Los estudios consistieron en la evaluación de la amenaza sísmica utilizando una metodología probabilística integrando la información tectónica y la información sismológica disponibles para la región. Para complementar el estudio tectónico de la zona, el consorcio instaló y operó una red local de sismógrafos.

A continuación se resumen los aspectos más importantes de este estudio:

- Red local de sismógrafos. La red local de sismógrafos instalada por el consorcio consistió de diez aparatos distribuidos en una zona cuyo tamaño aproximado fue de 50 km en dirección este - oeste y de 80 km en dirección norte - sur, esta zona se definió así con el propósito de abarcar el área de los sistemas de fallas Espíritu Santo y Nechí. La red se operó durante el período septiembre - Diciembre de 1997, tiempo durante el cual se detectaron numerosos eventos sísmicos, 161 de ellos locales o cercanos a la red.

  Como resultado de la operación de la red, el consorcio plantea una serie de consideraciones. La primera, es que el plano de Benioff estaría a una profundidad de entre 50 km y 75 km bajo el proyecto, sin embargo, se afirma que la sismicidad asociada con la subducción debajo del proyecto es muy baja. La segunda consideración es que la microsismicidad detectada sugiere actividad proveniente de las fallas Cauca, Romeral, Espíritu Santo y Palestina.

- Información tectónica. Las fallas consideradas importantes para el proyecto desde el punto de vista de su incidencia en el riesgo sísmico son Espíritu Santo, Nechí y Romeral, aunque también se considera importante como generadora de actividad sísmica, la zona de subducción de las placas Nazca y Suramérica.

  Durante el estudio se realizaron investigaciones de neotectónica para evaluar la actividad de las fallas Espíritu Santo y Nechí.

  La falla Espíritu Santo se define como una estructura con predomino del desplazamiento de tipo normal, con una longitud aproximada de 125 km y con algunas manifestaciones de actividad tectónica reciente. Se le atribuye un grado de actividad moderado.

  La falla Nechí se considera como una estructura de aproximadamente 30 km de longitud, con un grado de actividad de bajo a muy bajo.

  Otras fallas locales consideradas en el estudio son las de Santa Gertrudis y Tenche - Ermitaño, cuyo grado de actividad es considerado bajo.

- Análisis de amenaza sísmica. En el estudio se utilizó un modelo probabilístico para la evaluación de la amenaza sísmica del proyecto. Las fuentes sísmicas consideradas fueron las Fallas Espíritu Santo, Palestina, Romeral, Cauca, la zona de subducción (interplaca e intraplaca), como fuentes regionales y las fallas Santa Gertrudis, Tenche - Pato, Otú Norte, Bagre, Santa Rita, como fuentes locales; también se consideró una fuente denominada sismicidad de fondo que incluía los eventos sísmicos no asociables a fallas conocidas.

  Como información sismológica se utilizó el catálogo sísmico de la Red Sismológica Nacional, extractando de éste los eventos ocurridos hasta una distancia máxima de 200 km del proyecto.

  Se aplicaron las ecuaciones de atenuación de Abrahamson (1997), Boore (1997) y Sadigh (1997).

  El análisis probabilístico se realizó mediante el programa EZ - FRISK 4.0, el cual calcula las frecuencias anuales de excedencia de varios niveles de aceleración en el sitio de interés.

- Resultados. Para el cálculo de la aceleración del proyecto, se analizaron varios casos teniendo en cuenta las incertidumbres asociadas con la actividad de las fallas, con la magnitud última de cada fuente, con el modelo de recurrencia de magnitudes y con la

ecuación de atenuación. Se efectuaron análisis separados para el sitio de presa y para la casa de máquinas del proyecto.

Los resultados se relacionaron con el Sismo Básico de Operación (S.B.O.), Sismo Máximo Probable (S.M.P.) y Sismo Máximo Creíble (S.M.C.), definidos respectivamente como sismos con período de retorno de 200 años, 500 años y 1000 años. Las aceleraciones obtenidas fueron de 0,18 g, 0,26 g y 0.40 g, para el sitio de presa y de 0,23 g, 0,35 g y 0,64 g para la casa de máquinas.
El informe también presenta los espectros de seudoaceleración y acelerogramas sintéticos para el sitio de presa y casa de máquinas, para 200 años, 500 años y 1000 años de período de retorno.

2.2.2 Proyecto Hidroeléctrico Porce II – Revisión del estudio de riesgo sísmico de la etapa de diseño

En la revisión del estudio de riesgo sísmico del proyecto Porce II, realizada en 1991, se mantuvieron sin modificación las fuentes sísmicas y las magnitudes máximas consideradas para cada una de ellas en los estudios de la etapa de diseño, así: Falla Palestina 7,0; Falla Romeral 7,5, Falla Espíritu Santo 7,5, Falla Salinas 7,4 y Zona de Benioff 7,5.

Al mantenerse los mismos límites de magnitud, las aceleraciones máximas de los sismos asociados a cada una de las fuentes también se consideraron invariables, de modo que la aceleración máxima para el proyecto continua siendo igual a 0,22 g.

Para el cálculo del espectro de diseño fue utilizado un grupo de 13 acelerogramas correspondientes a otros tantos sismos con características generales similares, algunos ocurridos en Colombia y otros en USA, incluyendo un sismo sintético. El espectro de diseño fue seleccionado por criterios estadísticos entre los espectros calculados para los sismos.

En julio de 2002 el consorcio que tiene a cargo los estudios del proyecto Porce III, recibió una nueva revisión del estudio de amenaza sísmica del proyecto Porce II, realizada por la firma Integral. En este documento se menciona una zona de subducción local, con características sismológicas particulares con respecto a la subducción regional, aunque no se incluyen detalles sobre la caracterización de esta fuente, ni sobre la forma en la cual se incluyó en el nuevo análisis de amenaza. Se presenta una nueva curva de recurrencia de aceleraciones, indicándose que la aceleración máxima recomendada es de 0,18g y que está controlada por la mencionada zona de subducción local.

2.2.3 Actualización del Estudio de Sismología de la Presa Santa Rita

El informe fue realizado por la firma Integral y publicado en octubre de 1998. Contiene la evaluación de la amenaza sísmica de la presa Santa Rita utilizando métodos probabilísticos. Las fuentes sismogénicas consideradas fueron las fallas ubicadas dentro del círculo de radio 100 km alrededor del proyecto y la zona de subducción. Se incluyeron fallas regionales y locales. Como regionales se
consideraron las siguientes fallas y magnitudes máximas: Espíritu Santo (7,0), Palestina (7,0), Romeral (7,0) y Cauca (7,0). La subducción se dividió en quince subfuentes con una magnitud máxima de 7,0.

Los resultados obtenidos fueron de 0,15g para el Sismo Básico de Operación, 0,22g para el Sismo Máximo Probable y 0,31g para el Sismo Máximo Creíble.

2.2.4 Estudio de microzonificación de la ciudad de Medellín

Fue realizado por Integral y otras firmas y publicado en julio de 1999. Aunque el estudio cubre varios aspectos adicionales al tema de evaluación de amenaza, como instrumentación sísmica y microzonificación geotécnica, desde el punto de vista de los estudios del proyecto Porce III, el más importante es el relacionado con la amenaza sísmica y este es el tema que se resume a continuación.

Se tomó como área de influencia de la ciudad de Medellín un rectángulo de 600 km en sentido Norte – Sur por 750 km en sentido Este – Oeste. Las fuentes sísmicas regionales consideradas fueron las fallas Cauca, Romeral, Espíritu Santo y Palestina y la zona de subducción. La zona de subducción fue subdividida en una componente regional, correspondiente a la denominada zona de Benioff del Viejo Caldas y en varias componentes locales, definidas con base en concentraciones de focos alrededor de ubicaciones características. En el estudio también se incluyeron varias fallas locales, que por su gran distancia al sitio del proyecto Porce III no tienen incidencia sobre éste.

Los valores de magnitud última considerados para cada una de las fuentes fueron los siguientes: Cauca: 7,0; Romeral: 6,9; Espíritu Santo: 6,2; Palestina: 7,0; Subducción del Viejo Caldas: 7,5 y subducción local: 7,0. También se consideraron por separado algunos ramales de la falla Romeral, asignándoles magnitudes máximas de 6,5 y se agruparon los sismos no asociables a fuentes conocidas, como una fuente adicional denominada sismicidad de fondo, con una magnitud máxima de 6,5.

El estudio concluyó que la aceleración máxima esperada en la ciudad de Medellín es de 0,15g para un período de retorno de 475 años. La curva de amenaza incluida en el informe permite obtener valores de aceleración para otros períodos de retorno, observándose que para un período de retorno de 1000 años la aceleración es de 0,24g aproximadamente.

3. EVALUACIÓN DE AMENAZA SÍSMICA

3.1 METODOLOGÍA

Siguiendo los planteamientos incluidos en el Informe de Criterios y Parámetros de Diseño del Lote de Trabajo 1.8 (Junio de 2002), para la evaluación de la amenaza sísmica del proyecto se aplicará un modelo de análisis que tiene en cuenta la historia sísmica de la región y su emplazamiento tectónico.

El conocimiento tectónico de la región en la cual se localiza el proyecto es fundamental para la realización del análisis de amenaza sísmica, teniendo en cuenta que los sismos de importancia para la ingeniería se originan en los mecanismos de la tectónica de placas. El primer paso para identificar la tectónica de un sitio es investigar la presencia de fallas geológicas en su vecindad, ya que estas se constituyen en fuentes potenciales de actividad sísmica.

La mayoría de los investigadores en el tema sugieren utilizar como parámetro de medida de la amenaza sísmica, la aceleración del terreno en el sitio de interés, siendo este el parámetro en el cual se basan los códigos de diseño sismorresistente usados en la actualidad en el mundo, y en particular, la Norma NSR-98, aplicada en Colombia.

El cálculo de la aceleración máxima del terreno correspondiente a los eventos sísmicos que afectan el sitio de un proyecto, que incluya una presa, puede basarse en metodologías determinísticas o probabilísticas como indica el USCOLD (1999).

3.1.1 Evaluación determinística

En el enfoque determinístico se comienza por plantear todos los posibles escenarios de amenaza sísmica a los cuales está expuesto el proyecto. Luego se procede a calcular para cada uno de ellos el efecto sobre el sitio, esto es, la magnitud del movimiento del terreno, bajo la suposición de que en cada fuente se genera un sismo con foco localizado en el punto más próximo entre la fuente y el sitio y con magnitud máxima, es decir, bajo la condición más crítica para el proyecto. Se requiere por lo tanto identificar y caracterizar las fuentes sísmicas que rodean el sitio y conocer la dependencia entre magnitud del sismo, distancia foco – sitio e intensidad del movimiento (leyes de atenuación).

3.1.2 Evaluación probabilística

Los análisis probabilísticos de amenaza sísmica o PSHA (Probabilistic Seismic Hazard Analyces) se basan en la integración de tres funciones de probabilidad:

- La probabilidad de que un sismo de una magnitud particular ocurra sobre una fuente determinada durante un intervalo de tiempo especificado
- La probabilidad de que la ruptura asociada con la fuente y el evento sísmico ocurran a una distancia especificada del sitio
- La probabilidad de que el movimiento del terreno debido al sismo de la magnitud particular considerada y a la distancia especificada excedan un nivel especificado en el sitio

Mediante la combinación de estas tres funciones de probabilidad para cada fuente y sumando las contribuciones de todas las fuentes, se puede calcular la probabilidad anual de excedencia para un

especificado nivel de movimiento del terreno en el sitio. Las principales ventajas del enfoque probabilístico sobre el determinístico, son la consideración de la vida útil y la posibilidad de seleccionar un nivel de riesgo aceptable para el proyecto. Otras ventajas son:

- La inclusión de las contribuciones de todos los sismos significativos, desde la magnitud más baja de interés hasta la magnitud máxima de cada fuente
- La inclusión de las contribuciones desde todas las fuentes y distancias
- La selección de parámetros sísmicos que correspondan a niveles aceptables de riesgo
- Evita ser exageradamente conservativo

Usualmente, la metodología probabilística está basada en el denominado modelo de generación de sismos de línea - fuente, el cual supone que los sismos se originan en líneas tectónicas (fallas). Dado que una falla geológica en realidad es un plano que se prolonga en profundidad dentro de la corteza terrestre, es más apropiado hablar de modelo de plano - fuente que de modelo de línea - fuente.

3.1.3 Modelo de línea - fuente

El modelo de línea - fuente se basa en las siguientes suposiciones:

- Distribuciones de probabilidad

Se supone que las magnitudes de los sismos siguen una distribución exponencial, lo cual es consecuencia de asumir que las magnitudes cumplen la ley de recurrencia de Richter:

$$\text{Log } N(M) = a - bM,$$

donde N (M) es el número de ocurrencias con magnitud M o mayor en la fuente y a, b son constantes.

Además, se asume que los sismos originados en una fuente sísmica a lo largo del tiempo, siguen una distribución de probabilidad de Poisson, con una tasa de ocurrencia igual al promedio anual de sismos atribuidos a la fuente.

El modelo de distribución exponencial ofrece un buen ajuste para la sismicidad de una región analizada de manera global, pero no para la sismicidad originada en fallas geológicas específicas, tal como anota Yeats et al (1997) al respecto del comportamiento sísmico de la porción central de la falla San Andrés en California, para la cual las relaciones de recurrencia basadas en la Ley de Richter, conducen a valores de magnitud máxima y períodos de retorno contrarios a la evidencia sísmica histórica.

Para contrarrestar el inconveniente anotado en cuanto a la recurrencia de grandes sismos se ha postulado un modelo de distribución de magnitudes basado en el “terremoto característico” (Schwartz, Coppersmith, 1984), según el cual las fallas tienden a producir sismos máximos de un tamaño específico característico de una falla o segmento de falla en particular, pero no producen sismos pequeños sistemáticamente de la manera sugerida por las curvas de recurrencia basadas en la Ley de Richter.

Aunque el concepto del terremoto característico está en desarrollo, la evidencia indica que este modelo es más representativo de la sismicidad de una falla individual que el basado en el modelo exponencial, además la distribución de magnitudes basada en el terremoto característico tiene en

cuenta las tasas de actividad de las fallas individuales, lo cual permite representar con mayor exactitud el comportamiento de una fuente sísmica.

- Propagación de la energía sísmica desde una fuente sísmica

La propagación de la energía sísmica desde cada fuente hacia su vecindad, depende de la magnitud del sismo y de la distancia entre el sitio de interés (en el cual se quieren conocer los efectos o severidad del terremoto) y la fuente sísmica.

Para describir la dependencia directamente proporcional entre la intensidad del movimiento (aceleración del terreno) y la magnitud y distancia focal del sismo, se utilizan las ecuaciones de atenuación, que como ya se dijo, son relaciones empíricas que describen la relación entre intensidad, magnitud del sismo y distancia.

Al producirse un sismo en una falla geológica, se "activa" un segmento de la falla, cuya longitud está en proporción directa con la magnitud del terremoto. Esto implica que el efecto del sismo será en general más severo para los sitios localizados en proximidad de la falla que para otros sitios con distancias epicentrales cortas pero distantes de la falla que originó el terremoto, tal como se ilustra en la Figura 3.1, en la cual se muestra que el sitio 1 (situado en proximidad de la falla - fuente del sismo, aunque más distante del epicentro) experimentará efectos mayores que el sitio 2 (más distante de la falla).

En síntesis, el efecto de un sismo sobre un sitio está "controlado" por la distancia a la falla - fuente del sismo y no por la distancia al hipocentro del terremoto (como se suponía en los modelos de punto - fuente o de Cornell).

La longitud del segmento de falla "activado" durante un sismo, denominado longitud de ruptura, ha sido correlacionada por diferentes autores con la magnitud del terremoto (Slemmonds, 1977; Wells-Coppersmith, 1994).

Más recientemente, se ha postulado la llamada teoría del campo cercano, según la cual en la vecindad inmediata del foco de un sismo, la magnitud del movimiento es mucho mayor que la prevista por las ecuaciones de atenuación "tradicionales". Esto obliga a considerar de una manera particular aquellos sitios localizados sobre una fuente sísmica.

3.2 CATÁLOGO SÍSMICO

Siguiendo los criterios planteados en el estudio de amenaza sísmica, realizado por Ingetec (1998) durante la etapa de complementación y actualización de factibilidad técnica, se escogió como zona de influencia la incluida dentro de un círculo de 200 km de radio con centro en el sitio de presa del proyecto. Sin embargo, para simplificar la labor de selección de sismos a partir del catálogo general de Colombia, no se delimitó el área con el mencionado círculo sino con un cuadrado de 400 km de lado que incluyera el círculo de 200 km de radio. Esto implica la inclusión de algunos kilómetros extras en las esquinas del cuadrado, pero favoreciendo de todos modos la confiabilidad del estudio. En definitiva se tomó como área de influencia la comprendida dentro del cuadrángulo delimitado por las coordenadas: (675 000E, 1 460 000N), (1 085 000E, 1 460 000N), (1 085 000E, 1 050 000N) y (675 000E, 1 050 000N).

Como fuente para la recopilación de la información sísmica para el área de influencia delimitada, se dispuso del catálogo sísmico de Ingeominas que contiene datos sobre todos los temblores ocurridos en el país y en su vecindad desde el año 1759.

Este catálogo contiene datos hasta septiembre de 1996 y fue el utilizado para el estudio de amenaza sísmica, adelantado por Ingetec durante la etapa de actualización de factibilidad técnica del proyecto.

Una de las razones para revisar el estudio sismológico de factibilidad del proyecto, fue incorporar en la evaluación de amenaza sísmica, los sismos ocurridos con posterioridad a septiembre 8 de 1996, fecha hasta la cual se había incluido información en el trabajo mencionado. Con este propósito, se indagó en Ingeominas acerca de la disponibilidad de datos sísmicos lo más actualizados posibles, para la región, adquiriéndose finalmente el Catálogo de la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC), en formato digital (Véase Anexo 1).

El citado catálogo contiene la información de los sismos ocurridos en el territorio nacional y en su vecindad, y registrados por la red, desde el 01 de junio de 1993 (fecha en la cual comenzó a operar la RSNC) hasta el 27 de mayo de 2002.

Inicialmente se extractaron del catálogo de la RSNC los sismos con epicentro dentro del cuadrángulo definido como área de influencia del proyecto, conformando de esta manera un archivo digital de 526 eventos.

Se procedió entonces a la evaluación de la información contenida en el archivo digital y a su comparación con el catálogo del estudio de factibilidad.

Ya que se tenía un período de cubrimiento en el tiempo, común en los dos catálogos (junio 01 de 1993 a septiembre 8 de 1996), se consideró importante verificar si los datos para ese período coincidían en los dos catálogos.

La conclusión inmediata y más evidente, fue que el nuevo catálogo incluía muchos más eventos que el catálogo antiguo, para el período comparado, más aún, sólo para el período en mención, el nuevo catálogo equivalía en tamaño casi al 90% del tamaño del catálogo total antiguo.

Al tomar como base de comparación los eventos de mayor magnitud, se observó que varios de los contenidos en el catálogo obtenido a partir del de la RSNC, no aparecían en el catálogo antiguo. Se notó además, que en los casos en los cuales había coincidencia, la magnitud en el nuevo catálogo era algo mayor que la del catálogo de factibilidad.

Con base en lo observado como resultado de la comparación de los catálogos, se decidió que, además de completar el catálogo antiguo con la información posterior a septiembre 08 de 1996, disponible en el catálogo nuevo, se reemplazaría la información del catálogo antiguo, del período junio 01 de 1993 a septiembre 08 de 1996, por la del nuevo catálogo.

Es importante aclarar que la sustitución de los datos para el período mencionado, no se hizo solamente porque el nuevo catálogo contuviera más datos, pues ésto no implica que éste fuera de mejor calidad, sino procurando que el catálogo del proyecto fuera más homogéneo en el tiempo y considerando que la información registrada por la RSNC es de muy buena confiabilidad.

Luego de ensamblar la información sismológica se obtuvo un catálogo de 1826 eventos para el proyecto, el cual cubre el período enero de 1759 a mayo 23 de 2002 y cuyo listado se presenta en el Anexo 2.

Para cada uno de los sismos del catálogo se incluye la siguiente información:

- Número consecutivo del evento dentro del catálogo.
- Fecha de ocurrencia del sismo (Año, Mes, Día)

- Coordenadas geográficas epicentrales del sismo (latitud, longitud).
- Coordenadas planas epicentrales del sismo (X, Y)
- Profundidad del foco en kilómetros.
- Magnitud Ms del sismo.
- Distancia hipocentral del sismo (con respecto al sitio de presa del proyecto).

En la Figura 3.2 se muestra la localización de los epicentros en la zona de influencia del proyecto. Para tener una noción de la distribución de las profundidades focales se adoptó una convención para los hipocentros, tal como se indica en el gráfico.

3.3 FUENTES SÍSMICAS

Los estudios precedentes del proyecto Porce III y la bibliografía consultada para la etapa de diseño, indican que las fuentes sísmicas importantes son las siguientes:

- Zona de subducción Nazca - Sudamérica, que abarca la zona de interacción entre estas dos placas, cuyo límite occidental es la llamada fosa oceánica, localizada aproximadamente 320 km al occidente del sitio del proyecto Porce III, en el Océano Pacífico, y que se extiende bajo el continente suramericano, pasando bajo el sitio de presa presumiblemente a una profundidad cercana a 90 km.

  Esta zona se denomina con mayor propiedad, zona de Benioff. Al mecanismo de subducción está asociada la mayoría de la actividad sísmica que afecta a Sudamérica.

- Zona de Falla Romeral. Este conjunto de fallas se extiende al occidente del proyecto y su trazo más cercano está localizado a unos 60 km del sitio de presa. Su actividad tectónica es reconocida en muchos estudios. Esta fuente agrupa numerosas fallas con nombres locales pero por brevedad, se denominará en adelante Falla de Romeral.

- Falla Espíritu Santo. Esta falla se encuentra ubicada a una distancia de 50 km del proyecto, en dirección noroeste. Por su reconocida actividad tectónica se incluirá en el estudio de amenaza como fuente sísmica potencial.

- Falla Palestina. Su trazo más cercano pasa a una distancia de 60 km al oriente del sitio de presa del proyecto. Existe polémica acerca de su actividad tectónica pero por ser una falla regional, que afecta una amplia zona del norte de Colombia, se incluye como fuente potencial en la evaluación de amenaza sísmica.

- Falla Salinas. Esta falla regional tiene una dirección predominante sureste - noreste y pasa a una distancia de 160 km al sureste del proyecto. A pesar de estar distante del sitio de Porce III, se considera como una fuente sísmica potencial, teniendo en cuenta la gran concentración de epicentros que se presenta al sureste del proyecto en proximidad de esta falla.

  La localización de estas fuentes sísmicas se muestra en la Figura 3.2.

- Fallas locales. En el informe de evaluación de amenaza sísmica de la etapa de diseño del proyecto Nechí (Integral-Sedic, 1998), se menciona la presencia de varias falla locales como: Tenche, Nechí, Santa Gertrudis y Pasto. Se trata de fallas cortas, algunas de ellas con indicios de actividad, pero la de Santa Gertrudis merece atención especial ya que su trazo pasaría cerca del sitio de presa del proyecto Porce III. En atención a ésto se llevó a cabo una revisión bibliográfica y de campo para verificar si la falla presentaba actividad

reciente, caso en el cual debería incluirse en la evaluación de amenaza sísmica como sismofuente.

- Falla Santa Gertrudis. Es una estructura local que en su trazo norte afecta rocas paleozoicas y cretáceas, en especial a la cuarzodiorita del stock de La Plancha, en este sector la falla tiene dirección norte - sur, su plano es vertical y su bloque oriental aparentemente descendió con respecto al bloque occidental.

  Esta falla fue reconocida por Ingeominas (1970) a unos 35 km al norte del sitio de presa de Porce III, en este sector la falla tiene unos 18 km de longitud, con dirección norte - sur, cruza el río Nechí y afecta esquistos del Paleozoico. Al sur del cruce con este río, a unos 20 km al norte de Anorí, la falla toma una dirección hacia el oeste, controlando parte del cauce de la quebrada Trinidad, afluente del río Nechí. En este sector la falla se prolonga a lo largo de unos 15 km, poniendo en contacto esquistos del Paleozoico con rocas del stock de La Plancha; más al oeste de la falla afecta un complejo de rocas sedimentarias cretáceas de la formación La Soledad y rocas ígneas de la misma edad, poniéndolas en contacto fallado con el stock de La Plancha de edad cretáceo.

  En esta zona afectada del cretáceo, se desprenden varias fallas con dirección hacia el sur, una de estas es la falla de San Lorenzo que se prolonga hacia el sur aproximadamente 25 km atravesando la cola del embalse Porce III, en el sector del Plan de Pérez. Esta falla pasa a unos 6,0 km al oeste del sitio de presa de Porce III.

  Ingetec (1983) en los estudios para el proyecto Nechí, considera la falla de San Lorenzo como una falla satélite de la falla Santa Gertrudis.

  En los reconocimientos geológicos realizados para el proyecto Porce III, a lo largo de la vía a Anorí, no se observaron zonas de fallamiento regional, ni tampoco se identificaron depósitos cuaternarios afectados por actividad de la falla San Lorenzo en el sector del embalse de Porce III.

  Teniendo en cuenta los estudios realizados por Ingeominas (1970) e Ingetec S.A. (1983), la falla Santa Gertrudis no se prolonga hacia el sur del municipio de Anorí, a lo largo de los esquistos del Paleozoico. Sin embargo la falla satélite de San Lorenzo, se prolonga hacia el sur, pasando a unos 6,0 km al oeste del sitio de presa Porce III. Esta falla en su sector norte, afecta rocas sedimentarias de la Formación La Soledad. En el área del embalse de Porce III, pone en contacto rocas del Cretáceo del Batolito Antioqueño con esquistos del Paleozoico.

  Ni la falla Santa Gertrudis ni sus fallas satélites presentan evidencias de actividad tectónica reciente, por lo cual no se incluyeron como fuentes sismogénicas.

3.3.1 Parámetros geométricos y sismológicos de las fuentes sísmicas

Para proceder a la aplicación del modelo probabilístico se requiere caracterizar geométrica y sismológicamente cada una de las fuentes sísmicas que afectan el proyecto.

La caracterización geométrica de una fuente sísmica consiste en definir su forma y tamaño. En el caso de las fallas geológicas, la caracterización geométrica consiste en definir la longitud de la falla, el buzamiento y profundidad del plano de falla y la localización de la falla con respecto al sitio en estudio.

La caracterización sismológica consiste en definir: la magnitud máxima del sismo que puede generar la fuente sísmica y la distribución frecuencial de las magnitudes de los sismos generados en la fuente.

Una vez definidas las fuentes sísmicas a incluir en el análisis de amenaza sísmica, se debe proceder al cálculo de sus parámetros sismológicos, ésto requiere disponer del catálogo de sismos originados en cada fuente.

Para la zona de Benioff existen algunos listados de sismos, pero para las demás fuentes seleccionadas en este estudio no existen catálogos.

La conformación del catálogo de sismos originados en una falla específica, implica fijar los criterios bajo los cuales se decidirá si un sismo en particular se asigna o no a una falla. Estos criterios pueden ser varios, pero el más práctico es el de proximidad entre el foco sísmico y el plano de la falla.

En sentido estricto, debería atribuirse un sismo a una falla geológica sólo si el foco sísmico respectivo está localizado sobre el plano de la falla. Sin embargo, hay dos limitaciones que deben tenerse en cuenta antes de aplicar el criterio de esta manera. En primer lugar el trazo de una falla en el terreno no es una línea, sino más bien una franja, que puede tener centenares de metros de ancho, inclusive a veces el trazo es incierto y por ello la línea que representa la falla en un plano es aproximada. En segundo lugar, la localización epicentral de cada sismo involucra un margen de error que puede llegar a ser de decenas de kilómetros, por lo cual sería más preciso representar el epicentro como un círculo de varios kilómetros de radio que como un punto.

En consideración a estos inconvenientes, aunque en FRISK las fallas se modelan como trazos rectilíneos, para el proceso de asignación de sismos a fallas, cada falla se representó como un corredor espacial delimitado por dos planos paralelos equidistantes del plano de la falla.

El proceso de asignación es realizado por el programa PAFSIS (Ingetec S.A., 1996). Este programa recibe como datos de entrada las coordenadas de los segmentos rectilíneos que definen el trazo de cada falla en planta, el ángulo de buzamiento de cada segmento, el ancho del corredor de asignación y el catálogo sísmico que contiene la localización de los sismos. El programa selecciona mediante criterios de proximidad de los sismos pertenecientes a cada falla.

Los parámetros utilizados en el proceso de asignación, se indican en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1 Parámetros de asignación de sismos

Fuente	Profundidad de asignación (km)	Ángulo de buzamiento	Ancho de corredor de asignación (km)
Falla Romeral	100	60°E	60
Falla Espíritu Santo	100	70°W	60
Falla Palestina	100	90°	60
Falla Salinas	100	90°	60
Zona de Benioff Regional	86	15°	60

Para la selección de los ángulos de buzamiento de las fallas se utilizó la información de la bibliografía (Ingeominas, 1999). En el caso de la falla Salinas, aunque la bibliografía indica un ángulo de buzamiento hacia el este, se tomó un ángulo de 90° ya que esta condición es más desfavorable para el proyecto, pues estando plano de la falla más cerca del sitio de presa, las aceleraciones causadas por los sismos originados en esta fuente son mayores.

La profundidad de asignación no debe interpretarse como la profundidad de cada falla, sino que debe entenderse como una distancia que tiene en cuenta el error en la localización vertical de los focos sísmicos (cuyo margen de incertidumbre es grande en el caso de Colombia).

Para la selección de los parámetros de la zona de Benioff se analizó la distribución en profundidad de los sismos de la zona de subducción. Teniendo en cuenta que la zona de subducción se extiende unos 320 km al occidente del sitio del proyecto, fuera de la zona de influencia definida en el numeral 3.2, se incluyeron para este análisis, adicionalmente, los sismos con epicentro entre los meridianos 77°W y 79°W. Con estos eventos y los del catálogo del proyecto se elaboró la sección 1 mostrada en la Figura 3.3.

La sección indica que los focos sísmicos localizados al occidente del proyecto y bajo el sitio mismo de Porce III, están concentrados en los primeros 100 km de profundidad. Este hecho tiene dos posibles interpretaciones. La primera es que hay actividad tectónica de las fallas geológicas existentes en la zona, originando los sismos superficiales. La segunda es que la subducción en la latitud del proyecto tiene un ángulo bajo, del orden de 15°, siendo en este caso, el mecanismo interplaca Nazca-Suramérica, el origen de la actividad sísmica superficial. Esta segunda interpretación coincide con los resultados obtenidos por Integral (1998) en la actualización del estudio sismológico de la presa Santa Rita (localizada 70 km al sur del proyecto Porce III y en situación similar con respecto a las fallas regionales Romeral, Palestina y Espíritu Santo), según los cuales la subducción aporta más del 90% de la aceleración máxima esperada en el sitio. En dicho estudio la subducción se analizó subdividiéndola en 15 fuentes individuales a cada una de las cuales le fue asignada una localización característica. La subfuente que resultó tener mayor contribución en la amenaza sísmica de la presa de Santa Rita fue la situada a una distancia de 68 km del sitio, lo cual implica un ángulo de subducción para ese sector, inferior a 15°.

Tratando siempre de seleccionar la condición más crítica, desde el punto de vista del proyecto Porce III, se analizó la sismicidad bajo los siguientes criterios:

- Se supuso un ángulo de inclinación de 15° para la superficie de Benioff, lo cual equivale a una distancia al sitio del proyecto de 83 km.

- Se supuso que la sismicidad superficial está asociada con las fallas Romeral, Espíritu Santo, Palestina o Salinas, con base en el criterio de proximidad y en los espacios de asignación mencionados en el Cuadro 3.1. Se dio prelación a esta asignación ya que como se indica en el numeral 3.3, varias de las fallas están localizadas a distancias del sitio menores que los 83 km que separan a éste de la superficie de Benioff.

- Los focos sísmicos que por su localización no resultaron asignados a ninguna de las cuatro fallas, se asociaron con la zona de subducción, la cual para fines del estudio se subdividió en dos regiones. La primera, correspondiente a la zona alrededor de la cuña de 15° de inclinación y que se denominó zona de Benioff regional, delimitada como se indica en el Cuadro 3.1. La segunda, con inclinación variable, denominada subducción local, se considera el origen de la sismicidad no asociada a fallas ni a la subducción regional y se analizó como se explica más adelante.

En el Cuadro 3.2 se presentan los datos de las fuentes tipo falla consideradas en el estudio.

Mediante el programa PAFSIS se obtuvo la lista de sismos correspondientes a cada falla y a la zona de Benioff regional y un listado adicional de sismos no asignados. Los eventos no asignados son aquellos que por su localización tanto en planta como en profundidad, no quedan incluidos dentro de ninguno de los corredores de falla. Para estos sismos se hizo un estudio de distribución de focos en planta y en profundidad y se determinaron zonas de concentración de focos sísmicos

asignándole a cada uno de estos grupos unas coordenadas de localización características. Cada grupo se representó como una fuente sísmica, suponiendo una distribución uniforme de la sismicidad del grupo alrededor de su localización característica.

Cuadro 3.2 Datos de las fuentes sísmicas tipo falla.

Fuente	Distancia al sitio (km)	Grado de actividad	Desplaz. mm/año	Angulo de buzamiento	Profundidad (km)
Falla Romeral	60	Alto	1.0	60°E	27
Falla Espíritu Santo	50	Moderado	0.4	70°W	30
Falla Palestina	60	Bajo	0.1	90°	30
Falla Salinas	160	Bajo	0.1	90°	30
Zona de Benioff Regional	83	Muy Alto	80.0	15°	86

Mediante el programa PAFSIS se obtuvo la lista de sismos correspondientes a cada falla y a la zona de Benioff regional y un listado adicional de sismos no asignados. Los eventos no asignados son aquellos que por su localización tanto en planta como en profundidad, no quedan incluidos dentro de ninguno de los corredores de falla. Para estos sismos se hizo un estudio de distribución de focos en planta y en profundidad y se determinaron zonas de concentración de focos sísmicos asignándole a cada uno de estos grupos unas coordenadas de localización características. Cada grupo se representó como una fuente sísmica, suponiendo una distribución uniforme de la sismicidad del grupo alrededor de su localización característica.

Esta idealización corresponde a lo que en el modelo de análisis de FRISK se denomina una fuente tipo área. En el Cuadro 3.3 se indican las localizaciones características de estas fuentes sísmicas.

A partir del catálogo sísmico de cada fuente se procede al cálculo de los respectivos parámetros sismológicos (frecuencia sísmica, pendiente β). Este trabajo es realizado mediante el programa PARMSIS (Ingetec S.A., 1996). Es importante anotar que para este cálculo sólo se tomaron en consideración los datos instrumentales (sismos ocurridos a partir del año 1923).

En las Figuras 3.4 a 3.14 se muestran las líneas de recurrencia de magnitudes obtenidas para cada una de las fuentes sísmicas.

En el Cuadro 3.4 se resumen los parámetros sismológicos de las fuentes sísmicas consideradas para el análisis de amenaza.

Cuadro 3.3: Localización de fuentes sísmicas de tipo área.

Fuente	Distancia al sitio (km)	Profundidad (km)
FA-1	100	120
FA-2	180	190
FA-3	90	170
FA-4	60	50
FA-5	130	40
FA-6	150	30

3.3.2 Ecuaciones de atenuación

Las dificultades para utilizar alguna de las muchas ecuaciones de atenuación disponibles, ya fueron expuestas en el Informe de Actualización de Factibilidad del proyecto presentado en 1998 por el consorcio Ingetec S.A. - Hidramsa - CCC.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el estudio citado, se decidió utilizar las ecuaciones de atenuación de Donovan y McGuirre. También se aplicó la ecuación de Boore (1997), ya que ésta fue utilizada en el estudio sismológico del proyecto Nechí (1998), en el de la presa Santa Rita (1998) y en la microzonificación sísmica de Medellín (1999). Para la zona de subducción se utilizaron las relaciones de atenuación de Youngs (1997).

Cuando se estaba a punto de finalizar el presente trabajo, se tuvo acceso al informe de "Estimación de la Amenaza Sísmica de Medellín" (2000). Este estudio fue realizado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) para la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) y propone dos conjuntos de curvas de atenuación obtenidas a partir de datos de la Red Sismológica Nacional de Colombia: Un primer conjunto de curvas aplicables a zonas de falla y un segundo conjunto, aplicable a zonas de subducción.

Se decidió entonces hacer análisis de amenaza sísmica adicionales utilizando estas relaciones de atenuación.

Es importante comentar que la teoría del campo cercano no tiene implicaciones en el caso del proyecto Porce III, dado que las obras más importantes no estarán localizadas sobre ninguna falla activa o potencialmente activa.

3.3.3 Longitud de ruptura

El modelo de línea - fuente requiere una expresión para calcular la longitud del segmento de falla que se activa o "rompe" cuando ocurre un sismo sobre una falla. Con base en el estudio de muchos terremotos pasados se ha observado que existe una relación directa entre el tamaño de un sismo y la longitud de la ruptura de falla correspondiente. Wells y Coppersmith (1994) realizaron regresiones utilizando los datos de 216 terremotos históricos y obtuvieron la expresión:

$$\text{Log } L_R = -3{,}22 + 0{,}69\ M$$

en la cual L_R es la longitud de ruptura de falla en kilómetros y M es la magnitud de momento del sismo.

Para aplicar la ecuación anterior se requiere expresar la magnitud en la escala de momento. Aunque existen relaciones para calcular con exactitud la magnitud de momento correspondiente a un valor dado de magnitud en la escala Ms, en el presente estudio no se consideró necesario utilizarlas teniendo en cuenta las observaciones de Wells y Coppersmith (1994). En efecto, estos autores afirman que no encontraron diferencias apreciables entre Ms y M en el rango de magnitudes comprendido entre 5,7 y 8,0 que es el rango de magnitudes para los sismos con importancia en las obras de ingeniería.

En conclusión, para relacionar la longitud de ruptura de falla con la magnitud Ms se utilizó la expresión:

$$\text{Log } L_R = -3{,}22 + 0{,}69\ Ms$$

3.3.4 Magnitudes máximas

Antes de proceder a estimar las magnitudes de los eventos máximos originados en las fuentes sísmicas del proyecto, es necesario precisar el concepto de terremoto máximo. El terremoto máximo se define como el sismo de mayor magnitud que puede originarse en una fuente sísmica, bajo el comportamiento tectónico actual o previsto para la región. Esta definición implica que el terremoto máximo no tiene asociado un período de retorno, o dicho de otro modo, su probabilidad de excedencia es nula. La definición anterior coincide con el concepto de "terremoto máximo creíble" o MCE utilizado por la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD) y utilizado más recientemente por el United States Commitee On Large Dams (USCOLD, 1999).

Yeats et al. (1997) propone tres métodos para determinar la magnitud máxima de los terremotos que ocurren en una fuente sísmica.

El primer método se basa en el registro histórico e instrumental de terremotos ocurridos en la región bajo consideración o en otras regiones con sismotectónica similar.

El segundo método se basa en los parámetros físicos de la fuente sismogénica, particularmente en la longitud de la falla.

El tercer método consiste en utilizar la evidencia paleosísmica para determinar el tamaño de los desplazamientos de eventos sísmicos prehistóricos correlacionándolos con la magnitud de eventos recientes.

En regiones con un registro histórico de terremotos extenso, tales como algunas partes de China, el registro histórico es invaluable para la estimación de magnitudes máximas. El hecho de que se tenga evidencia de la ocurrencia de terremotos históricos con magnitud 8 sobre una falla es de gran importancia en la estimación de magnitudes máximas sobre ésta y otros segmentos de la falla. Aunque ninguno de estos eventos haya ocurrido durante los pasados 200 años, es claro que deben ser considerados en la asignación de terremotos máximos para la región afectada por la falla, en el futuro. Estos eventos también proporcionan valores de referencia para las evaluaciones de sismicidad de áreas tectónicamente similares, pero con registro histórico más corto.

En algunos casos, para evaluar la sismicidad de un área se toma en consideración la sismicidad de áreas adyacentes localizadas dentro de lo que se denomina la misma provincia tectónica, en este caso las áreas con características sísmicas y tectónicas similares son tratadas como unidades en los análisis de amenaza sísmica.

Una práctica común para obtener un estimativo de magnitud máxima para una región con un registro sísmico corto, ha sido la de adicionar media unidad de magnitud al mayor sismo conocido ocurrido en la región. Esta es una aproximación generalmente conservativa, aunque sin una base lógica real.

La longitud de falla es probablemente el parámetro más utilizado para la estimación de la magnitud máxima de terremotos. Si existe evidencia geológica suficiente para estimar la longitud de ruptura de una falla que probablemente originará un sismo, es posible comparar la longitud de ruptura prevista con la observada durante terremotos históricos con el fin de estimar el nivel de magnitud asociado. Varios autores han obtenido relaciones mediante regresión utilizando datos de sismos ocurridos en diferentes lugares del mundo (Wells y Coppersmith, 1994).

No siempre es fácil delimitar sobre el terreno la longitud de ruptura asociada con un terremoto luego de ocurrido éste, pero es todavía más difícil estimar por anticipado la longitud de ruptura que estará asociada con el sismo máximo que se cree ocurrirá sobre una falla dada (Yeats et al, 1997).

Un método adicional para establecer la magnitud máxima es la extrapolación de la curva de recurrencia de magnitudes de Richter. Sin embargo, como anota Yeats (1997), si la muestra de datos no incluye al menos dos eventos de gran magnitud, no se puede suponer que ésta sea estadísticamente significativa para un período suficientemente extenso.

Pero, según el mismo autor, es importante notar que el sólo hecho de tener datos suficientes para trazar una línea recta entre ellos, no garantiza que la línea refleje precisamente la tasa de ocurrencia de los eventos máximos.

Por otra parte, el terremoto máximo estimado con base en una curva de recurrencia, tendría asociado un período de retorno, lo cual contradice la definición del terremoto máximo.

Una aproximación diferente a la estimación del evento máximo es la propuesta por Lomnitz (1979). el método propuesto por este autor es netamente empírico y se basa en la línea de recurrencia de magnitudes. Consiste en suponer un valor de magnitud máxima y representar gráficamente, en escala logarítmica, los pares de eventos con magnitud mayor o igual a M, denominado N(M), y el valor de Mmáx-M. Diferentes valores de Mmax son utilizados, y el valor determinado como magnitud máxima es el correspondiente a la línea que muestre el tramo recto más extenso. En la Figura 3.15 se muestra la aplicación del método para la falla Romeral. Se observa que la línea construida con Mmax = 7,0 presenta una apariencia más rectilínea, en su porción derecha que las correspondientes a 5,5 y 6,0 y por lo tanto el valor de la magnitud máxima se tomaría como 7,0. Sin embargo, alguien podría anotar que la línea correspondiente a 7,5 parece aún más recta, por lo cual debería tomarse 7,5 como magnitud máxima en vez de 7,0, o construir gráficas para magnitudes aún mayores ya que es previsible que sean aún más rectilíneas. Esto indica que el método tampoco es concluyente y que su aplicación requiere criterio para decidir hasta donde es “razonable” aumentar Mmax. En las Figuras 3.16 a 3.19 se muestran las gráficas para las demás fuentes sísmicas.

Los conceptos antes expuestos se tuvieron en cuenta para la determinación de las magnitudes máximas de las fuentes sísmicas que afectan el proyecto Porce III.

En el Cuadro 3.5 se presentan los valores de magnitud máxima para cada una de las fuentes sísmicas, determinados siguiendo los métodos descritos.

La segunda columna de la tabla indica la longitud estimada de falla. La tercera columna muestra la longitud de ruptura correspondiente al terremoto máximo, estimada como un porcentaje de la longitud total de la falla, conforme a lo propuesto por Schwartz (1984).

En la cuarta columna se indica la magnitud máxima estimada con base en el registro de sismos y en el comportamiento tectónico de la región.

En la quinta columna se muestra el valor de magnitud máxima deducido con base en la longitud de ruptura estimada para el evento máximo.

Finalmente en la sexta columna se incluye el valor de magnitud máxima obtenido según la metodología de Lomnitz. Véanse las Figuras 3.15 a 3.19.

En el Cuadro 3.6 se resumen los valores de magnitud máxima asignados a cada una de las once fuentes en el análisis de amenaza sísmica.

3.4 CÁLCULO DE AMENAZA SÍSMICA

3.4.1 Método determinístico

Los posibles escenarios de amenaza sísmica para el proyecto son once, correspondientes a las diferentes fuentes sísmicas definidas. Cada escenario está representado por la ocurrencia de un sismo en una fuente, con el foco situado a la mínima distancia del sitio. En el Cuadro 3.7 se muestran los resultados del análisis determinístico aplicando las ecuaciones de atenuación de McGuire, Donovan, UNAM, Boore y Youngs. El cuadro indica que la máxima aceleración que puede ocurrir en el sitio del proyecto es 0,24g y es causada por un sismo originado en la zona de subducción regional. Este valor corresponde al movimiento con consecuencias más severas sobre las obras y representa para el proyecto Porce III el Controlling Maximum Credible Earthquake (CMCE) definido por USCOLD.

3.4.2 Método probabilístico

Para calcular la incidencia de cada una de las fuentes sísmicas en el riesgo del proyecto, se utilizó el programa de computador EZ-FRISK, desarrollado por Risk Engineering (1995).

El programa recibe en un archivo ASCII los siguientes datos:

- Localización del sitio para el cual se evalúa la amenaza sísmica.
- Descripción de las fuentes sísmicas (parámetros geométricos y sismológicos).
- Ecuación de atenuación y de longitud de ruptura de falla a aplicar.

Como resultado FRISK arroja, en forma tabular, las probabilidades anuales de excedencia para las diferentes aceleraciones en el sitio.

En la Figura 3.20 se muestran las curvas de recurrencia para la aceleración horizontal en el sitio de presa, obtenidas aplicando las ecuaciones de atenuación de Donovan, McGuirre, Boore-Youngs y las curvas de atenuación de UNAM.

En la Figura 3.21 se muestra la participación o contribución de las diferentes fuentes sísmicas en las aceleraciones del sitio del proyecto. Se observa en el gráfico que la fuente con mayor aporte a la amenaza sísmica es la zona de subducción regional.

3.4.3 Resultados

En las curvas de recurrencia de aceleraciones obtenidas (Figura 3.20), se observa que la ecuación de atenuación de McGuire produce valores de aceleración más altos que los correspondientes a las ecuaciones de atenuación de Donovan, Boore-Youngs y UNAM.

Las aceleraciones para un período de retorno de 1000 años, que es el mínimo recomendado para obras de la importancia de las del proyecto Porce III, están en el rango de 0,21g a 0,34g, correspondiendo el mínimo a la curva obtenida con base en la ecuación de atenuación de Donovan y el máximo a la curva obtenida con base en la ecuación de atenuación de McGuire. Las curvas correspondientes a las ecuaciones de Boore-Youngs y UNAM dan valores intermedios.

Sin embargo, antes de proceder a recomendar un valor de aceleración para el diseño de las obras del proyecto, se requiere verificar la validez de los resultados obtenidos en el análisis probabilístico, comparando las aceleraciones con las obtenidas mediante el análisis determinístico.

Aunque las curvas de probabilidad permiten obtener valores de aceleración para períodos de retorno de varios miles de años, los resultados del análisis determinístico indican que ninguna de las curvas de recurrencia tiene aplicabilidad para aceleraciones mayores que 0,24g.

De lo anterior se deriva como conclusión que tanto el MCE como el MDE están controlados por la aceleración determinística. No es usual evaluar el MDE mediante metodologías determinísticas, pero tampoco debe considerarse incorrecto, ya que es una práctica de uso común (e incluso obligatoria) en los proyectos de presas diseñadas para el territorio Oeste de Estados Unidos.

Al respecto el documento Guías Actualizadas para la Selección de Parámetros Sísmicos para Proyectos de Presas (USCOLD, 1999), anota que esta metodología ha conducido a grados desiguales de conservatismo, dependiendo del sitio de localización de las presas estudiadas. Según el mismo USCOLD, cuando se evalúa o diseña para el MDE, el movimiento del terreno para el cual son diseñadas las presas situadas a lo largo de la falla de San Andrés o de otras grandes fallas activas, resulta ser de apenas 200 o 300 años de período de retorno. En contraposición, las presas situadas en la cercanía de fallas mucho menos activas o con actividad incierta, pueden tener probabilidades anuales de excedencia de experimentar el MDE inferiores a 10^{-4} o 10^{-5} (10000 a 100000 años de período de retorno). En el caso del proyecto Porce III la probabilidad anual de excedencia para la aceleración de 0,24g está entre 0,005 y 0,0005 (200 y 2000 años de período de retorno), dependiendo de la curva de atenuación considerada.

Es importante recalcar que el resultado obtenido para el proyecto Porce III está basado en las dos metodologías (probabilística y determinística) y que el valor obtenido para el MCE mediante la metodología determinística es suficientemente seguro, ya que está deducido bajo el escenario sísmico más crítico para el sitio, como es el correspondiente a la ocurrencia de un sismo con la magnitud máxima creíble en la fuente sísmica más cercana (la zona de subducción).

Recientemente se han venido utilizando en las evaluaciones probabilísticas, los denominados árboles lógicos, los cuales son una manera de representar el proceso de decisión secuencial en los análisis complejos de amenaza sísmica, en los cuales cada decisión en la secuencia tiene un estimativo de probabilidad de ser correcta. Esta metodología permite involucrar en el análisis de amenaza las incertidumbres asociadas a aspectos como: tipo de ecuación de atenuación utilizada, magnitud máxima de las fuentes sísmicas y tasa de actividad de las fallas.

Los árboles lógicos requieren el aporte de expertos para calificar mediante valores de probabilidad adecuados la verosimilitud de ocurrencia de cada evento. Pero, como anota Yeats et al (1997), si los árboles lógicos se utilizan sin criterio y si no hay fundamento para asignar los valores de probabilidad requeridos, no sirven para nada.

En el caso del estudio sismológico de Porce III no se consideró conveniente aplicar la metodología de árboles lógicos, pues el punto de vista del Consorcio que lleva a cabo el diseño del proyecto y que ha realizado este estudio, es que con base en la información actualmente disponible para la región, no existe una base cierta que permita asignar probabilidades, como lo requiere esa metodología, ni a las magnitudes máximas de las fuentes sísmicas, ni a la tasa de actividad de las fallas.

De todos modos los resultados del análisis de amenaza se consideran confiables ya que están realizados teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Elegir siempre valores que estén del lado de la seguridad (en el caso de las magnitudes máximas de las fuentes y de las tasas de desplazamiento de las fallas), adoptando de todos

modos límites razonables (obtenidos por ejemplo mediante comparación con regiones sismotectónicamente similares) para no incurrir en sobrediseños.

- Analizar varios casos, para determinar límites máximos y mínimos de los resultados, tal como se hizo al elegir varias ecuaciones de atenuación.

- Siempre que fue posible, se tuvo en cuenta la incertidumbre asociada con cada variable en el análisis. Así se hizo con las diferentes ecuaciones de atenuación y con la ecuación de longitud de ruptura, para las cuales los respectivos autores dan medidas de dispersión que el programa FRISK permite incluir en el cálculo de amenaza sísmica.

3.4.4 Curva de Amenaza Sísmica

Los siguientes aspectos fueron considerados para la escogencia de una curva única de amenaza:

- La aplicación de varias ecuaciones de atenuación permite determinar límites máximos y mínimos en los resultados del análisis de amenaza sísmica.

- Todas las ecuaciones de atenuación utilizadas en el estudio tienen dispersión, ya que son el resultado de ajustes estadísticos y esta dispersión fue tenida en cuenta en la evaluación de amenaza.

- El uso de árboles probabilísticos para el manejo de la incertidumbre asociada con las relaciones de atenuación, o con las magnitudes máximas de las fuentes sísmicas, o con las tasas de actividad de las fallas, no se consideró conveniente en este estudio, ya que la información sismológica disponible actualmente para la región, no proporciona una base cierta que permita seleccionar valores de probabilidad para los diferentes parámetros incluidos en el análisis de amenaza sísmica, como lo requiere la metodología de los árboles probabilísticos.

Teniendo en cuanta los anteriores aspectos, la curva de amenaza sísmica recomendada es la desarrollada siguiendo las relaciones establecidas por McGuirre, ecuación que conduce a valores de aceleración más altos y por lo tanto más seguros desde el punto de vista del diseño del proyecto.

3.4.5 Aceleraciones correspondientes a los sismos de diseño.

3.4.5.1 Aceleración correspondiente al SBO

La aceleración pico correspondiente al Sismo Básico de Operación (SBO) ó OBE (Operating Basis Earthquake) puede leerse de la curva de amenaza sísmica (Fig. 3.21 del informe), para un período de retorno de 200 años (probabilidad anual de excedencia del 0.5 %). El valor obtenido de la curva es 0,25g. Sin embargo, como se anotó anteriormente, la curva de recurrencia de aceleraciones tiene un límite de aplicabilidad, establecido por el marco sismotectónico en el cual se localiza el proyecto. Dicho Límite corresponde a la máxima aceleración que puede ocurrir en el sitio, bajo el escenario más desfavorable, es decir dada la ocurrencia del Sismo Máximo Creíble (SMC) o MCE (Maximum Credible Earthquake). Este valor de aceleración máxima es precisamente el obtenido del análisis determinístico de amenaza sísmica, el cual resultó ser de 0,24g. Según la terminología del Comité Americano de Grandes Presas (USCOLD), este valor representa para el proyecto Porce III el Controlling Maximum Credible Earthquake (CMCE). En conclusión, la aceleración correspondiente al OBE es 0,24g.

3.4.5.2 Aceleración correspondiente al SMP

La aceleración correspondiente al Sismo Máximo Probable (SMP) ó MDE (Maximum Design Earthquake) puede leerse de la curva de amenaza sísmica, para un período de retorno de 1000 años (probabilidad anual de excedencia del 0.1 %). El valor obtenido de la curva es 0,34g el cual excede el límite de aplicabilidad de la curva de recurrencia de aceleraciones, por lo cual la aceleración propuesta para el SMP es 0,24g.

3.4.5.3 Aceleración correspondiente al SMC

El valor de la aceleración correspondiente al Sismo Máximo Creíble (SMC) ó MCE (Maximum Credible Earthquake) se obtiene, siguiendo las indicaciones del grupo de consultores, como el menor valor entre la aceleración determinística correspondiente al Controlling Maximum Credible Earthquake (CMCE) y la aceleración con período de retorno del orden de 2500 años, obtenida mediante un análisis probabilística. Entrando a la curva de amenaza sísmica, para un período de retorno de 2500 años (probabilidad anual de excedencia del 0.04 %), se obtiene una aceleración de 0,43g. Este valor es mayor que el correspondiente al CMCE y, por lo tanto, se propone una aceleración pico de 0,24g.

3.4.6 Sismicidad inducida por el embalse.

La respuesta sísmica del llenado de embalses grandes varía considerablemente de un embalse a otro debido a diversos factores entre los cuales se pueden mencionar la geología local y las condiciones de esfuerzos existentes en la zona del embalse.

La distribución contra el tiempo de la sismicidad inducida por el llenado de grandes embalses presenta dos tipos de respuesta. En algunos casos, los movimientos sísmicos se presentan inmediatamente se llena por primera vez el embalse. En otros casos, el incremento en la sismicidad solo se observa cuando se han completado varios ciclos de llenado.

Esta diferencia de respuesta corresponde a dos tipos diferentes de mecanismos de esfuerzos. El primer caso corresponde a una respuesta rápida y es un efecto directo del llenado al incrementar los esfuerzos elásticos de cortante. El segundo caso corresponde a una respuesta retardada del sistema y es debido al incremento en la presión de poros como respuesta al decremento en el esfuerzo normal efectivo. Este incremento de presión de poros puede estar ocasionado a su vez por la reducción del volumen de poros que se ocasiona al incrementar la deformación volumétrica o se presenta como resultado de la difusión de presiones (WCD 2000).

Como se mencionó en el capítulo anterior del informe, las fallas locales cercanas al sitio del proyecto, como la falla Santa Gertrudis se consideran inactivas de acuerdo con su actividad sísmica reciente. Estas fallas son las que pueden llegar a ser activadas por efecto del llenado del embalse. Debido a su inactividad sísmica reciente es difícil caracterizar completamente su comportamiento y de esta manera establecer con precisión los parámetros necesarios para establecer su incidencia específica en la amenaza sísmica del proyecto. Sin embargo de acuerdo con los reconocimientos geológicos realizados en la zona del proyecto y la información disponible de la red sismológica, no se espera que esta falla ni sus fallas satélites generen movimientos sísmicos de la dimensión esperada por las fallas Romeral o Espíritu Santo o de la zona de subducción.

Adicionalmente, existen pocos casos reportados en la literatura como ejemplos de sismicidad inducida por la presencia de un embalse. Los casos reportados en el documento de la WCD por Simpson (1998) corresponden a eventos con magnitudes entre 4.6 y 5.8 en la escala de Ritcher.

Las presas de Kariba en Zambia/Zimbawe y Aswan en Egipto generan embalses con volúmenes superiores a los 160 km3 y registraron sismos de magnitudes entre 5.7 y 5.8 en la escala de Ritcher. El embalse en Zambia presentó una respuesta rápida ya que el movimiento sísmico se presento durante el primer año de operación del embalse, mientras que el embalse en Egipto registró una respuesta tardía por cuanto el movimiento sísmico fue presenciado siete años después del primer llenado del embalse. Actividad sísmica en embalses de menor tamaño ha sido reportada para las presas de Nurek en Tajikistan, Koyna en India y Oroville en los Estados Unidos (USA). El tamaño de estos embalses se encuentra entre 10.4 y 2.8 km3. Las magnitudes de los eventos que se han reportado en estos embalses se encuentran entre 5.7 y 4.6, presentando respuestas al llenado tanto tardías (Koyna y Oroville) como rápidas (Nurek). El embalse propuesto para el proyecto de Porce III tendrá un volumen de 0.17 km3, valor que es considerablemente menor que los casos reportados. De lo anterior se puede inferir un menor incremento en los esfuerzos inducidos en la zona del embalse de la presa Porce III. El Cuadro 3.8 describe los ejemplos descritos de sismicidad inducida por la presencia del embalse.

Cuadro 3.8 Ejemplos de sismicidad inducida por la presencia de un embalse.

Presa [País]	**Altura [m]**	**Volumen [km^3]**	**Magnitud del Sismo (Escala Ritcher)**	**Años después del primer llenado**	**Tipo de Respuesta**
Nurek (Tajikistan)	315	10.4	4.6	1	Rapida
Oroville (USA)	235	4.3	5.7	7	Tardía
Kariba (Zambia-Zimbawe)	128	160	5.8	1	Rapida
Aswan (Egipto)	110	160	5.3	7	Tardía
Koyna (India)	103	2.8	5.5	5	Tardía

Tomado de: WCD (2000)

En conclusión, debido a la inactividad registrada en las fallas locales, su dimensión y el volumen del embalse, no se considerará un tipo específico de amenaza sísmica de las fallas locales inducida por la presencia del embalse y solamente se recomienda que durante la construcción y operación del embalse, muy especialmente durante los procesos de llenado y vaciado, se realice un programa detallado de instrumentación sísmica en la zona para detectar cualquier tipo actividad sísmica que se pueda presentar.

CUADROS

Fuente	Modelo de Recurrencia	Frecuencia Sísmica Eventos/año	Parámetro β
Falla Romeral	Característico	0,475	1,927
Falla Espíritu Santo	Característico	0,438	2,789
Falla Palestina	Característico	1,438	2,031
Falla Salinas	Característico	2,713	2,111
Zona de Benioff regional	Exponencial	9,388	1,245
FA-1	Exponencial	1,200	1,691
FA-2	Exponencial	3,325	2,657
FA-3	Exponencial	0,963	1,441
FA-4	Exponencial	0,788	1,459
FA-5	Exponencial	1,075	1,345
FA-6	Exponencial	4,350	1,783

FUENTE	Longitud (km)	Longitud de ruptura supuesta (km)	M max		
			(1)	(2)	(3)
Falla Romeral	400	50	7,0	7,3	7,0
Falla Espíritu Santo	300	40	6,0	7,1	7,0
Falla Palestina	400	25	6,0	6,9	6,5
Falla Salinas	300	30	6,5	7,0	7,0
Zona de Benioff regional	600	300	7,5	8,2	8,0

(1) Estimado con base en la evidencia histórica y en la sismicidad regional.

(2) Estimado con base en la longitud de ruptura, tomando el promedio obtenido mediante las ecuaciones:

$Ms = 4,15 + Log (L_R \times h)$, (Wiss, M., 1979)

$Ms = 0,809 + 1,341 Log L_R$, (Slemmons, D., 1977)

$Ms = 2,021 + 1,142 Log L_R$, (Slemmons, D., 1977)

$Ms = 1,404 + 1,169 Log L_R$, (Slemmons, D., 1977)

$Ms = 5,08 + 1,160 Log L_R$, (Wells, D., 1994)

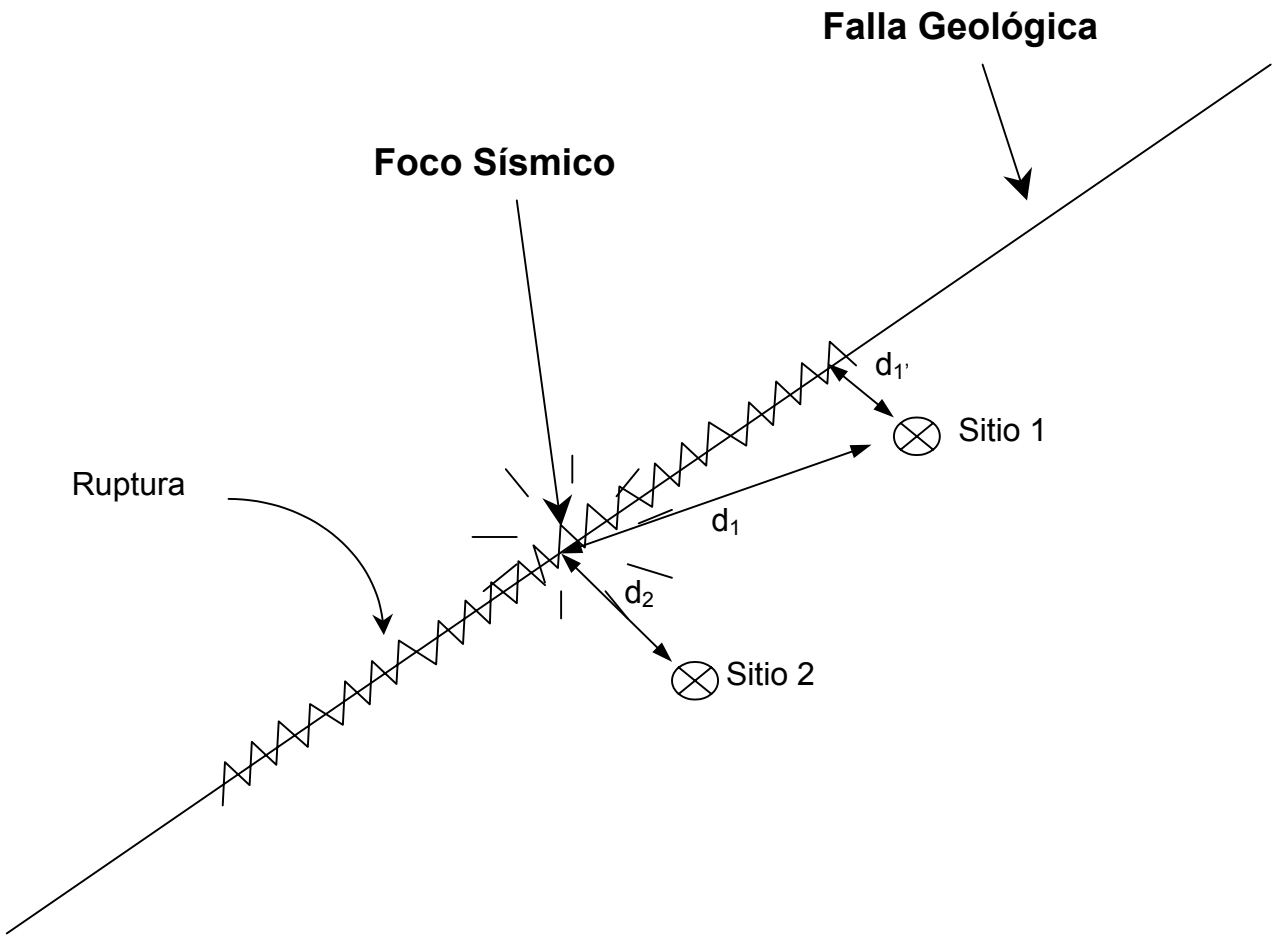
$Ms = 4,08 + 0,980 Log (L_R \times h)$, (Wells, D., 1994)

(3) Estimado mediante el método de Lomnitz

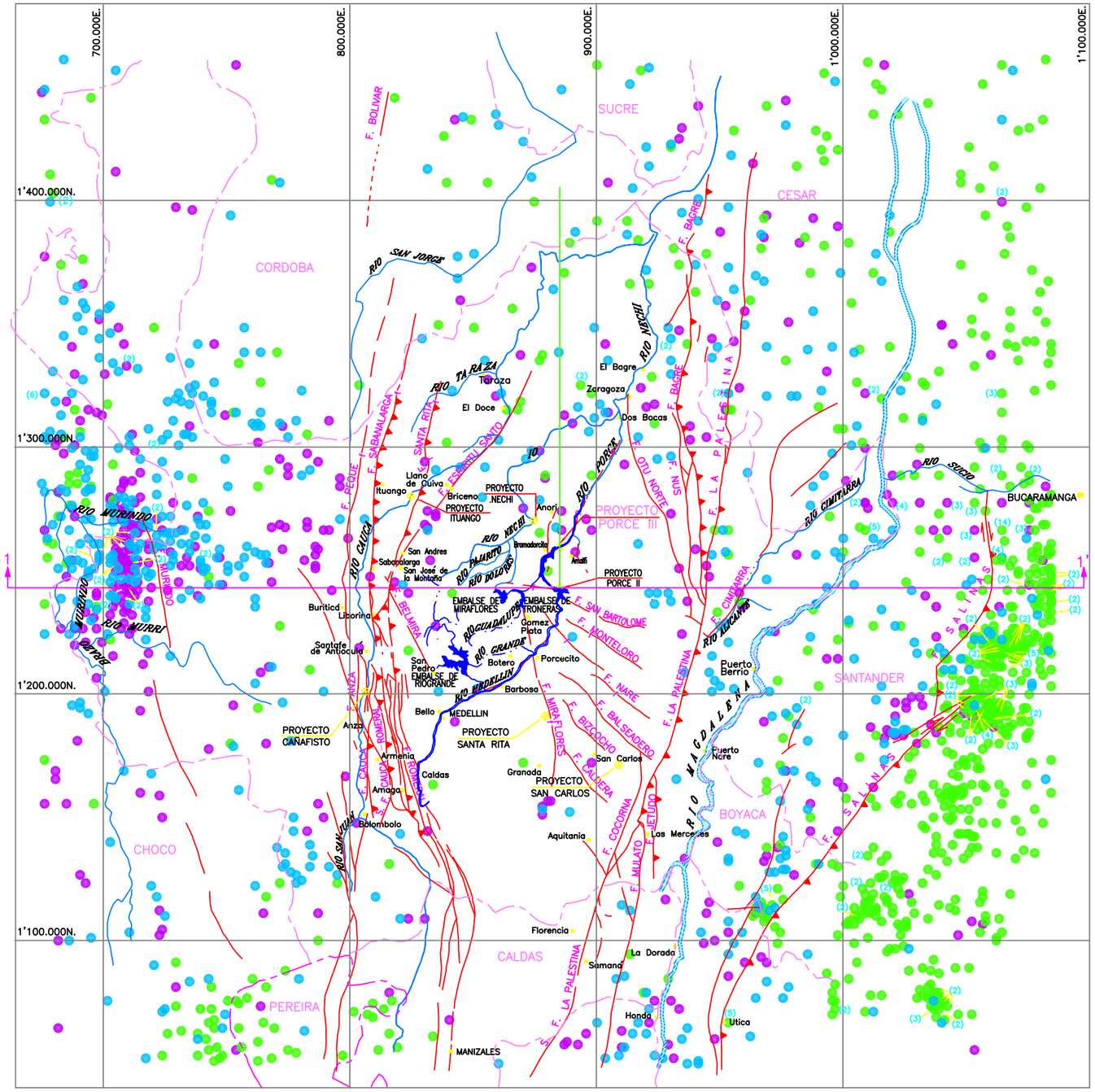
FUENTE	Mmáx
Falla Romeral	7.0
Falla Espíritu Santo	6.5
Falla Palestina	6.5
Falla Salinas	6.5
Zona de Benioff regional	8.0
FA-1	7.0
FA-2	7.0
FA-3	7.0
FA-4	7.0
FA-5	7.5
FA-6	7.0

				Acel, g				
Fuente	**Dist, km**	**Prof, km**	**Mmáx**	**McGuire**	**Donovan**	**UNAM**	**Boore, 1997**	**Youngs, 1997**
F. Romeral	60	27	7.0	0.13	0.09	0.07	0.097	No aplica
F. Esp. Santo	50	32	6.5	0.11	0.08	0.06	0.086	No aplica
F. Palestina	60	30	6.5	0.10	0.07	0.06	0.075	No aplica
F. Salinas	160	40	6.5	0.03	0.02	0.015	0.035	No aplica
Subducc regional	83	86	8.0	0.18	0.11	0.18	0.13	0.24
FA - 1 (subducc)	100	120	7.0	0.05	0.06	0.035	0.065	0.043
FA - 2 (subducc)	180	190	7.0	0.03	0.01	0.017	0.041	0.026
FA - 3 (subducc)	90	170	7.0	0.04	0.02	0.022	0.071	0.041
FA - 4 (subducc)	60	50	7.0	0.10	0.07	0.08	0.097	0.076
FA - 5 (subducc)	130	40	7.5	0.08	0.05	0.07	0.069	0.050
FA - 6 (subducc)	150	30	7.0	0.05	0.03	0.04	0.048	0.026

FIGURAS



Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.1 Hoja 1 de 1	**RUPTURA DE UNA FALLA GEOLÓGICA**	**REV. 0** **AGOSTO 16, 2002**



FUENTES SÍSMICAS

SIMBOLOS

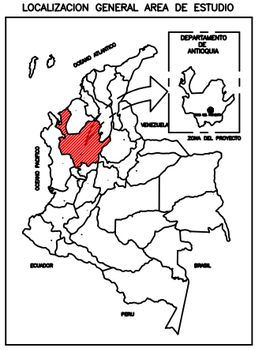
- Falla definida.
- Falla inversa.
- Falla de rumbo.
- Falla cubierta.
- Falla inferida o aproximada.
- Límite Departamental.
- Río.
- Embalse
- Población.
- Epicentro con profundidad desconocida.
- Epicentro con profundidad <= a 70 km.
- Epicentro con profundidad > a 70 km.
- (n) Epicentro que se repite n veces.

NOTA:

La sección 1–1' se muestra en la figura 3.3

0 10 20 30 40 50Km.

LOCALIZACION GENERAL AREA DE ESTUDIO



Empresas Públicas de Medellín E.S.P.
SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN
PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III

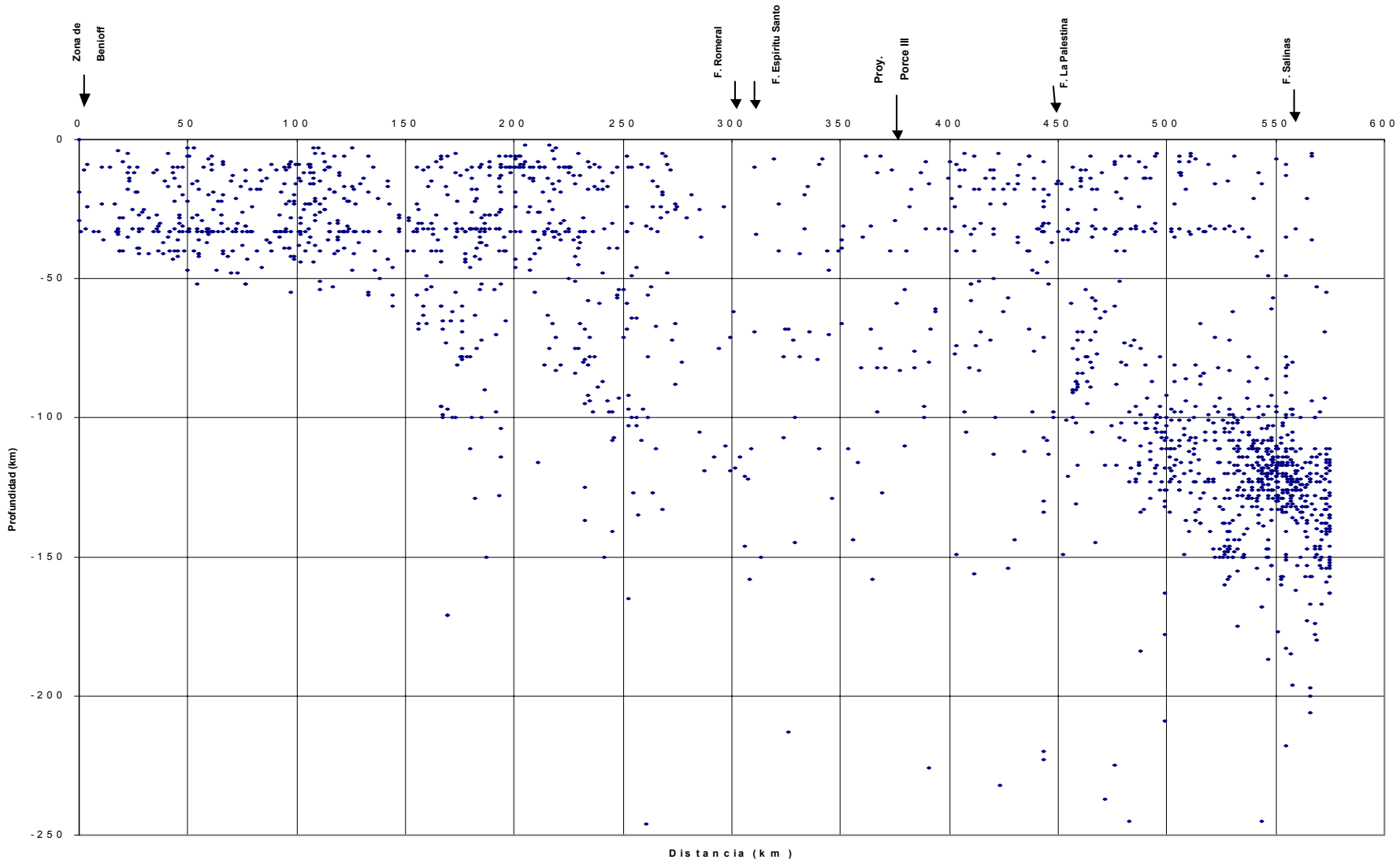
DISEÑOS DETALLADOS
PROYECTO HIDROELECTRICO PORCE III

CONSORCIO
INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES
KLOHN CRIPPEN

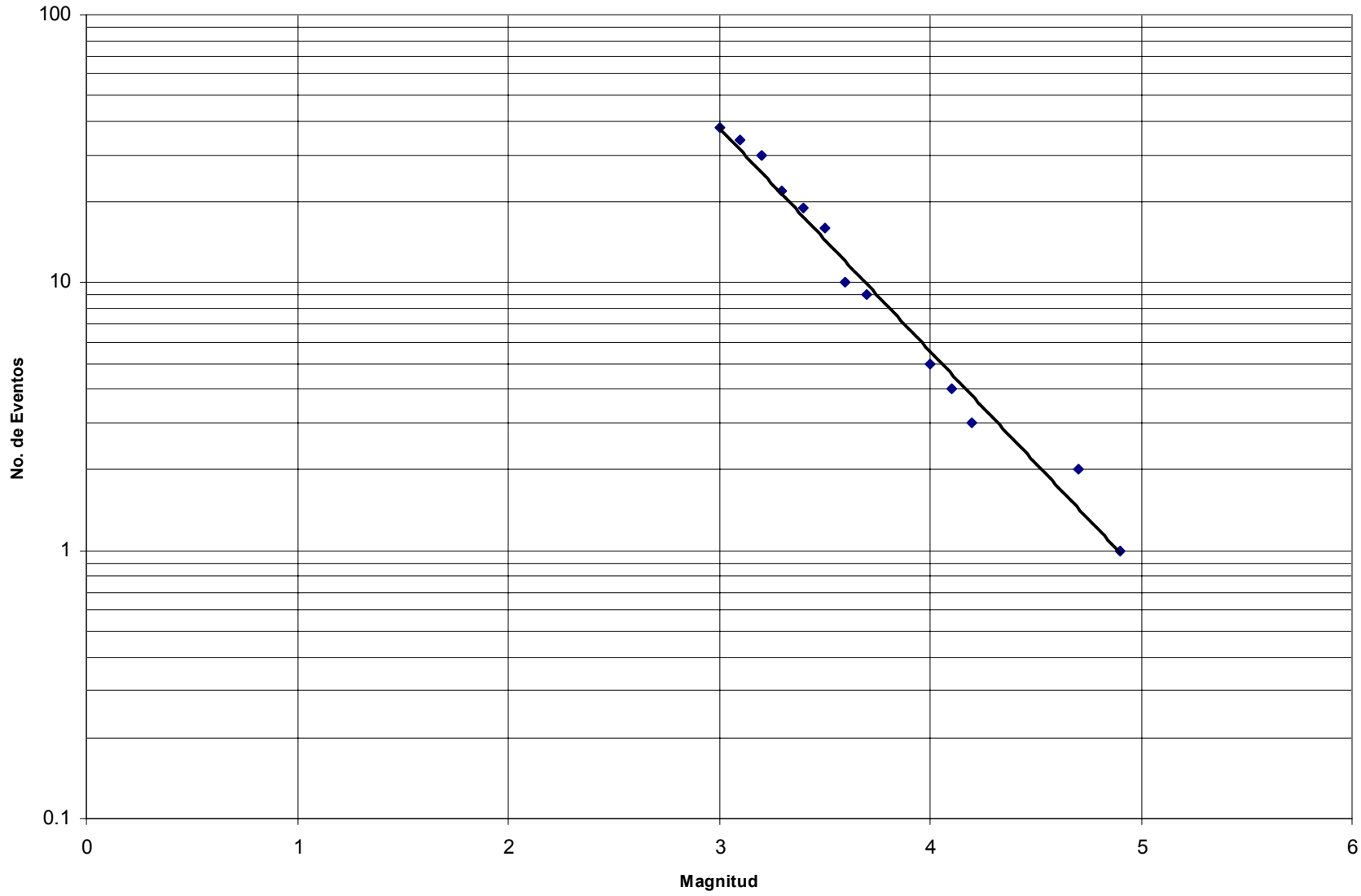
FIGURA 3.2
Hoja 1 de 1

SISMICIDAD Y TECTONICA DEL NOROCCIDENTE COLOMBIANO

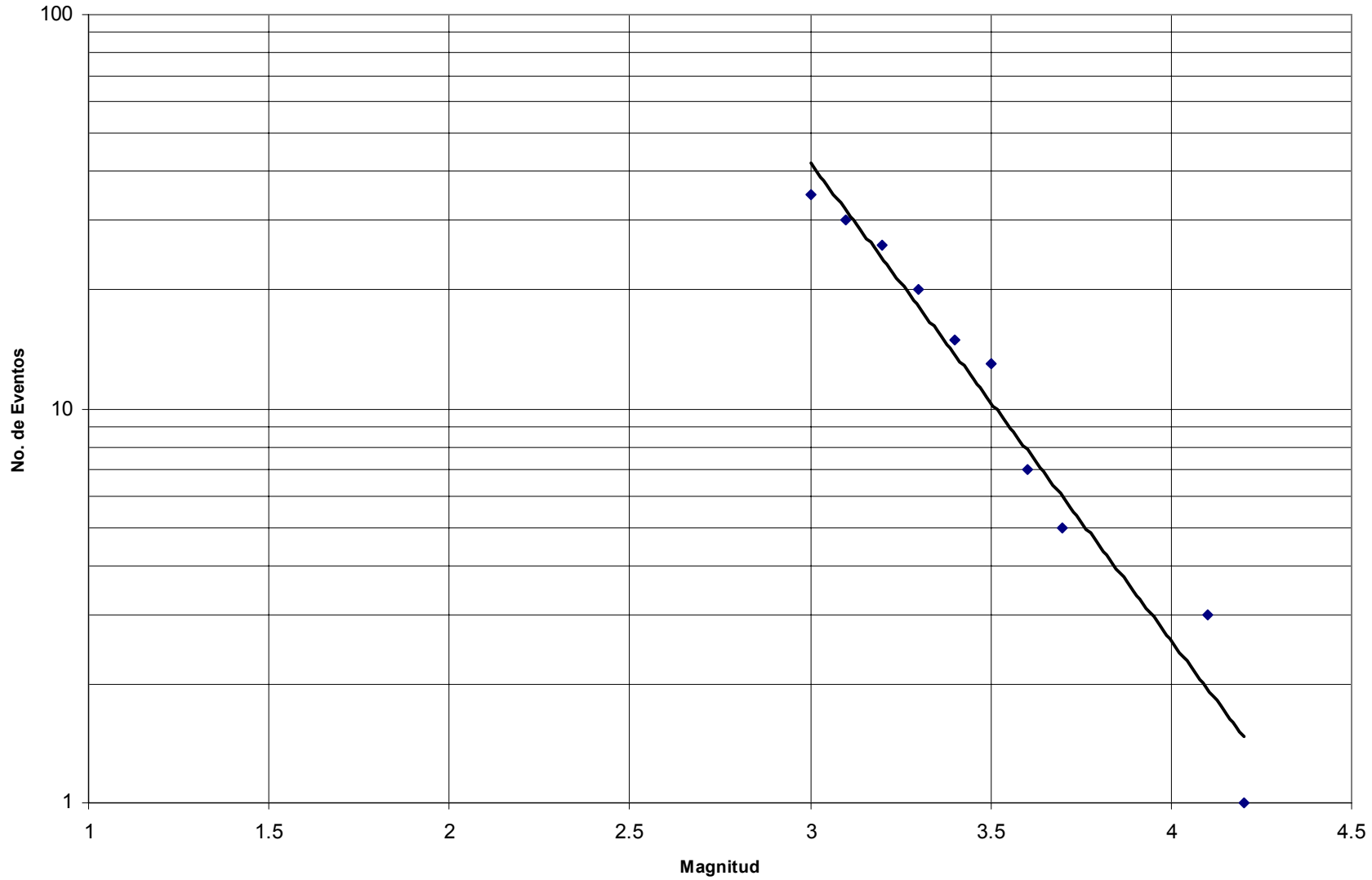
REV. 0
AGOSTO 16, 2002



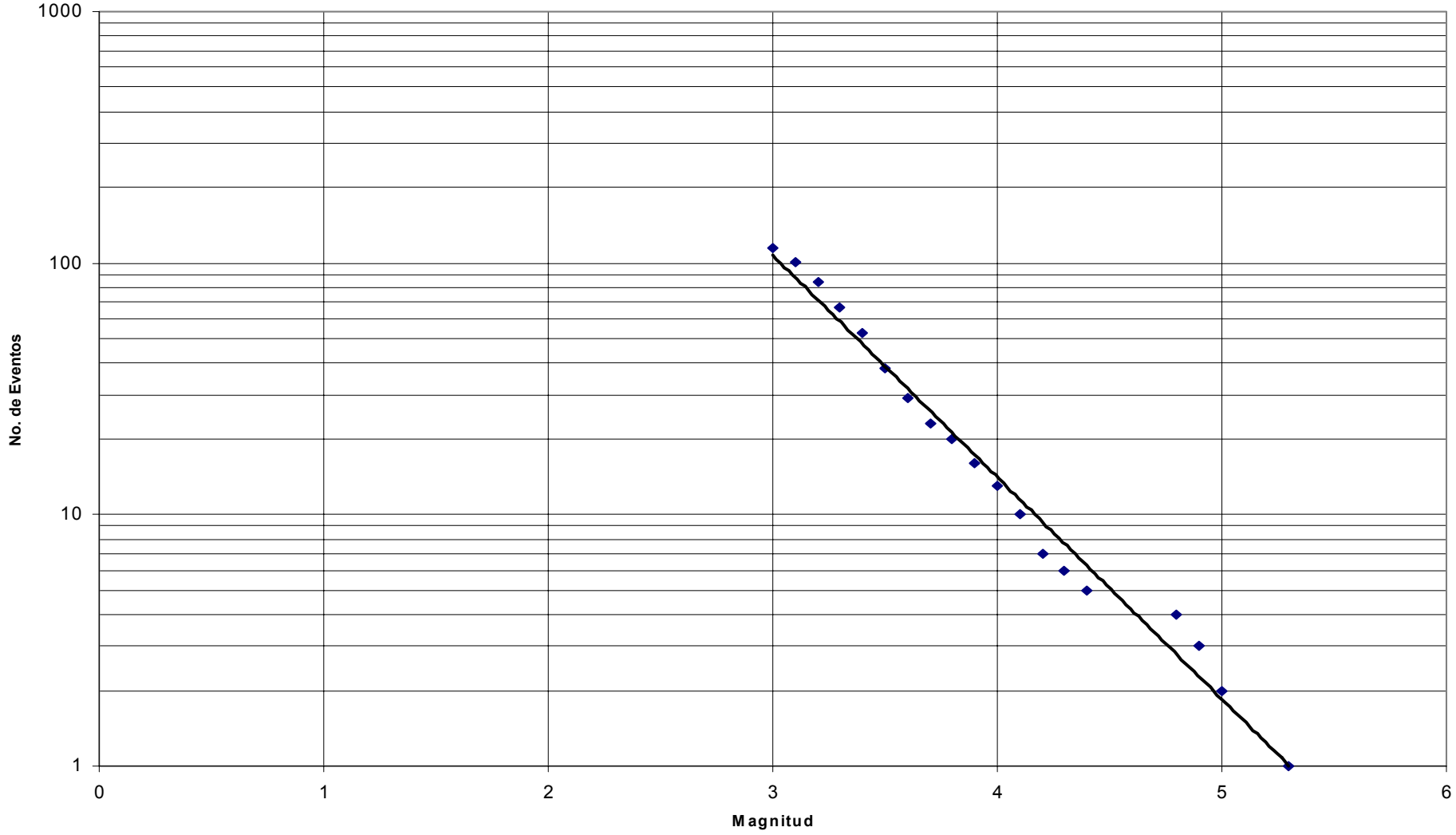
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 **DISEÑOS DETALLADOS** **PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III**	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.3 Hoja 1 de 1	**SECCIÓN 1 – 1'. DISTRIBUCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LOS SISMOS**	**REV. 0** **AGOSTO 16, 2002**



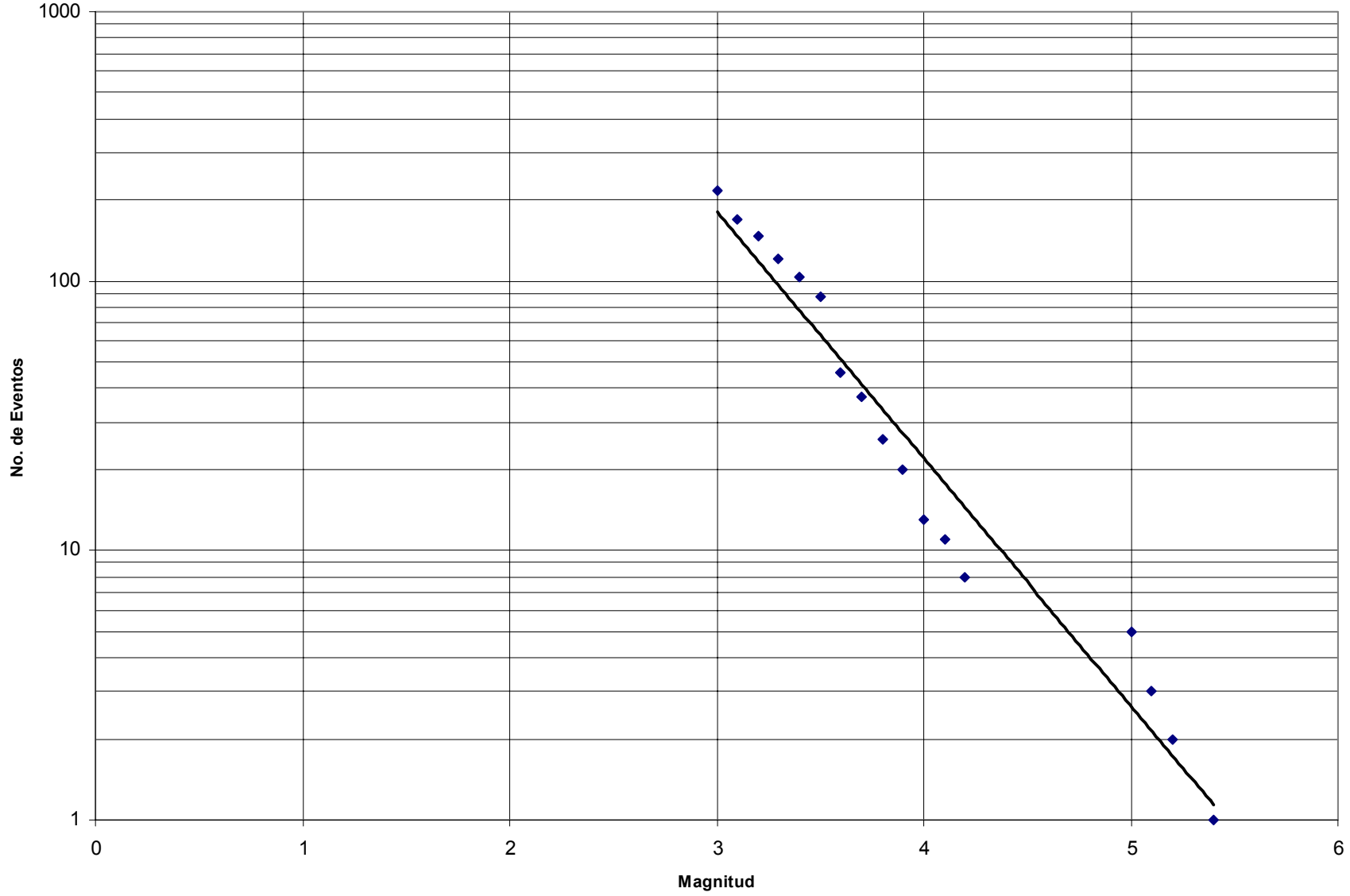
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 **DISEÑOS DETALLADOS** **PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III**	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.4 Hoja 1 de 1	**RECURRENCIA DE MAGNITUDES** **PARA LA FALLA ROMERAL**	**REV. 0** **AGOSTO 16, 2002**



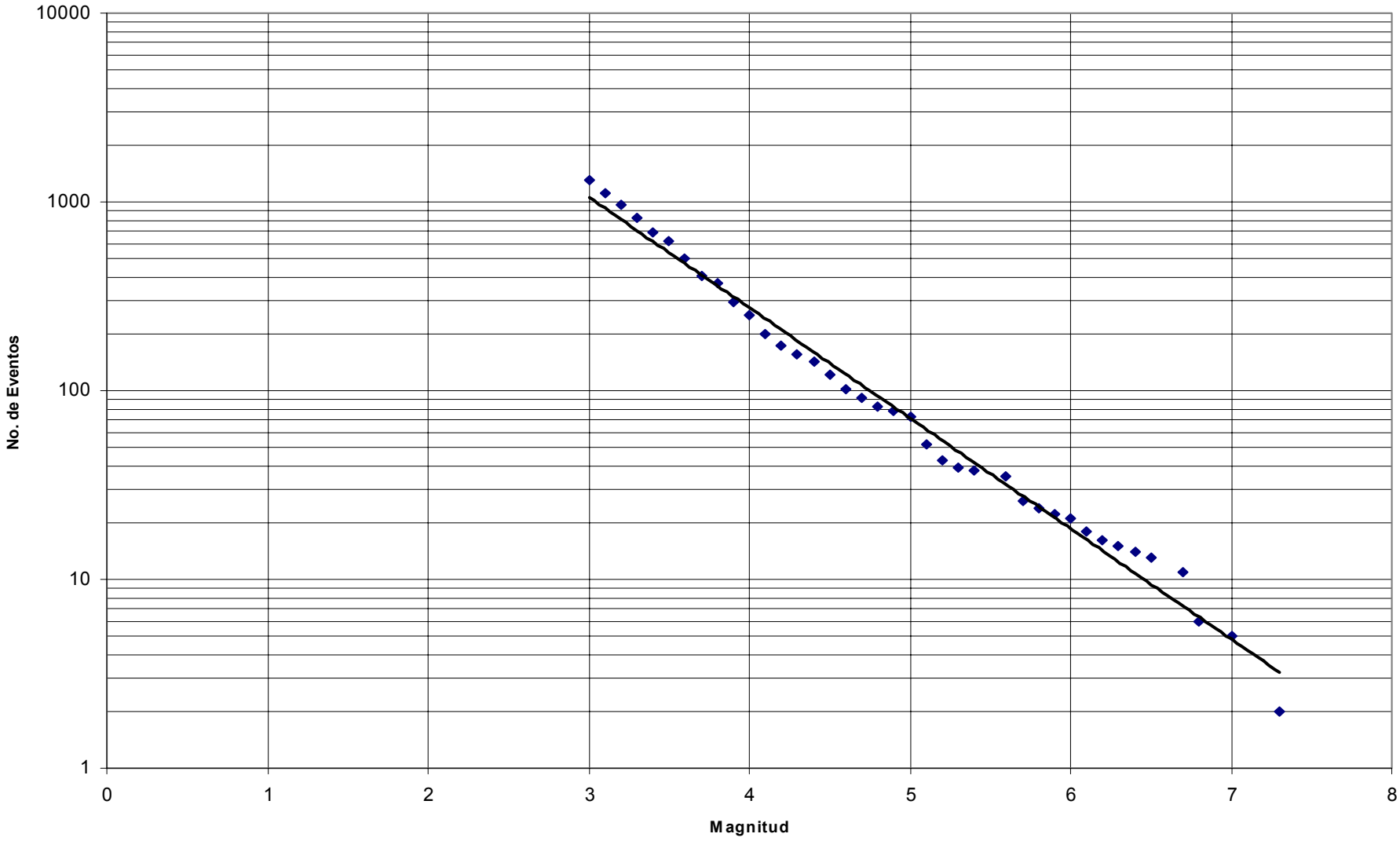
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 **DISEÑOS DETALLADOS** **PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III**	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.5 Hoja 1 de 1	**RECURRENCIA DE MAGNITUDES** **PARA LA FALLA ESPÍRITU SANTO**	**REV. 0** **AGOSTO 16, 2002**



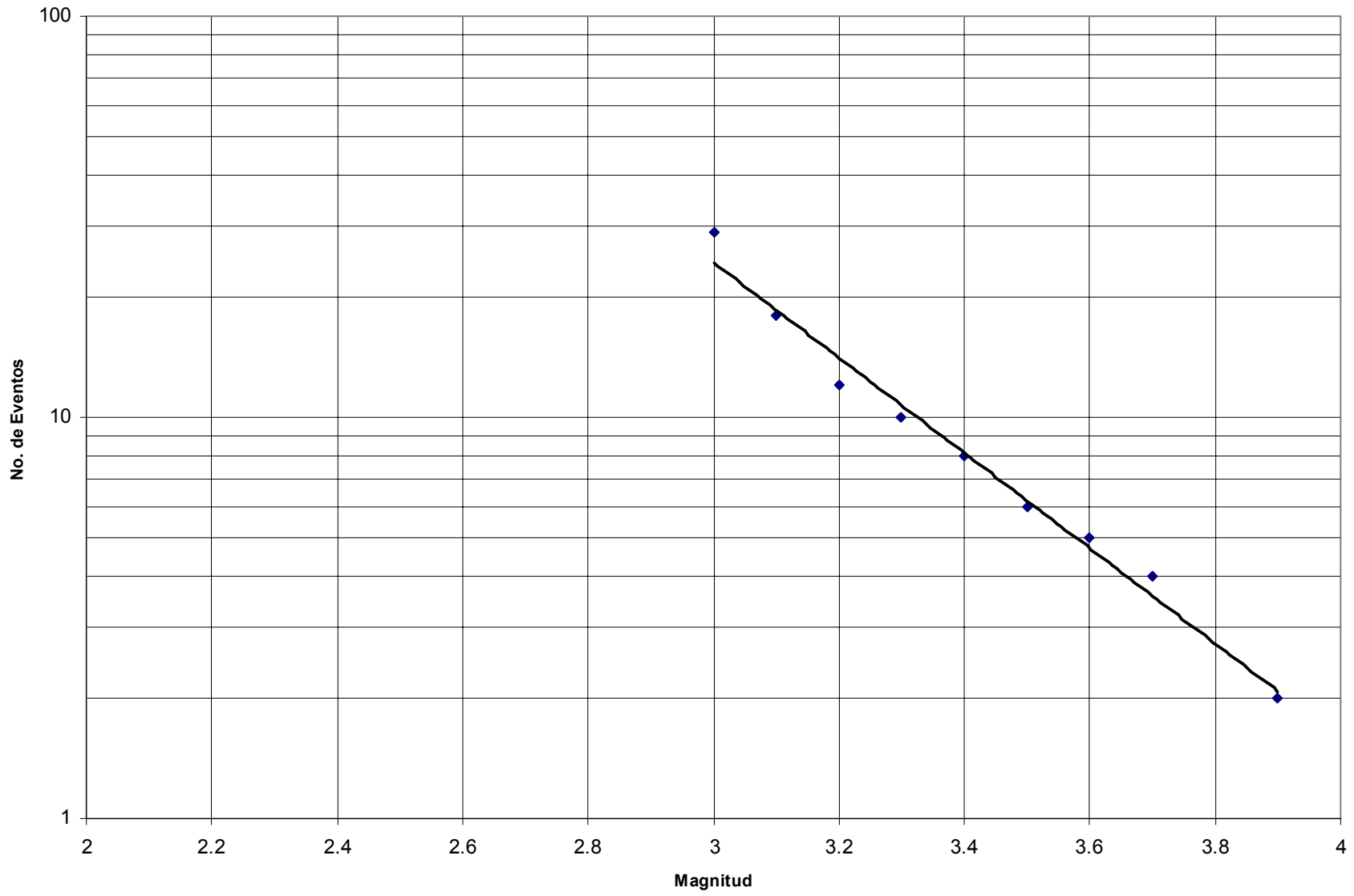
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 **DISEÑOS DETALLADOS** **PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III**	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.6 Hoja 1 de 1	**RECURRENCIA DE MAGNITUDES** **PARA LA FALLA PALESTINA**	**REV. 0** **AGOSTO 16, 2002**



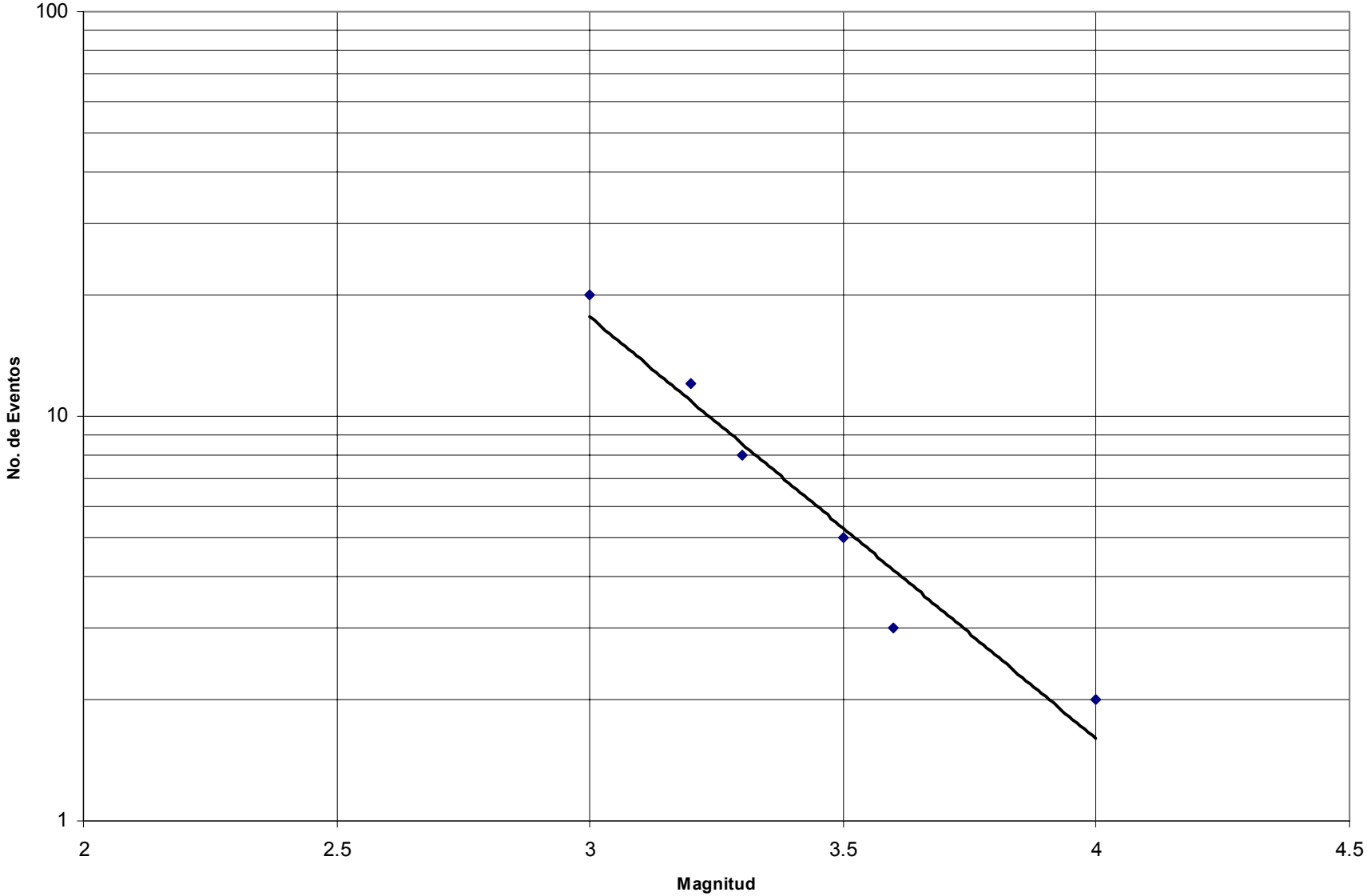
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 **DISEÑOS DETALLADOS** **PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III**	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.7 Hoja 1 de 1	**RECURRENCIA DE MAGNITUDES** **PARA LA FALLA SALINAS**	**REV. 0** **AGOSTO 16, 2002**



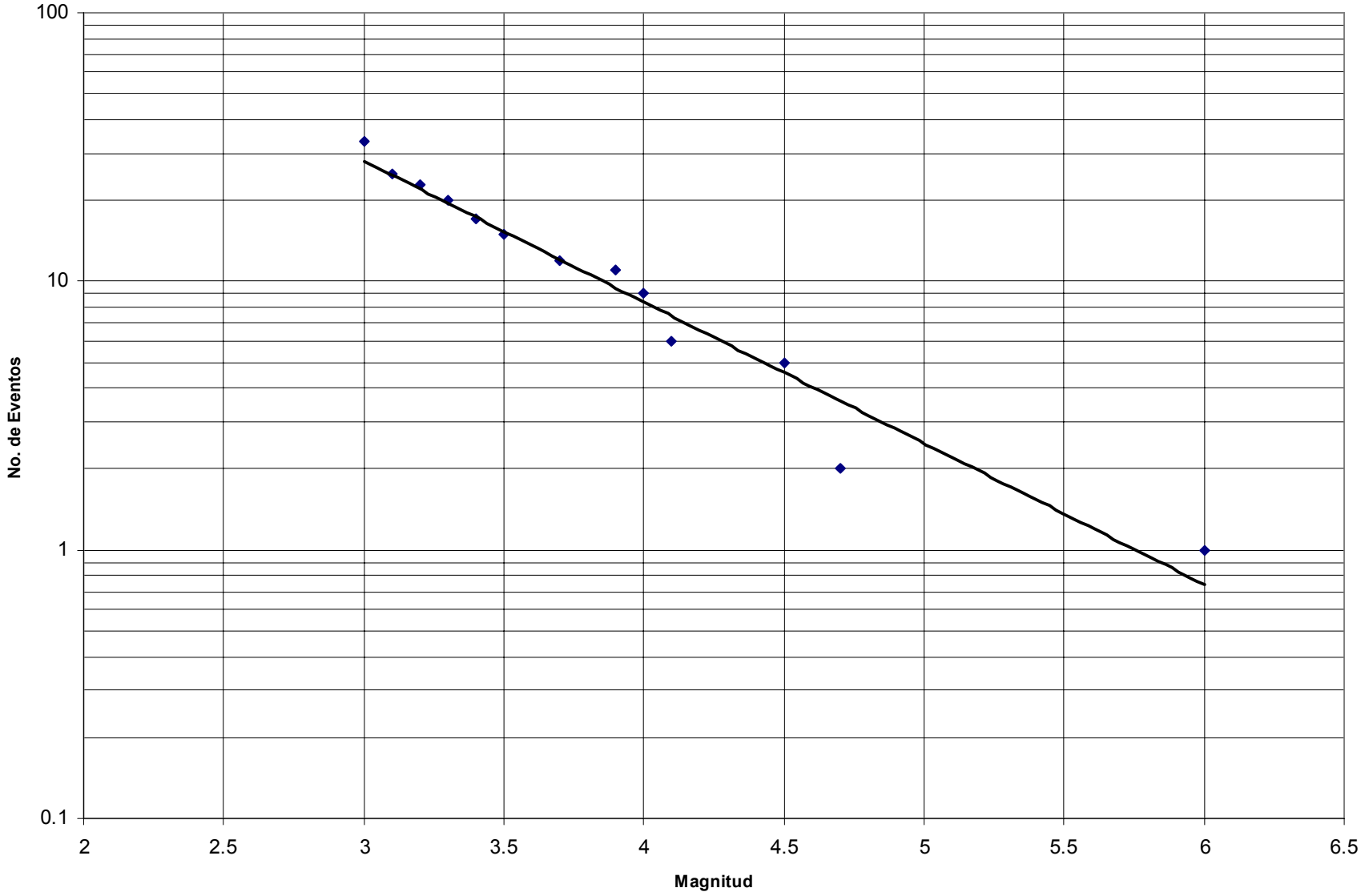
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 **DISEÑOS DETALLADOS** **PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III**	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.8 Hoja 1 de 1	**RECURRENCIA DE MAGNITUDES** **PARA LA ZONA DE BENIOFF 1**	**REV. 0** **AGOSTO 16, 2002**



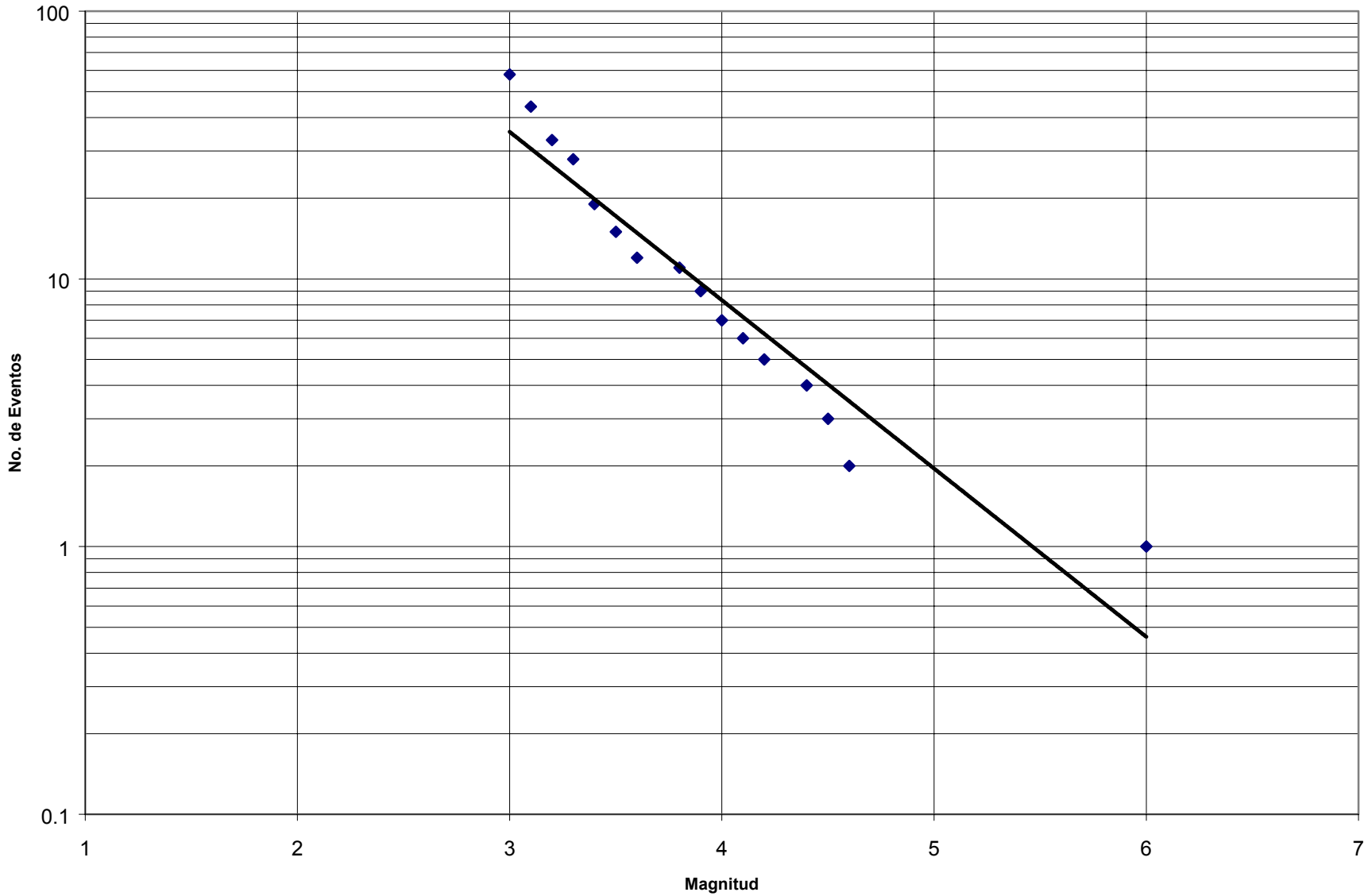
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 **DISEÑOS DETALLADOS** **PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III**	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.9 Hoja 1 de 1	**RECURRENCIA DE MAGNITUDES** **PARA LA FUENTE ÁREA 1**	**REV. 0** **AGOSTO 16, 2002**



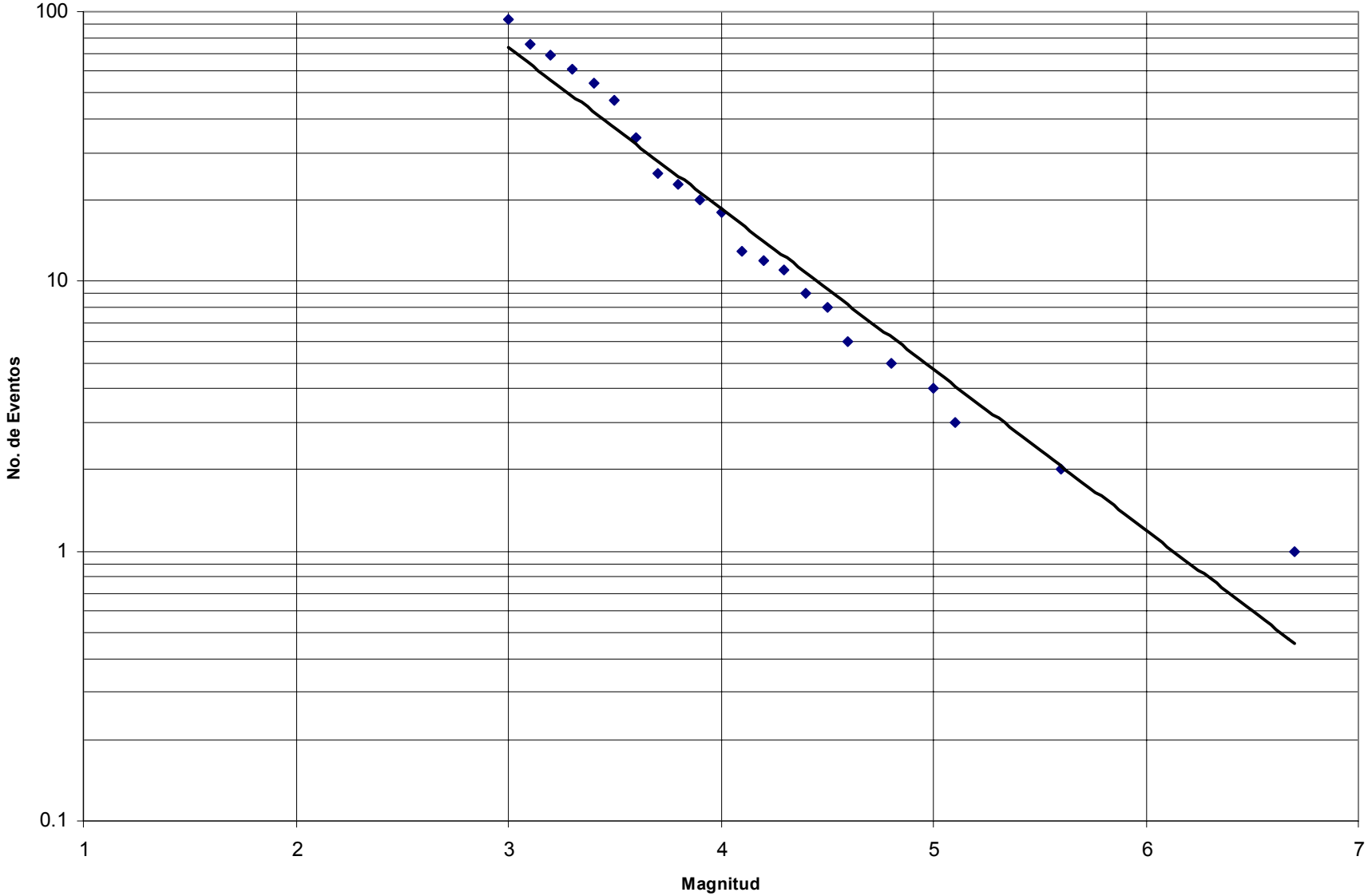
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 **DISEÑOS DETALLADOS** **PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III**	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.10 Hoja 1 de 1	**RECURRENCIA DE MAGNITUDES** **PARA LA FUENTE ÁREA 2**	**REV. 0** **AGOSTO 16, 2002**



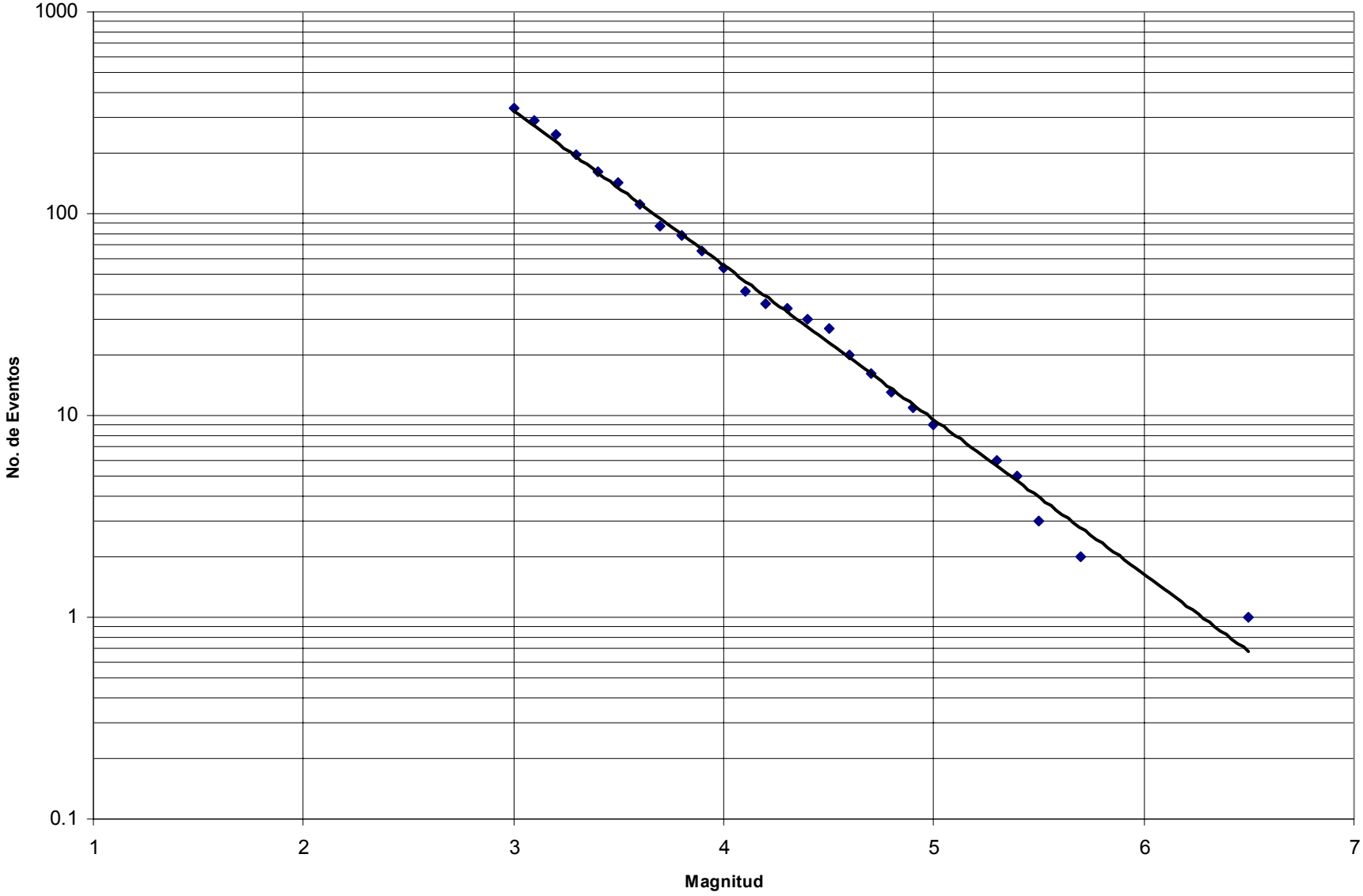
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 **DISEÑOS DETALLADOS** **PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III**	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.11 Hoja 1 de 1	**RECURRENCIA DE MAGNITUDES** **PARA LA FUENTE ÁREA 3**	**REV. 0** **AGOSTO 16, 2002**



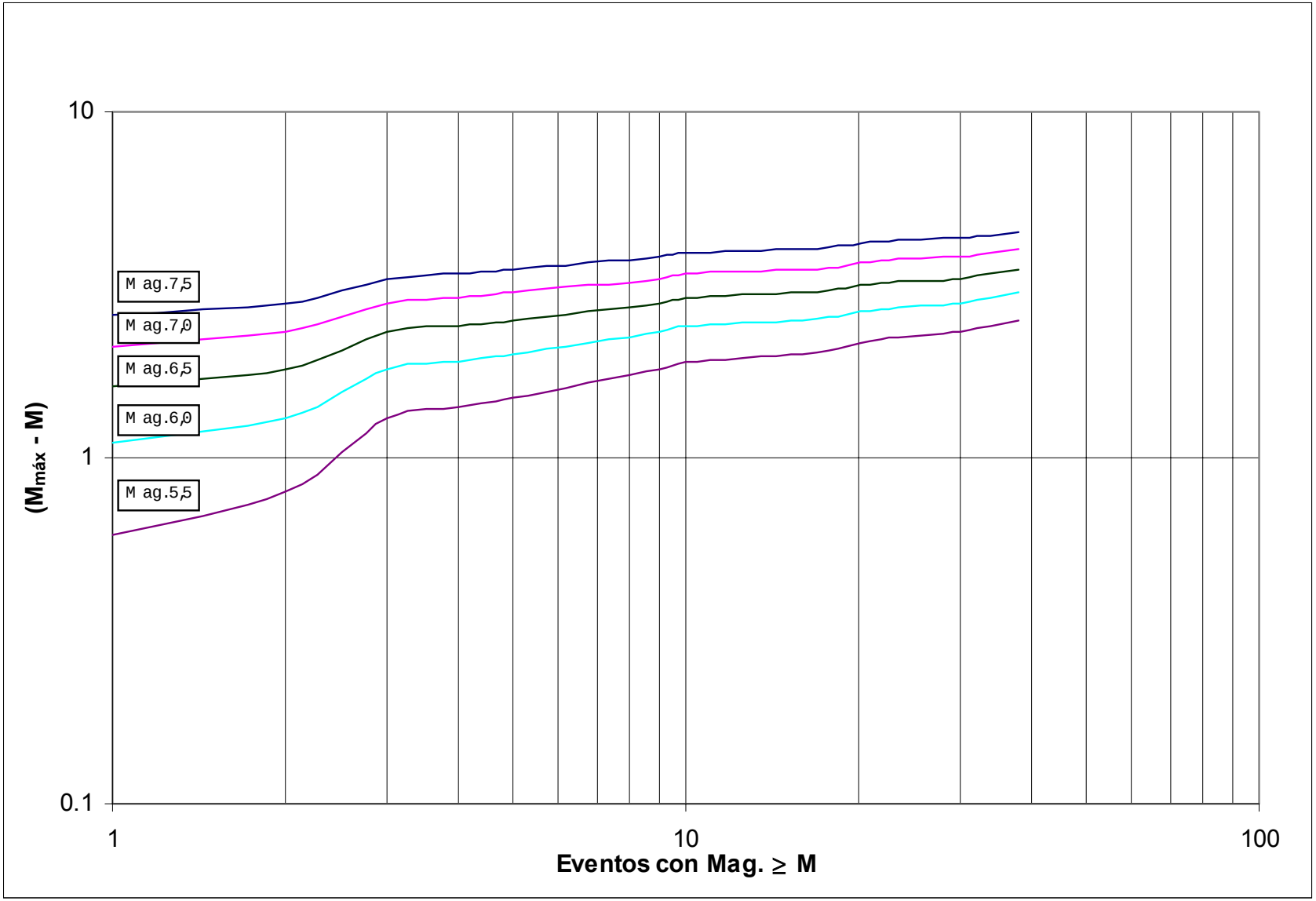
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 **DISEÑOS DETALLADOS** **PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III**	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.12 Hoja 1 de 1	**RECURRENCIA DE MAGNITUDES** **PARA LA FUENTE ÁREA 4**	**REV. 0** **AGOSTO 30, 2002**



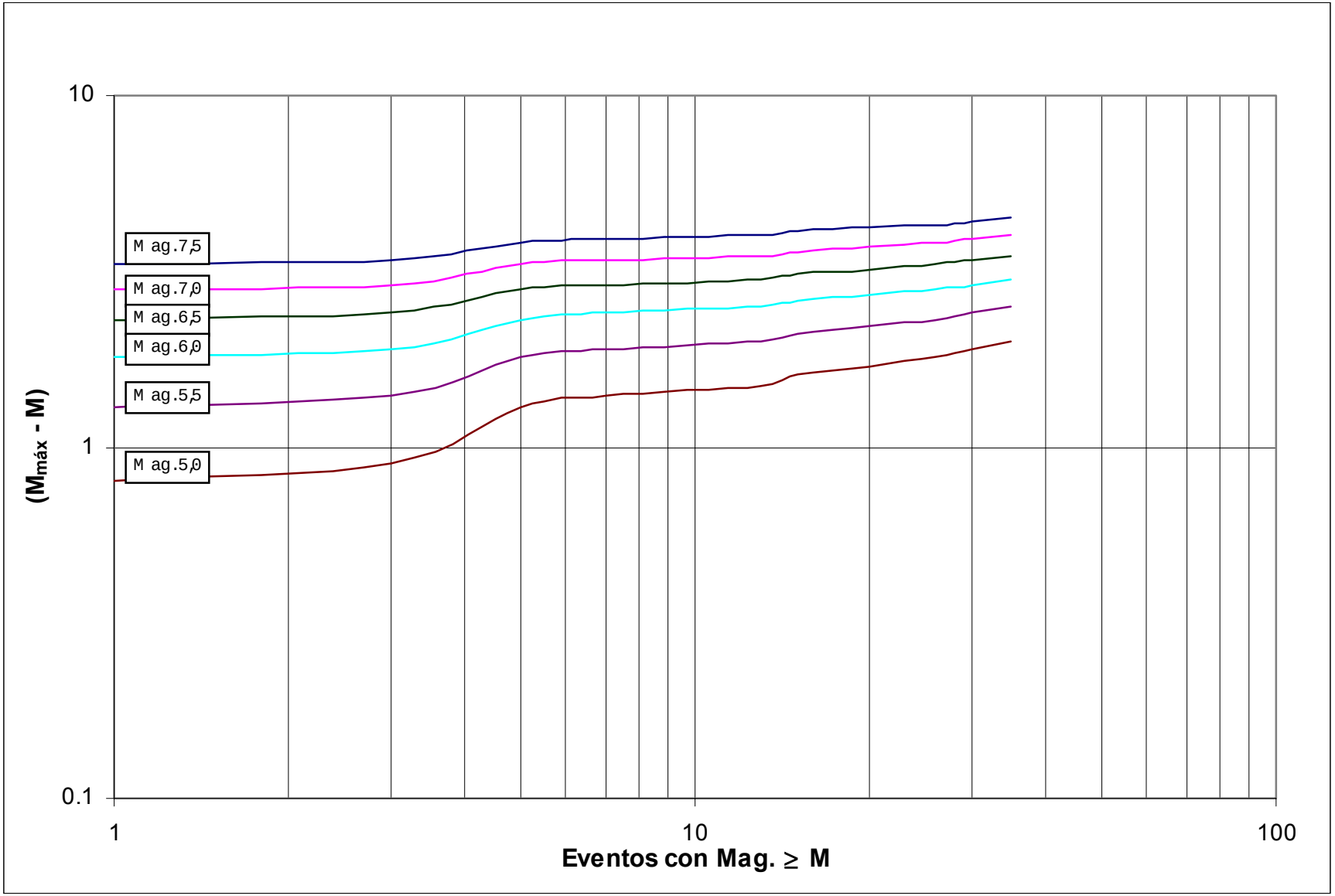
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 **DISEÑOS DETALLADOS** **PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III**	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.13 Hoja 1 de 1	**RECURRENCIA DE MAGNITUDES** **PARA LA FUENTE ÁREA 5**	**REV. 0** **AGOSTO 16, 2002**



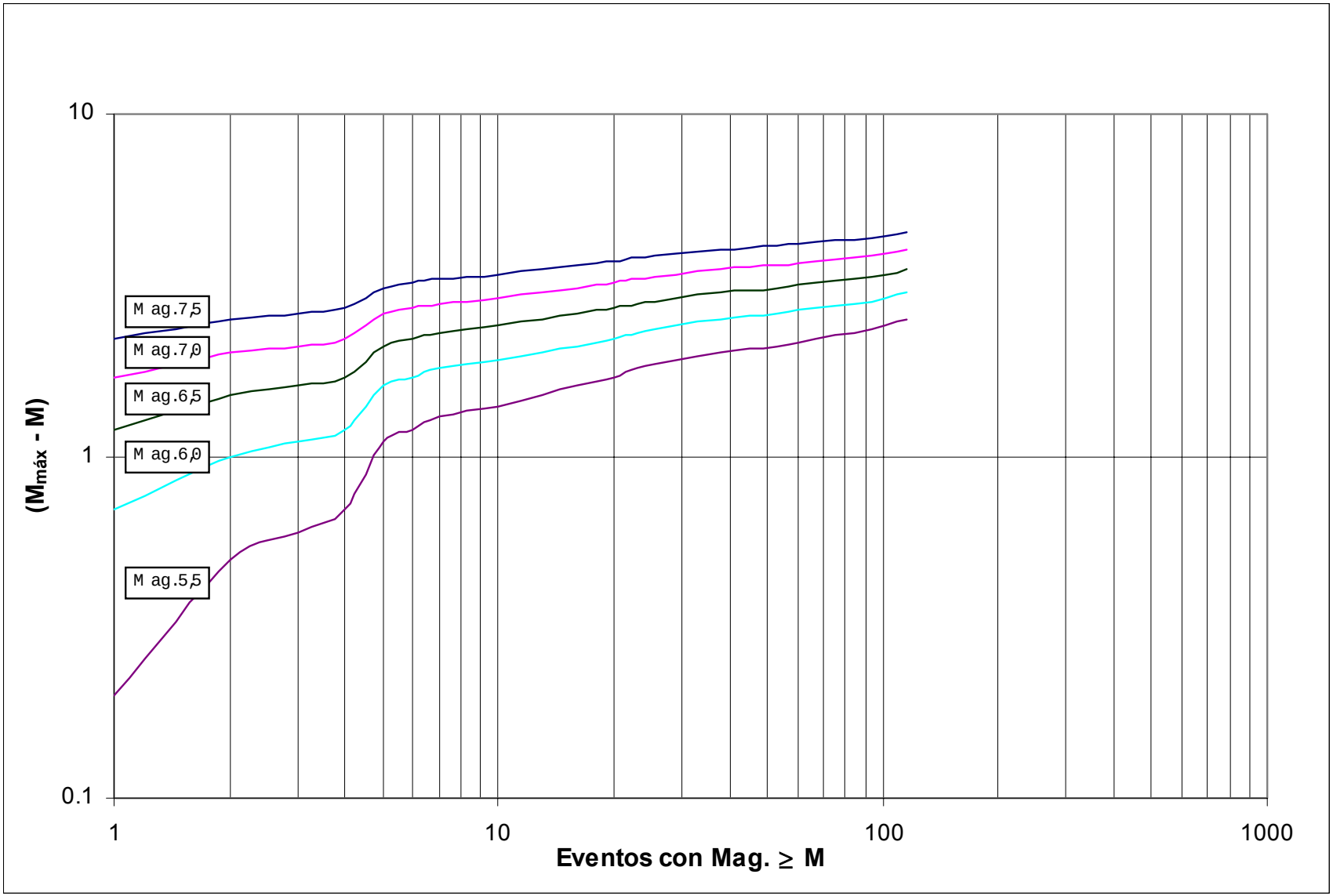
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 **DISEÑOS DETALLADOS** **PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III**	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.14 Hoja 1 de 1	**RECURRENCIA DE MAGNITUDES** **PARA LA FUENTE ÁREA 6**	**REV. 0** **AGOSTO 16, 2002**



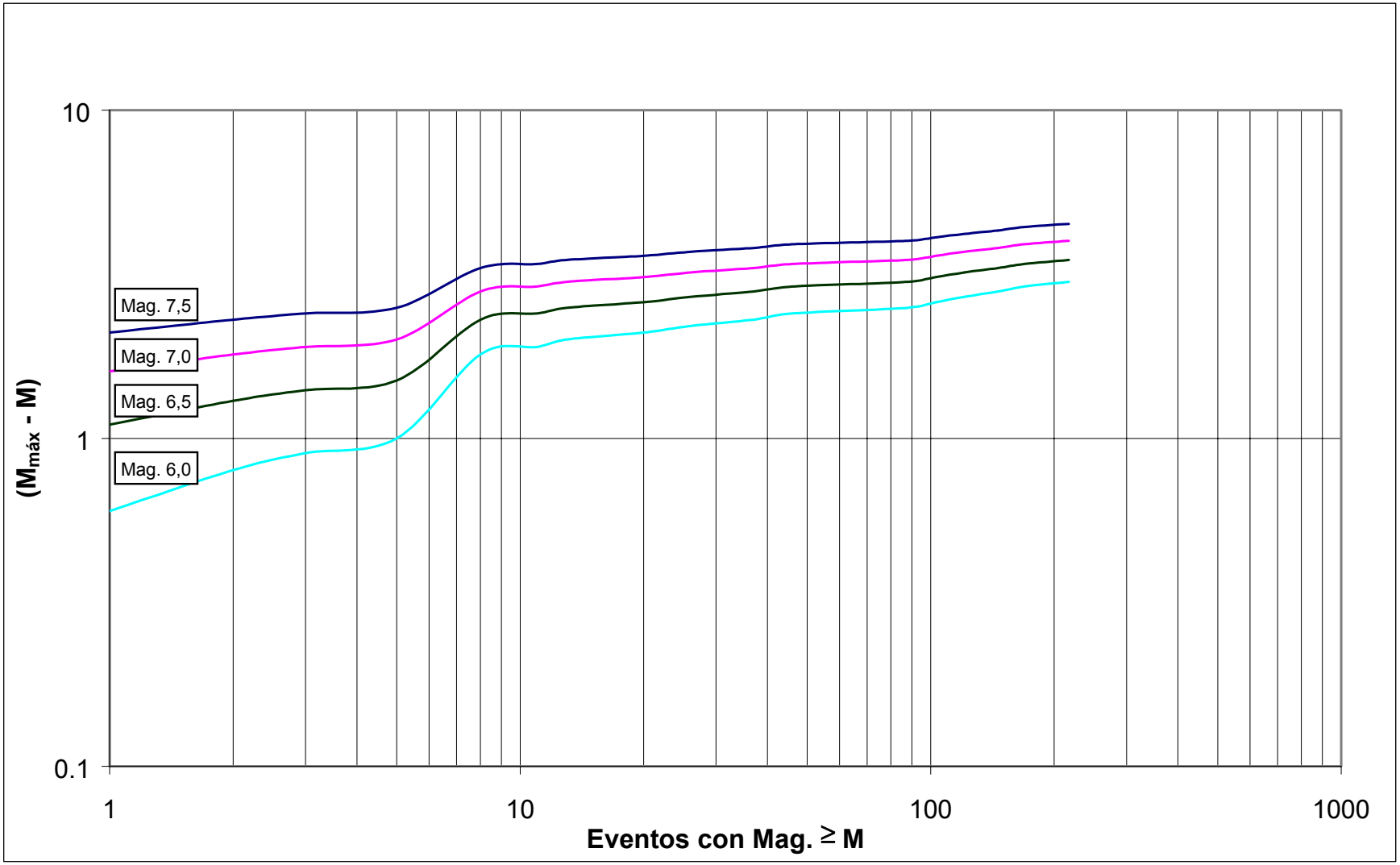
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.15 Hoja 1 de 1	**MAGNITUD MÁXIMA PARA LA FALLA ROMERAL, SEGÚN LOMNITZ**	**REV. 0** **AGOSTO 16, 2002**



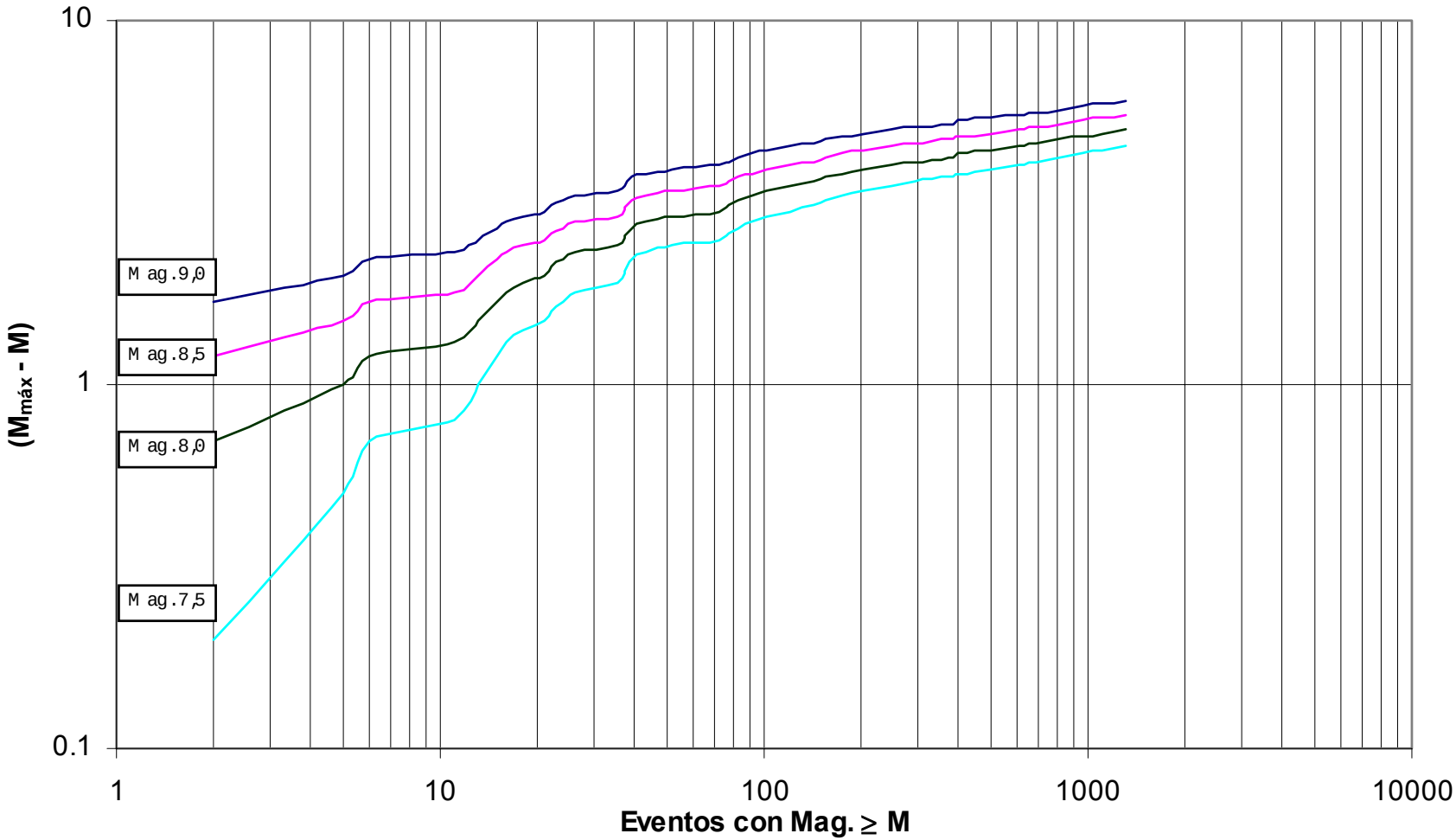
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 **DISEÑOS DETALLADOS** **PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III**	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.16 Hoja 1 de 1	**MAGNITUD MÁXIMA PARA LA FALLA** **ESPÍRITU SANTO, SEGÚN LOMNITZ**	**REV. 0** **AGOSTO 16, 2002**



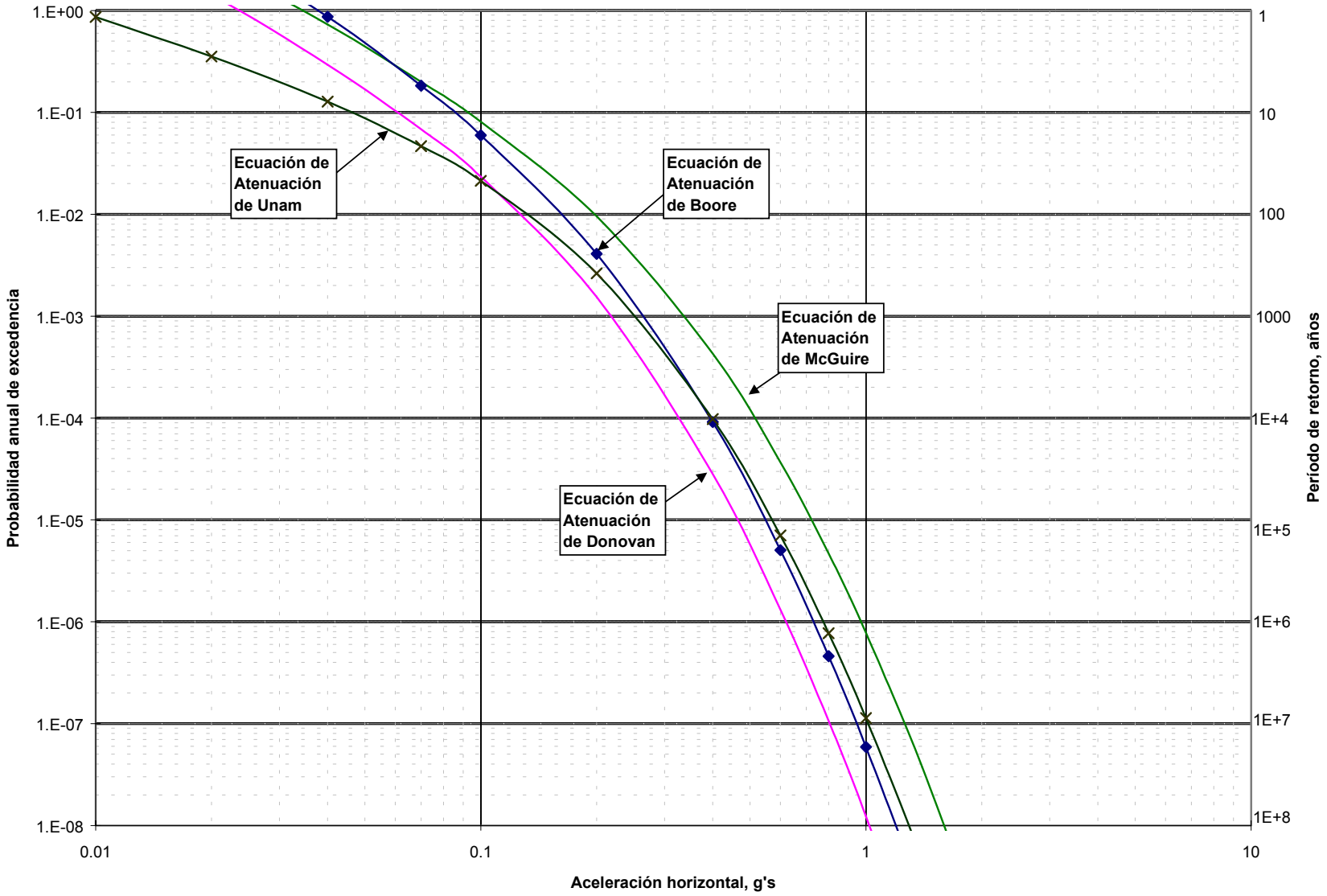
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 **DISEÑOS DETALLADOS** **PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III**	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.17 Hoja 1 de 1	**MAGNITUD MÁXIMA PARA LA FALLA** **PALESTINA, SEGÚN LOMNITZ**	**REV. 0** **AGOSTO 16, 2002**



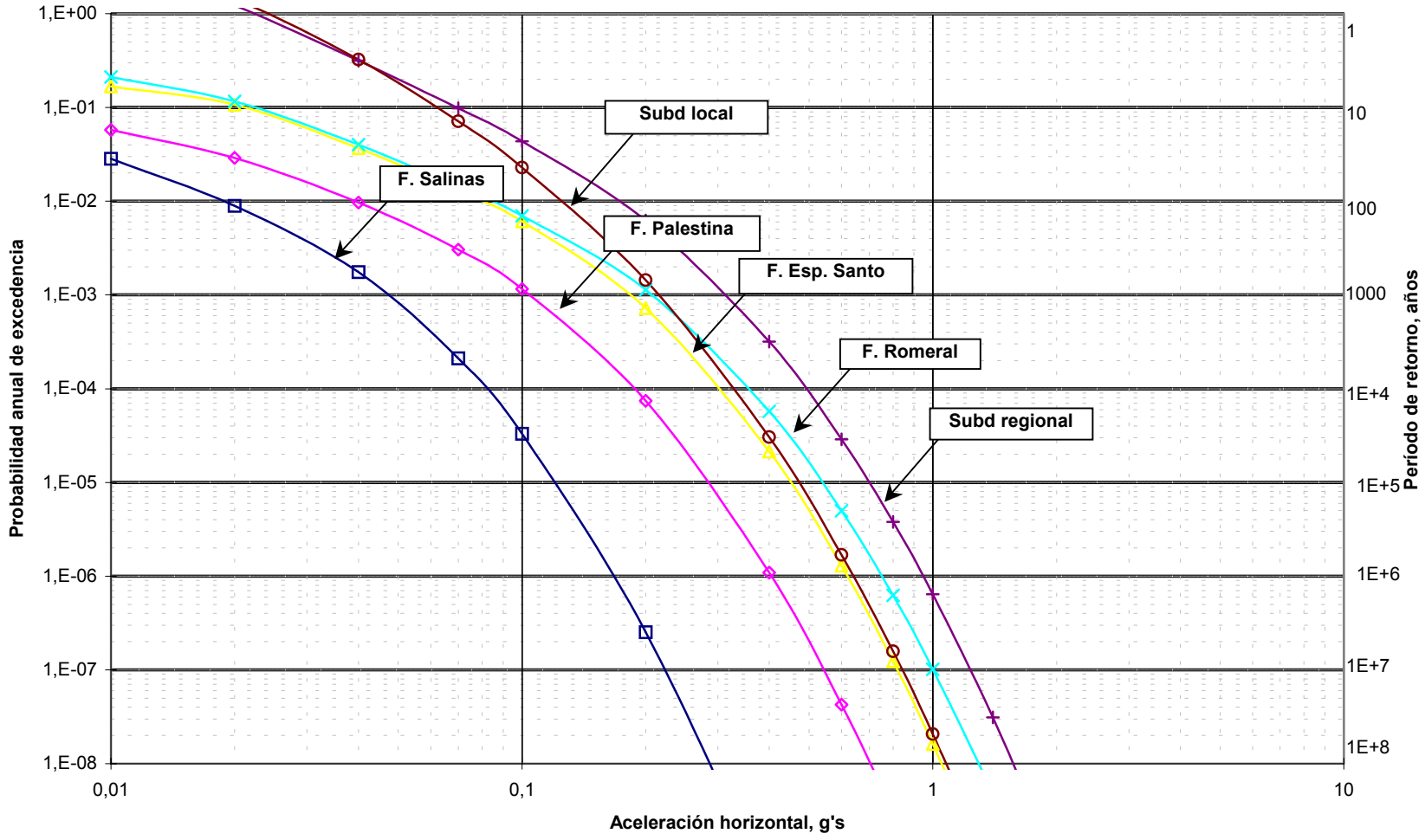
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.18 Hoja 1 de 1	**MAGNITUD MÁXIMA PARA LA FALLA SALINAS, SEGÚN LOMNITZ**	**REV. 0** **AGOSTO 30, 2002**



Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 **DISEÑOS DETALLADOS** **PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III**	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.19 Hoja 1 de 1	**MAGNITUD MÁXIMA PARA LA ZONA DE BENIOFF, SEGÚN LOMNITZ**	**REV. 0** **AGOSTO 16, 2002**



Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 **DISEÑOS DETALLADOS** **PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III**	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.20 Hoja 1 de 1	**RECURRENCIA DE ACELERACIONES PARA EL PROYECTO PORCE III**	**REV. 0** **AGOSTO 30, 2002**



Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 **DISEÑOS DETALLADOS** **PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III**	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 3.21 Hoja 1 de 1	**CONTRIBUCIÓN DE FUENTES EN LA AMENAZA SÍSMICA**	**REV. 0** **AGOSTO 30, 2002**

4. ESPECTROS Y SISMOS DE DISEÑO

4.1 METODOLOGIA

En la actualidad existen dos metodologías para el análisis del comportamiento dinámico de las estructuras. La primera de ellas corresponde al análisis en el dominio de la frecuencia de la señal de excitación, técnica en la cual se emplea el espectro de diseño. La otra metodología involucra el denominado análisis en el dominio del tiempo. En este tipo de análisis, acelerogramas reales o sintéticos son empleados para establecer la historia en el tiempo de la respuesta de la estructura. Estas son las metodologías utilizadas comúnmente en los análisis estructurales, la primera utilizada en los casos que involucran comportamientos elásticos de las estructuras en estudio, mientras que la segunda es utilizada principalmente en los análisis que involucran algún tipo de comportamiento no lineal del material o de la geometría de la estructura.

De esta manera, la amenaza sísmica del proyecto debe incluir un grupo de espectros de diseño y acelerogramas que representen el comportamiento dinámico esperado de las fuentes sísmicas activas en la zona.

Para la elaboración de los espectros de diseño se utilizo la metodología de los análisis probabilísticos de amenaza sísmica (PSHA) empleando el concepto de espectro de respuesta para curvas con el mismo nivel de amenaza (*equal-hazard response spectrum*). Esta metodología incluye básicamente los siguientes pasos:

- Definición y caracterización de las fuentes sísmicas.
- Selección de las ecuaciones de atenuación y definición de las amplitudes espectrales para diferentes periodos de vibración.
- Desarrollo de las curvas de amenaza sísmica para las aceleraciones máximas del terreno (PGA) y las amplitudes espectrales de respuesta (Sa) para diferentes periodos de vibración de la estructura.
- Construcción del espectro de respuesta a partir de los resultados de las curvas de amenaza.

Los parámetros utilizados para la definición de las fuentes sísmicas, las ecuaciones de atenuación y las curvas de amenaza sísmica son descritos en las secciones previas de este informe. Para estas tareas y para la construcción del espectro se utilizo el programa FRISK.

El espectro de respuesta para el mismo nivel de amenaza fue desarrollado para una probabilidad anual de excedencia de 0.04% correspondiente a un periodo de retorno de 2500 años. Este evento considerado corresponde al Sismo Máximo Creíble (SMC). Como se describe en el capítulo 3 de este informe, la aceleración máxima del evento correspondiente al SMC se determinó a través de métodos determinísticos y es igual a 0.24g., nivel de aceleración que es el mismo para el sismo básico de operación (SBO) y el sismo máximo probable (SMP). La Figura 4.1 presenta el espectro de respuesta obtenido a partir de esta metodología. Las ordenadas representan la razón entre la aceleración espectral y la aceleración máxima del terreno. El amortiguamiento utilizado es de 5% con respecto al amortiguamiento crítico del sistema. El espectro de respuesta con el eje ordenado igual a la aceleración espectral es presentado en la Figura 4.2

De acuerdo a los resultados obtenidos en el capítulo anterior de este informe, la mayor contribución a la amenaza sísmica del proyecto corresponde a la zona de subducción, seguida por

las contribuciones de las fallas Romeral y Espíritu Santo. Por esta razón, el espectro de diseño representa particularmente la sismicidad originada en estos fallamientos. Una vez definido el espectro de diseño, se debe proceder a la escogencia de un grupo de acelerogramas para ser utilizados en los análisis contra el tiempo. Después de una minuciosa revisión del catalogo de acelerogramas de la Red Nacional de Acelerógrafos de Colombia (RNAC), solamente se encontró un evento sísmico que fuese representativo de las fallas regionales en la zona del embalse. Este sismo ocurrió el 11 de Junio de 1996 y tuvo epicentro en Zaragoza (Antioquia). Los datos de este movimiento sísmico se resumen en el Cuadro 4.2. La Figura 4.3 se presenta el espectro de respuesta de esta señal escalada a la máxima aceleración esperada comparada con el espectro de diseño propuesto. Como se puede apreciar el espectro de diseño contiene las frecuencias de la señal de las fuentes locales.

Cuadro 4.2. Evento sísmico de las fallas locales.

Latitud	Longitud	Localidad	Magnitud
7.44 N	74.5 W	Zaragoza (Antioquia)	5.6

Usualmente la escogencia de los acelerogramas de diseño se lleva a cabo a través de la utilización de sismos históricos (que pueden haber sido generados en un marco tectónico diferente al estudiado), sismos locales escalados a los valores de aceleración máxima o sismos sintéticos elaborados a partir de espectros de diseño o a través de la modelación de la tectónica de la región. Debido a que los sismos históricos no representan adecuadamente el comportamiento frecuencial de las señales que puedan ser originadas en el sitio del proyecto, se decidió utilizar sismos locales escalados o sismos sintéticos generados a partir del espectro de diseño. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, solo un evento sísmico representativo de las fallas locales fue encontrado en el catalogo de acelerogramas de la RNAC, razón por la cual se opto por obtener varias señales artificiales generadas a partir del espectro de diseño establecido.

Para esta tarea se utilizo el programa SIMQKE. Esta aplicación utiliza el espectro como función objetivo y reproduce señales de acuerdo a una distribución de duraciones establecidas por el usuario. Dobry y otros han desarrollado varios estudios que correlacionan la duración de la fase intensa del sismo con la magnitud del evento. Utilizando esta correlación se obtuvo una duración de 40 segundos para una magnitud de 8.0. Para este tipo de magnitudes, este tipo de regresiones tienden a sobre estimar la duración de los movimientos sísmicos. Por esta razón se determinó que la duración máxima del sismo generado en la zona de subducción fuese de 35 segundos. Teniendo en cuenta la distancia del sitio del proyecto a la fuente sismogénica y la diferencia de tiempos de llegada de las ondas P y S se estimo que la fase de ascenso tendría una duración de 7.5 segundos. Adicionalmente se consideró una fase estable de 18.5 segundos y una fase de descenso de 14 segundos. El sismo originado en las fallas locales no fue considerado debido a que su intensidad es menor que la definida para el evento de la zona de subducción.

Tres señales estadísticamente diferentes fueron elaboradas siguiendo la metodología anteriormente descrita. Las Figuras 4.4, 4.5 y 4.6, muestran los acelerogramas correspondientes a estas señales y las Figuras 4.7, 4.8 y 4.9 presentan el espectro de respuesta de aceleraciones. En estas ultimas gráficas se aprecia además el espectro de diseño original para establecer el nivel de aproximación alcanzado con las señales sintéticas.

4.2 COMPONENTE VERTICAL DE LOS MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO

La componente vertical del sismo usualmente posee un mayor contenido frecuencial que la componente horizontal, y por esta razón la forma espectral difiere de la establecida para las señales horizontales. Adicionalmente, la aceleración máxima vertical es diferente de la aceleración

máxima horizontal. El Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos en su documento de recomendaciones para el diseño sísmico de presas de concreto compactado con rodillo (1995), recomienda el uso de la misma forma espectral encontrada para los movimientos horizontales, pero escalada por una razón que se encuentra determinada por la distancia del sitio de análisis a las fuentes sísmicas y el periodo fundamental de la estructura. En este proyecto en particular, la mínima distancia del sitio del proyecto a las fallas activas es mayor a 60 Km, con lo cual para cualquier periodo de la estructura se sugiere un factor de 0.5 para escalar la aceleración máxima. De esta manera la aceleración pico máxima de la componente vertical se establece en 0.12g para el evento considerado como SMC. Con respecto a las frecuencias del espectro se estableció un factor de 0.66 (2/3) para comprimir el eje del periodo del espectro y de esta manera asumir que el contenido frecuencial es mayor que el de la señal horizontal.

La Figura 4.10 muestra el espectro para la componente vertical, después de establecer las modificaciones propuestas al espectro horizontal. Este espectro corresponde a un amortiguamiento de 5% con respecto al amortiguamiento crítico del sistema.

Siguiendo la misma metodología establecida para los movimientos de diseño horizontales, tres señales estadísticamente diferentes fueron generadas a partir del espectro de respuesta vertical. Las señales son presentadas en las Figuras 4.11, 4.12 y 4.13. Las Figuras 4.14, 4.15 y 4.16 presentan los espectros de respuesta en aceleración junto con el espectro vertical de diseño.

4.3 EVALUACIÓN SÍSMICA DURANTE EL PERIODO DE CONSTRUCCIÓN.

Algunas de las estructuras del proyecto, necesitan ser diseñadas para una vida útil equivalente a la duración de la construcción del proyecto. Este tipo particular de estructuras debe ser diseñado con un sismo que correspondo a un periodo de exposición equivalente a la duración de la construcción para un nivel de excedencia establecido. Se estableció de esta manera que el periodo de exposición de las estructuras durante el proceso de construcción es de 3 años y se determinó una probabilidad de excedencia del 10%. Estos valores corresponden a un evento con un periodo de retorno de 28.4 años o a una probabilidad anual de excedencia igual a 0.035. De la curva de amenaza sísmica determinada en el capítulo 3, para la ecuación de atenuación de McGuire se lee un valor de 0.145g para la aceleración máxima del terreno. Utilizando este resultado, el espectro de diseño horizontal es escalado para este valor de aceleración máxima y estos resultados son presentados en la Figura 4.17. Si es necesaria la utilización de una componente vertical en el análisis, se recomienda utilizar el espectro obtenido en el numeral anterior escalado a un valor máximo de 0.08g.

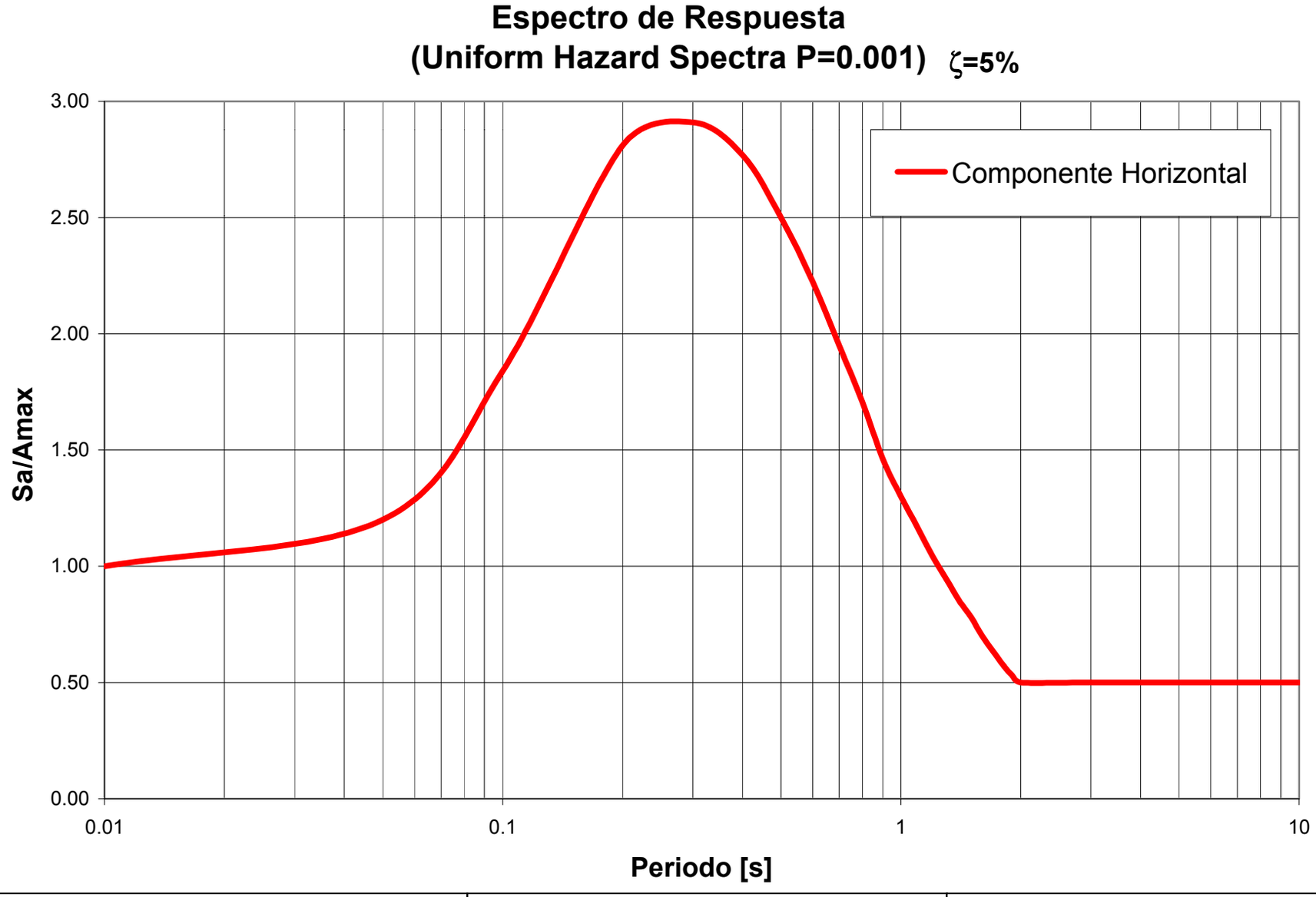
4.4 ESPECTRO DE DISEÑO PARA DIFERENTES NIVELES DE AMORTIGUAMIENTO.

En las secciones anteriores los espectros de diseño establecidos fueron elaborados para un amortiguamiento igual al 5% del amortiguamiento crítico del sistema. Existen ciertos casos particulares en los cuales el amortiguamiento del sistema es diferente de este tradicional valor. En especial, los análisis espectrales que involucren casos como la presa antes del primer llenado del embalse o el sistema conformado por embalse-cimentación-presa necesitan niveles de amortiguamiento menores o mayores al 5%. Por esta razón, en las Figuras 4.18 y 4.19 se presentan los espectros de diseño para varios niveles de amortiguamiento del sistema (2%, 10% y 15%) para las dos componentes del sismo de diseño. El cuadro 4.1 presenta los valores utilizados para la elaboración de los espectros presentados en las anteriores figuras.

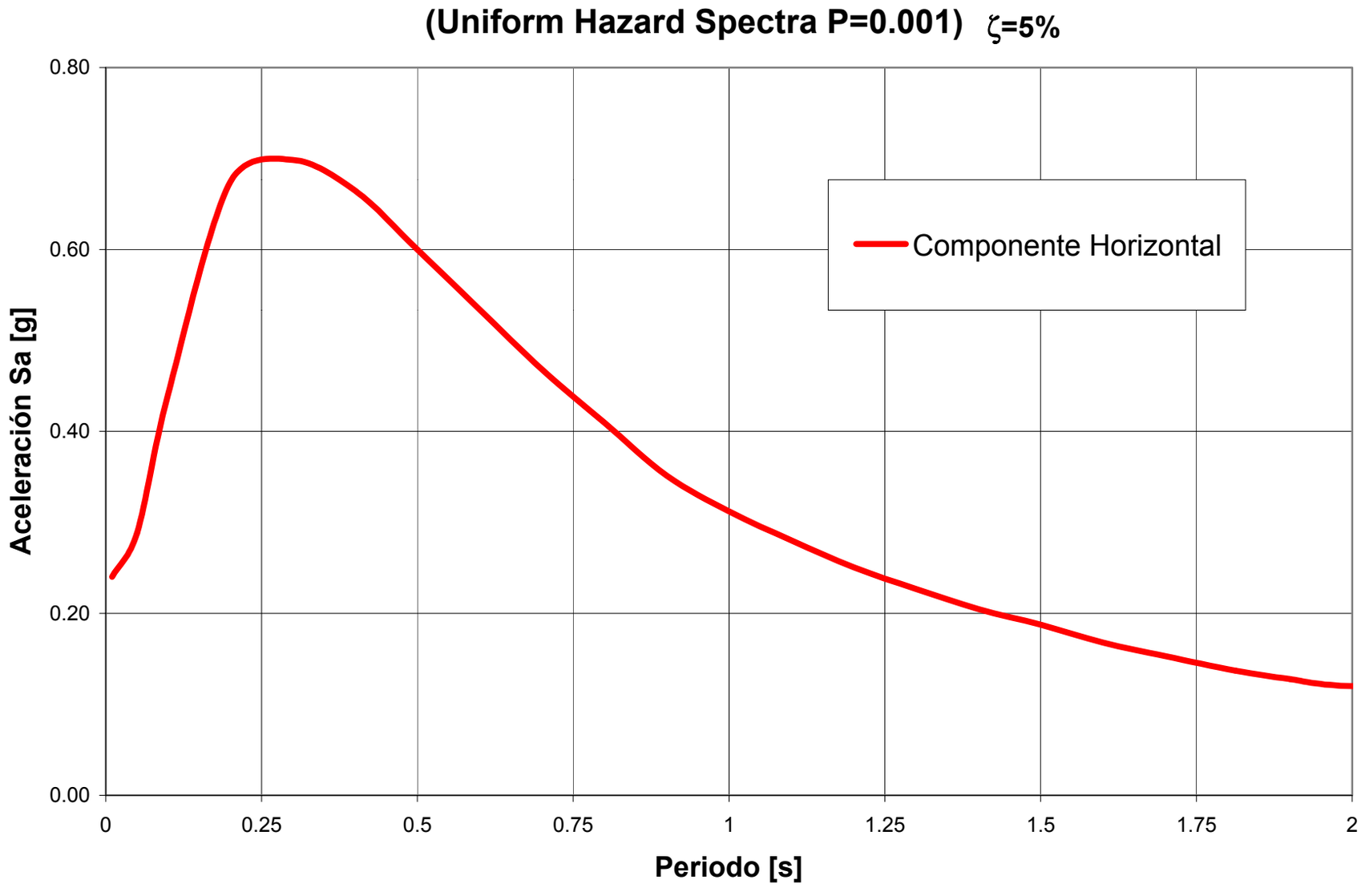
Cuadro 4.2. Aceleraciones espectrales para diferentes niveles de amortiguamiento.

Periodo [s]	Aceleración Espectral [g] Amortiguamiento			
	2%	5%	10%	15%
0.01	0.240	0.240	0.240	0.240
0.05	0.411	0.307	0.284	0.273
0.10	0.631	0.442	0.347	0.323
0.20	0.963	0.674	0.507	0.435
0.25	0.995	0.707	0.528	0.452
0.30	0.998	0.698	0.525	0.451
0.40	0.950	0.654	0.495	0.429
0.50	0.857	0.600	0.451	0.387
0.60	0.763	0.534	0.402	0.345
0.70	0.669	0.468	0.352	0.302
0.80	0.585	0.410	0.308	0.264
0.90	0.502	0.351	0.264	0.227
1.00	0.446	0.312	0.235	0.201
1.10	0.400	0.280	0.211	0.181
1.20	0.358	0.251	0.188	0.162
1.30	0.324	0.227	0.171	0.146
1.40	0.292	0.205	0.154	0.132
1.50	0.268	0.187	0.141	0.121
1.60	0.240	0.168	0.126	0.108
1.70	0.218	0.153	0.115	0.099
1.81	0.196	0.137	0.103	0.088
1.90	0.182	0.128	0.096	0.082
2.00	0.171	0.120	0.090	0.077
3.00	0.171	0.120	0.090	0.077

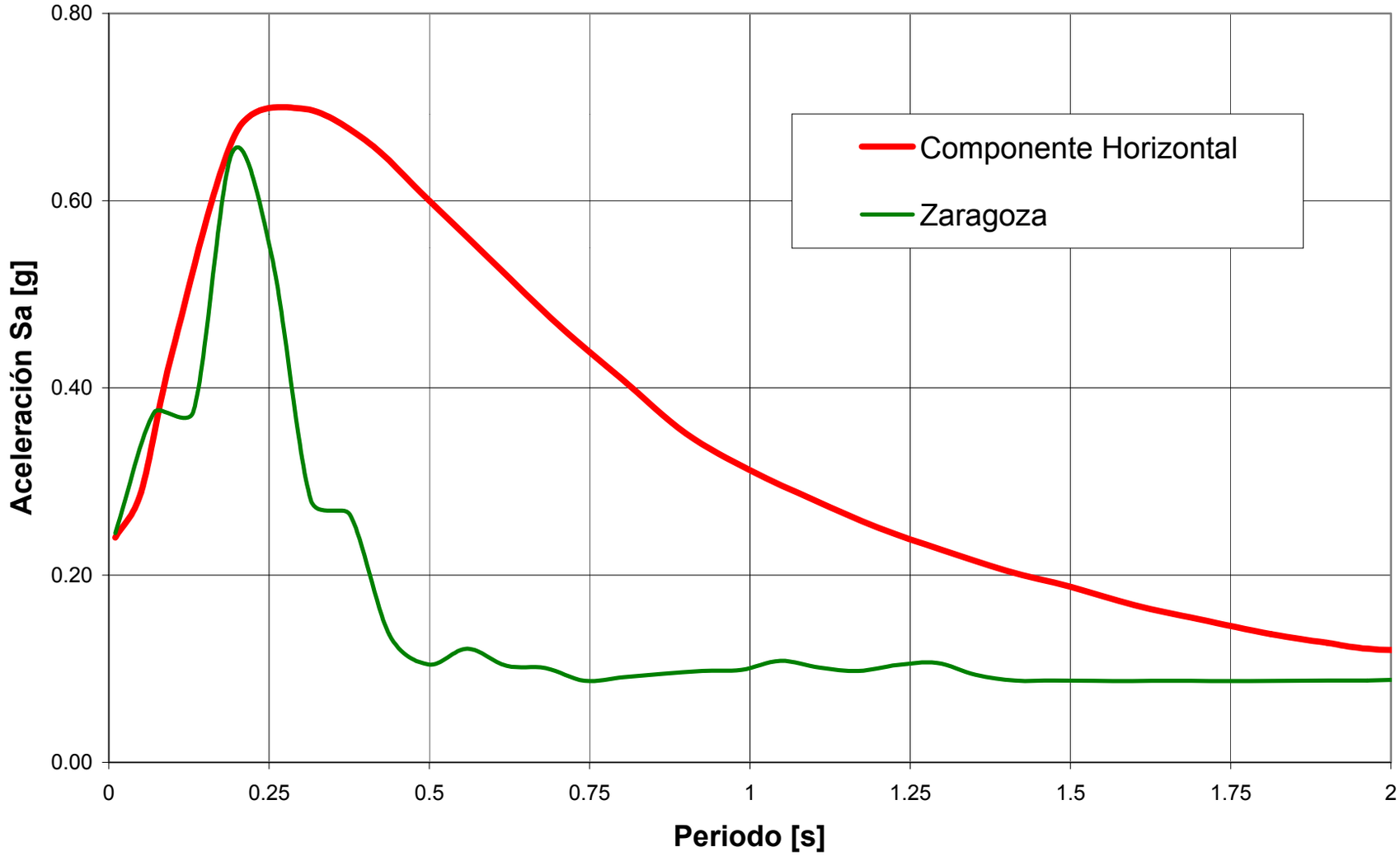
FIGURAS



Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.1 **Hoja 1 de 1**	**ESPECTRO DE DISEÑO NORMALIZADO (SMC) - COMPONENTE HORIZONTAL**	**REV. 1** **Noviembre 27, 2002**

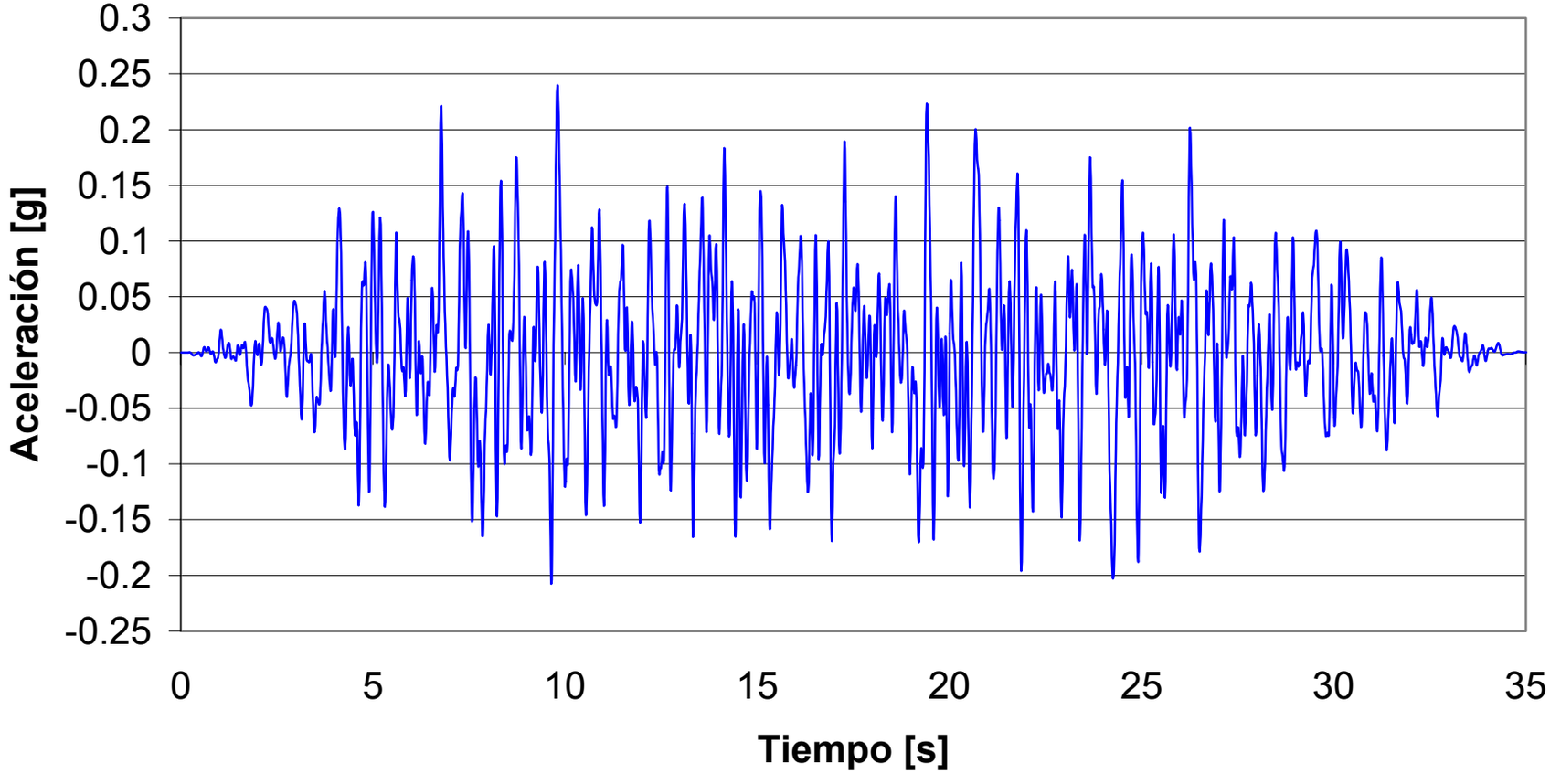


Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.2 **Hoja 1 de 1**	**ESPECTRO DE DISEÑO (SMC)** **COMPONENTE HORIZONTAL**	**REV. 1** **Noviembre 27, 2002**



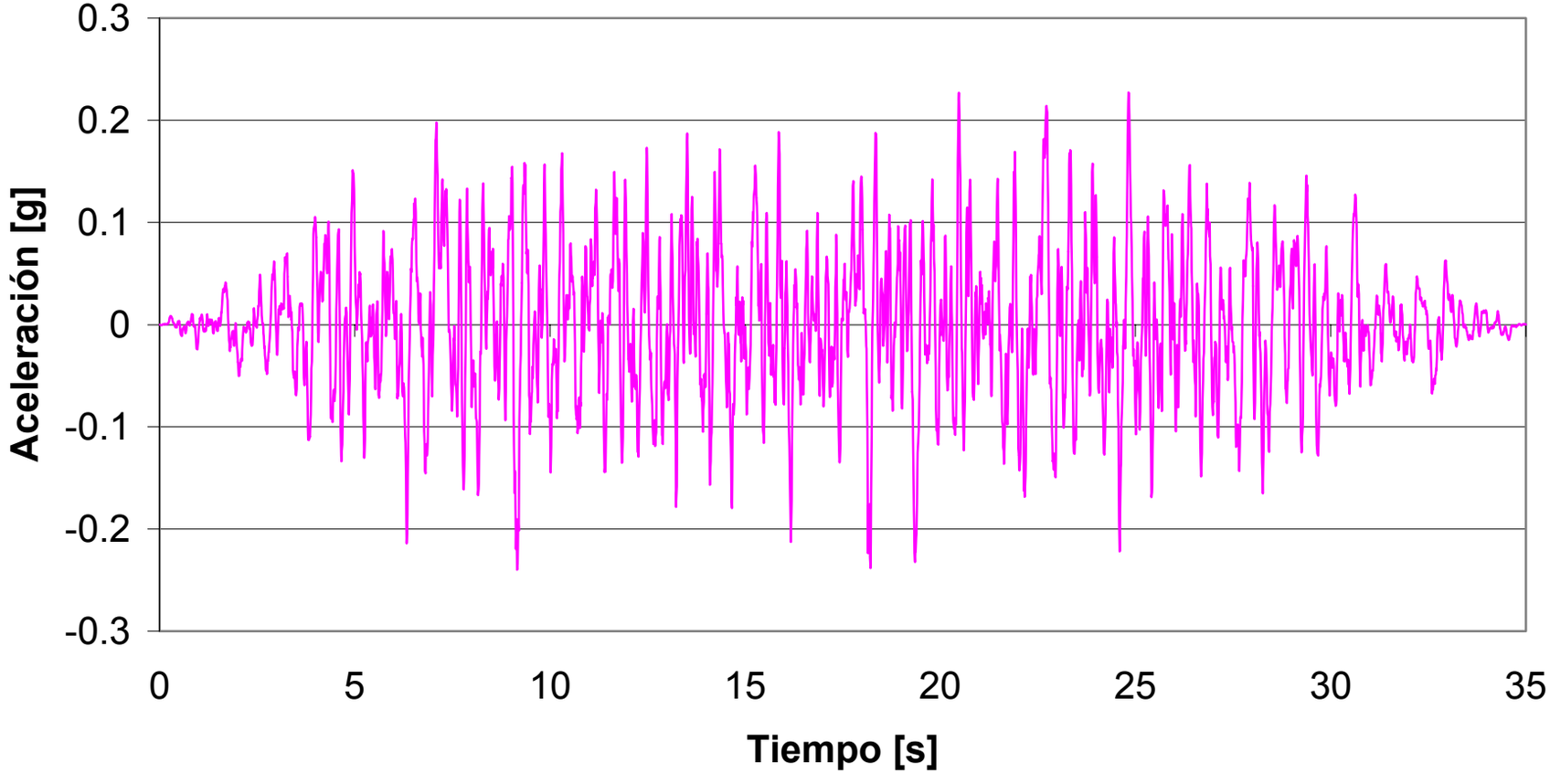
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.3 **Hoja 1 de 1**	**ESPECTRO DE RESPUESTA** **ZARAGOZA Y SISMO DE DISEÑO** **COMPONENTE HORIZONTAL**	**REV. 1** **Noviembre 27, 2002**

Acelerograma Sintético
SMC-1 PGA = 0.24 g



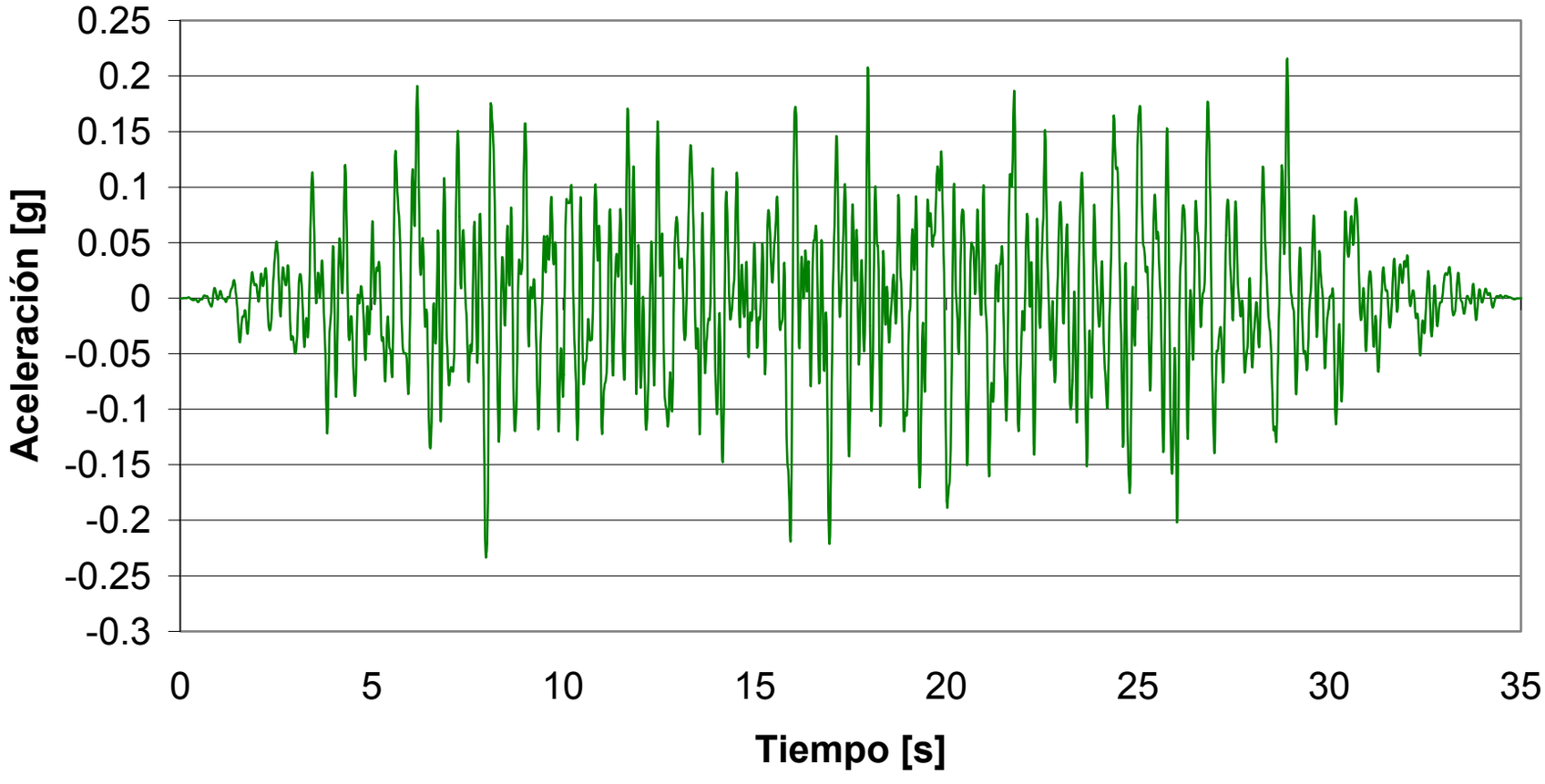
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.4 **Hoja 1 de 1**	**ACELEROGRAMA (SMC)** **SEÑAL SINTETICA 1** **COMPONENTE HORIZONTAL**	**REV. 1** **Noviembre 27, 2002**

Acelerograma Sintético
SMC-2 PGA = 0.24 g

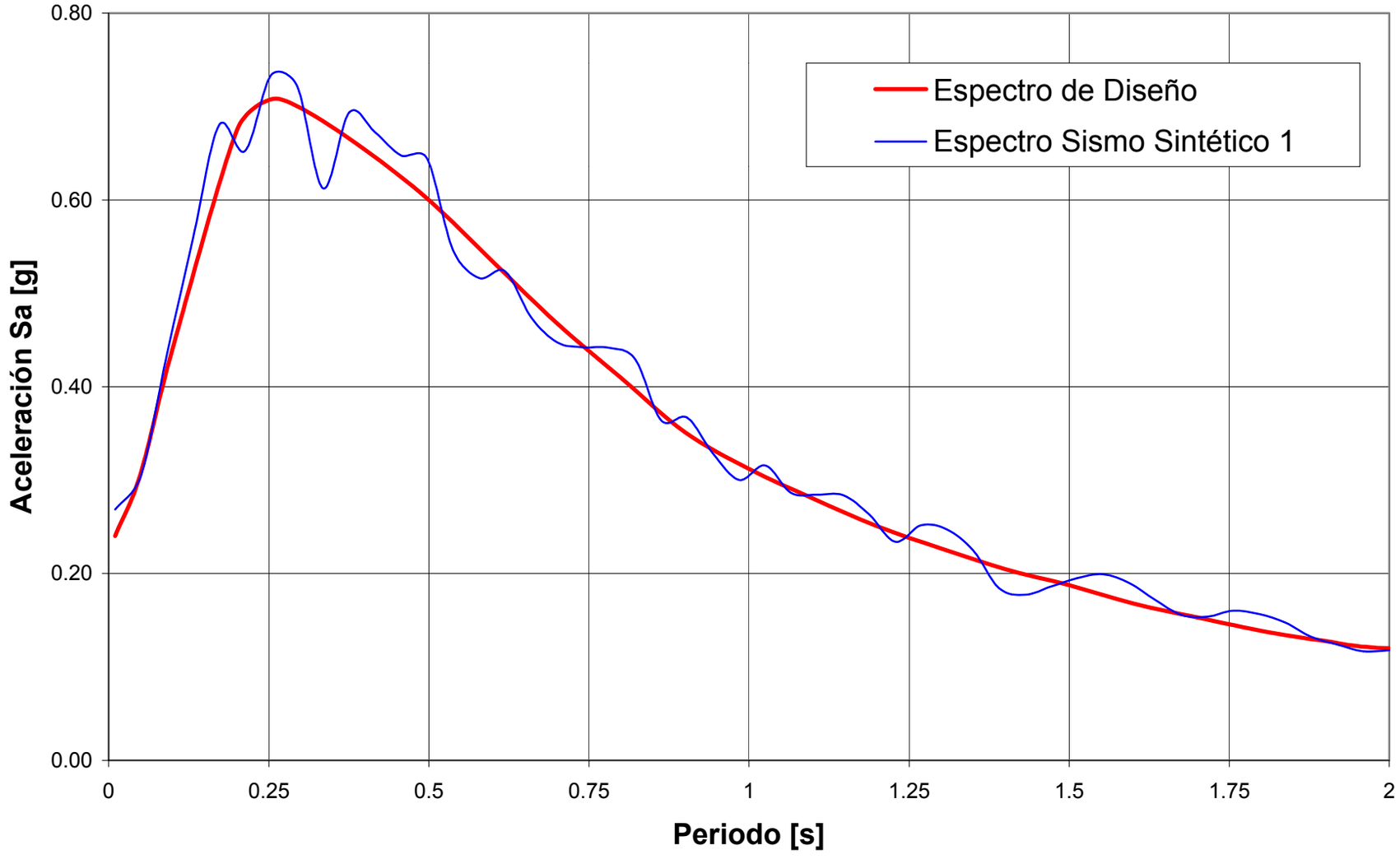


Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.5 **Hoja 1 de 1**	**ACELEROGRAMA (SMC)** **SEÑAL SINTETICA 2** **COMPONENTE HORIZONTAL**	**REV. 1** **Noviembre 27, 2002**

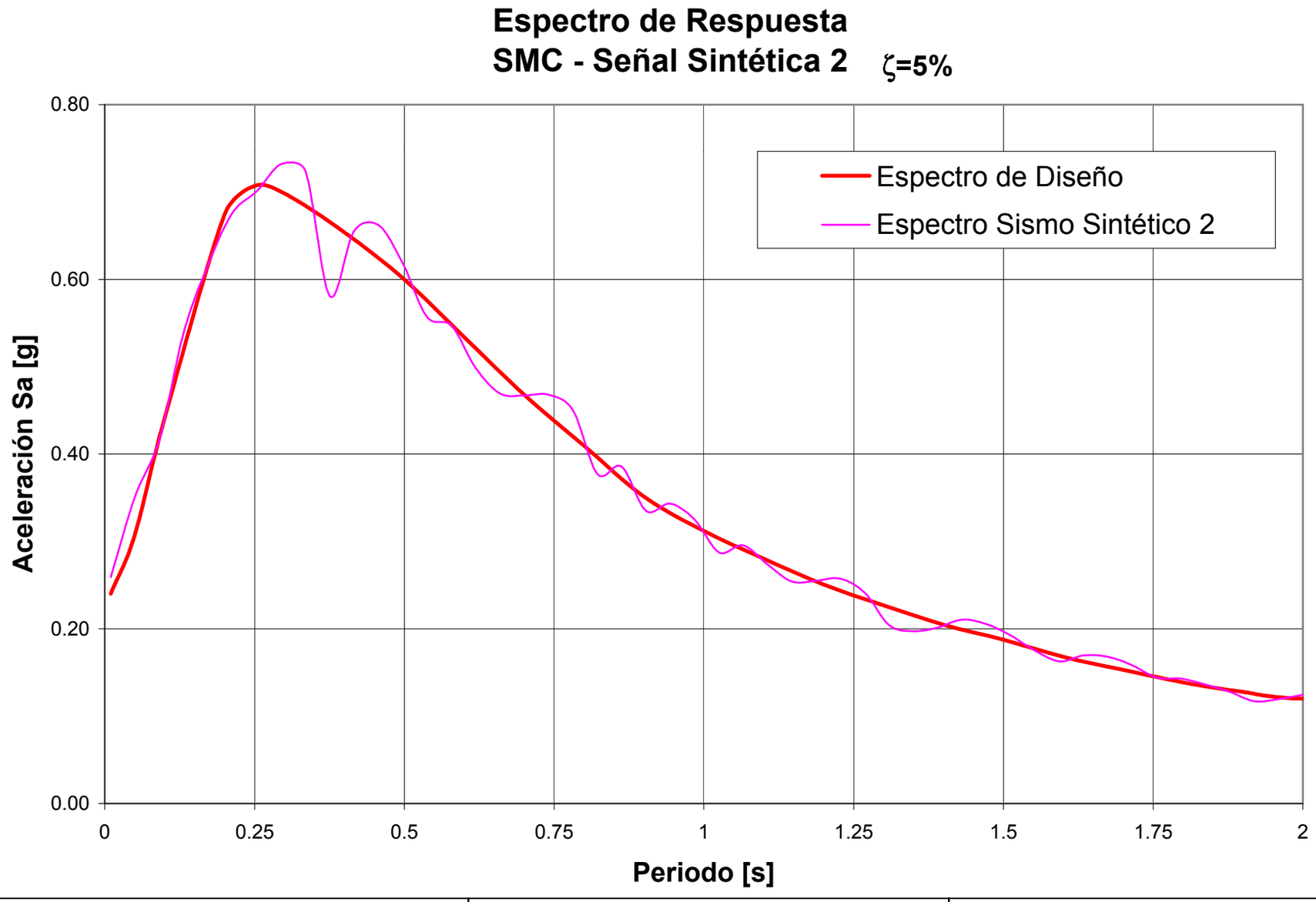
Acelerograma Sintético
SMC-3 PGA = 0.24 g



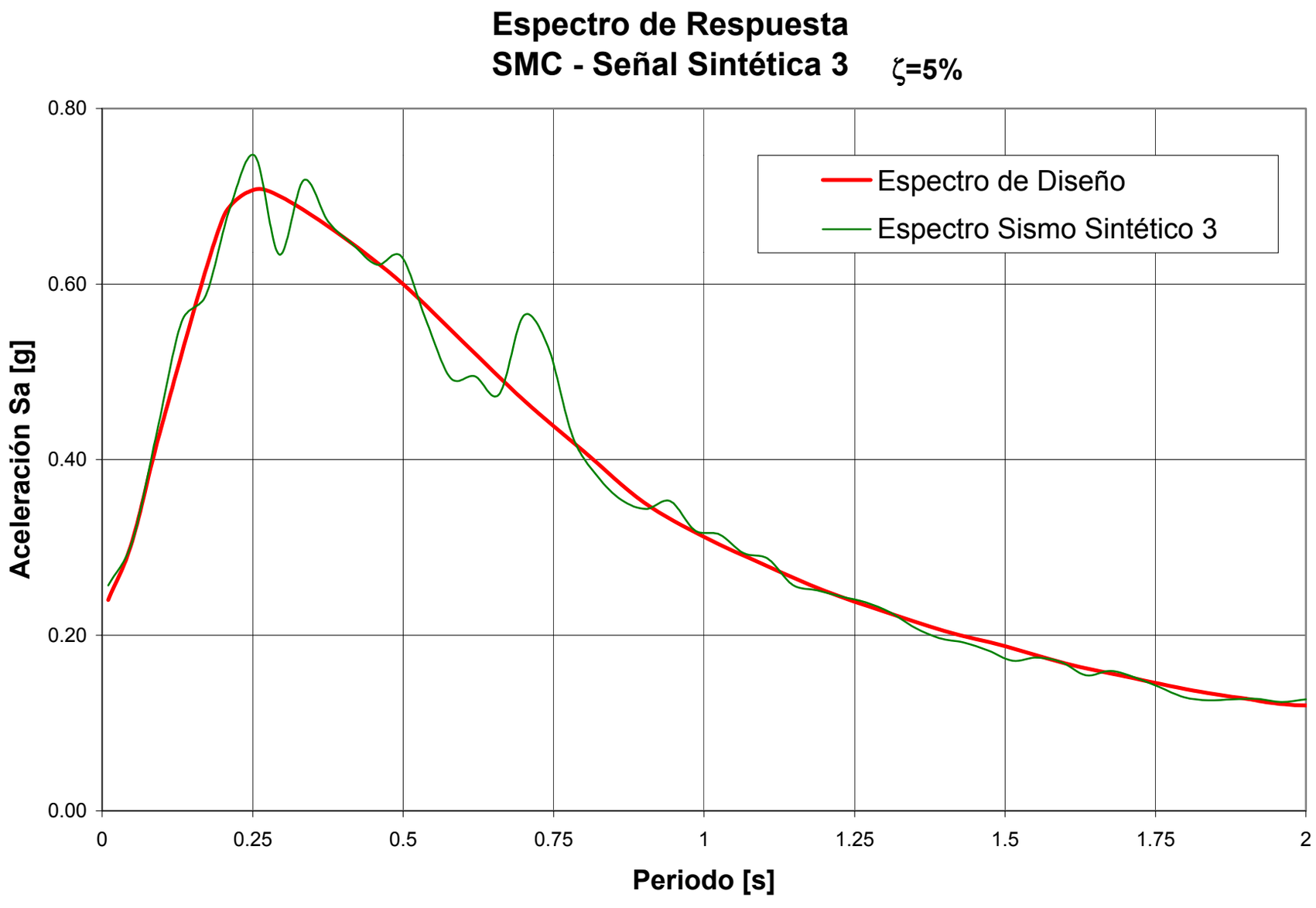
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.6 Hoja 1 de 1	ACELEROGRAMA (SMC) SEÑAL SINTETICA 3 COMPONENTE HORIZONTAL	REV. 1 Noviembre 27, 2002



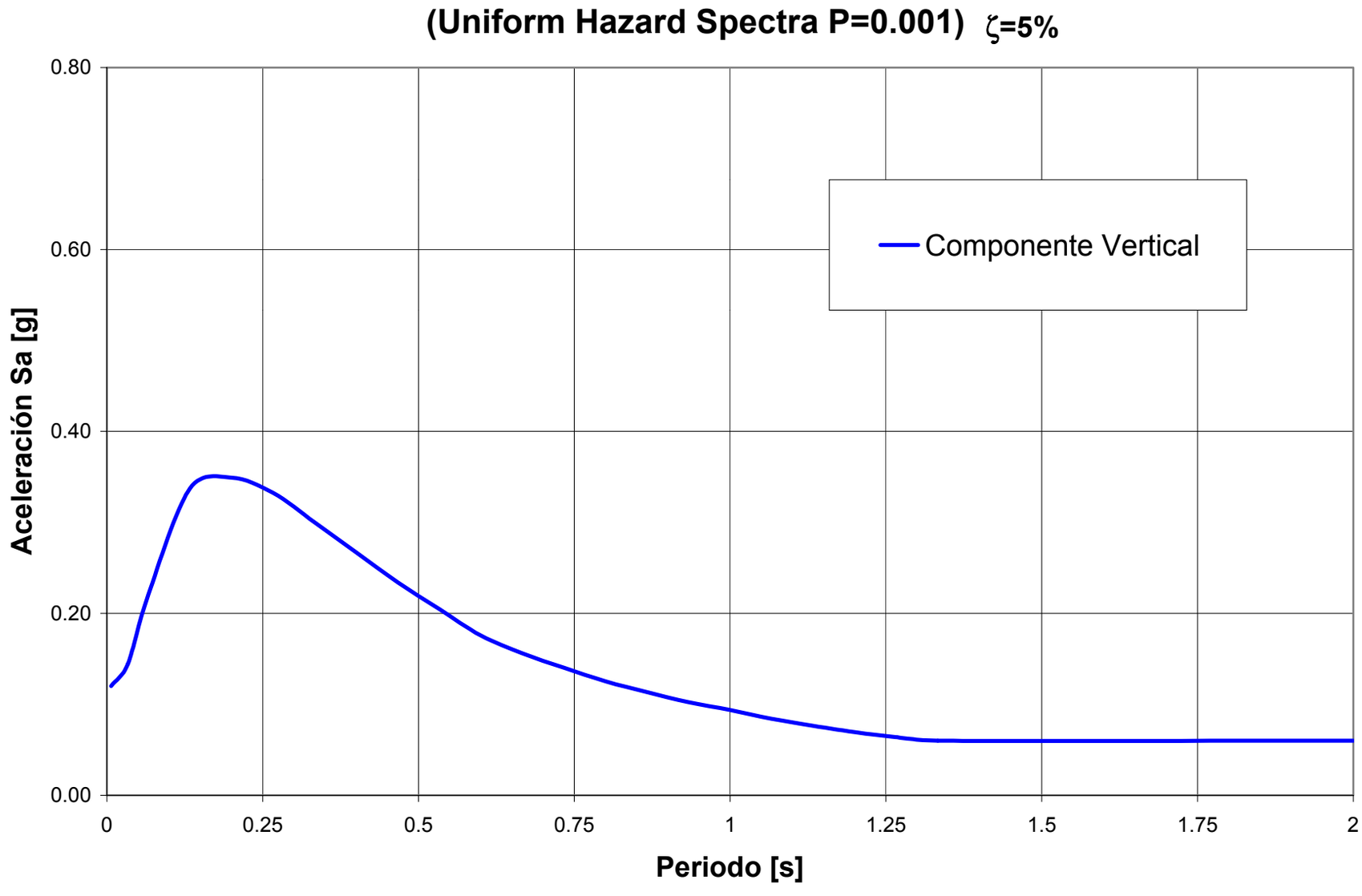
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.7 **Hoja 1 de 1**	**ESPECTRO DE RESPUESTA** **SEÑAL SINTETICA 1 – (SMC)** **COMPONENTE HORIZONTAL**	**REV. 1** **Noviembre 27, 2002**



Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.8 Hoja 1 de 1	ESPECTRO DE RESPUESTA SEÑAL SINTETICA 2 – (SMC) COMPONENTE HORIZONTAL	REV. 1 Noviembre 27, 2002

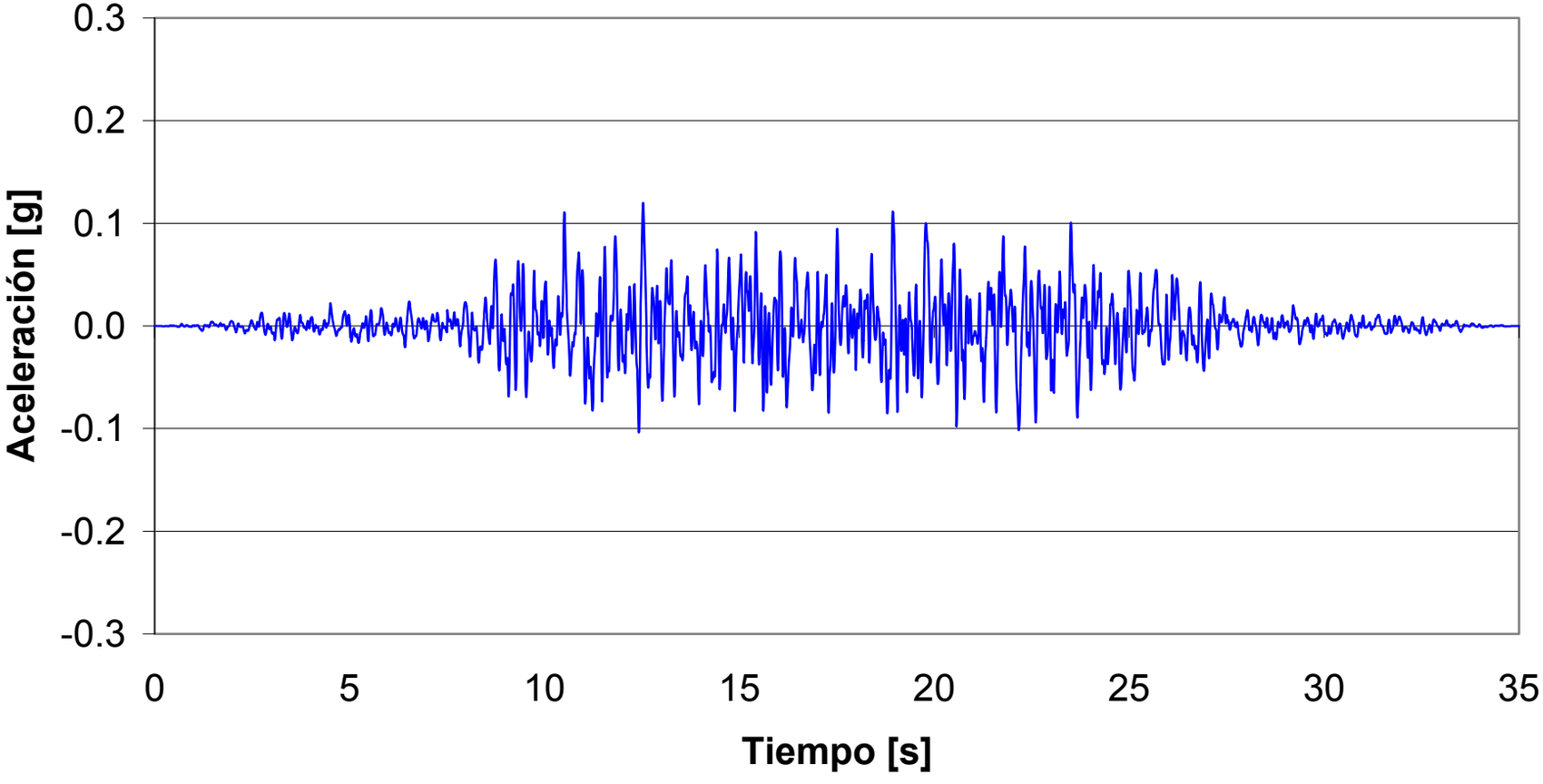


Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.9 Hoja 1 de 1	ESPECTRO DE RESPUESTA SEÑAL SINTETICA 3 – (SMC) COMPONENTE HORIZONTAL	REV. 1 Noviembre 27, 2002



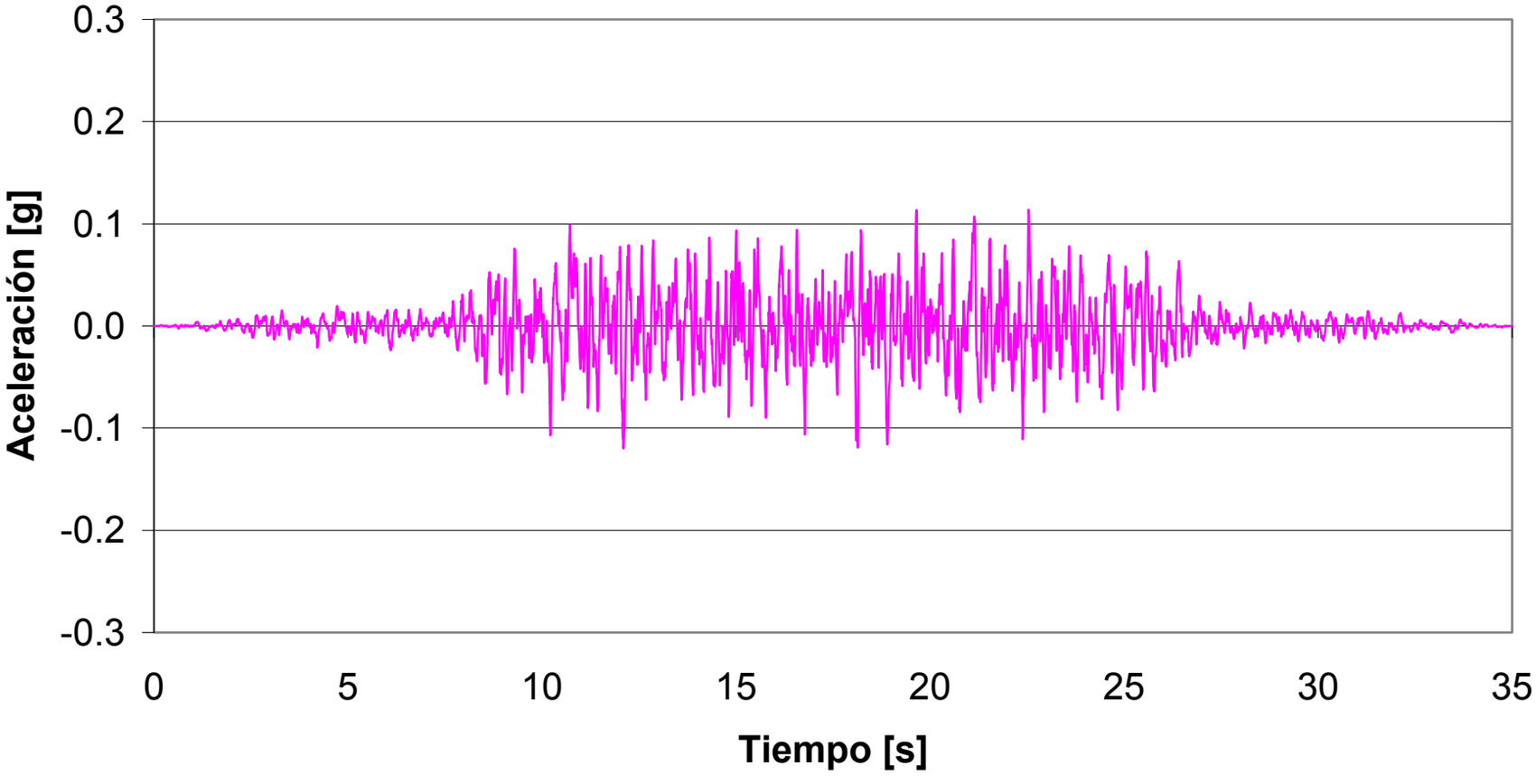
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.10 **Hoja 1 de 1**	**ESPECTRO DE DISEÑO (SMC)** **COMPONENTE VERTICAL**	**REV. 1** **Noviembre 27, 2002**

Acelerograma Sintético
SMC-1 PGA = 0.12 g



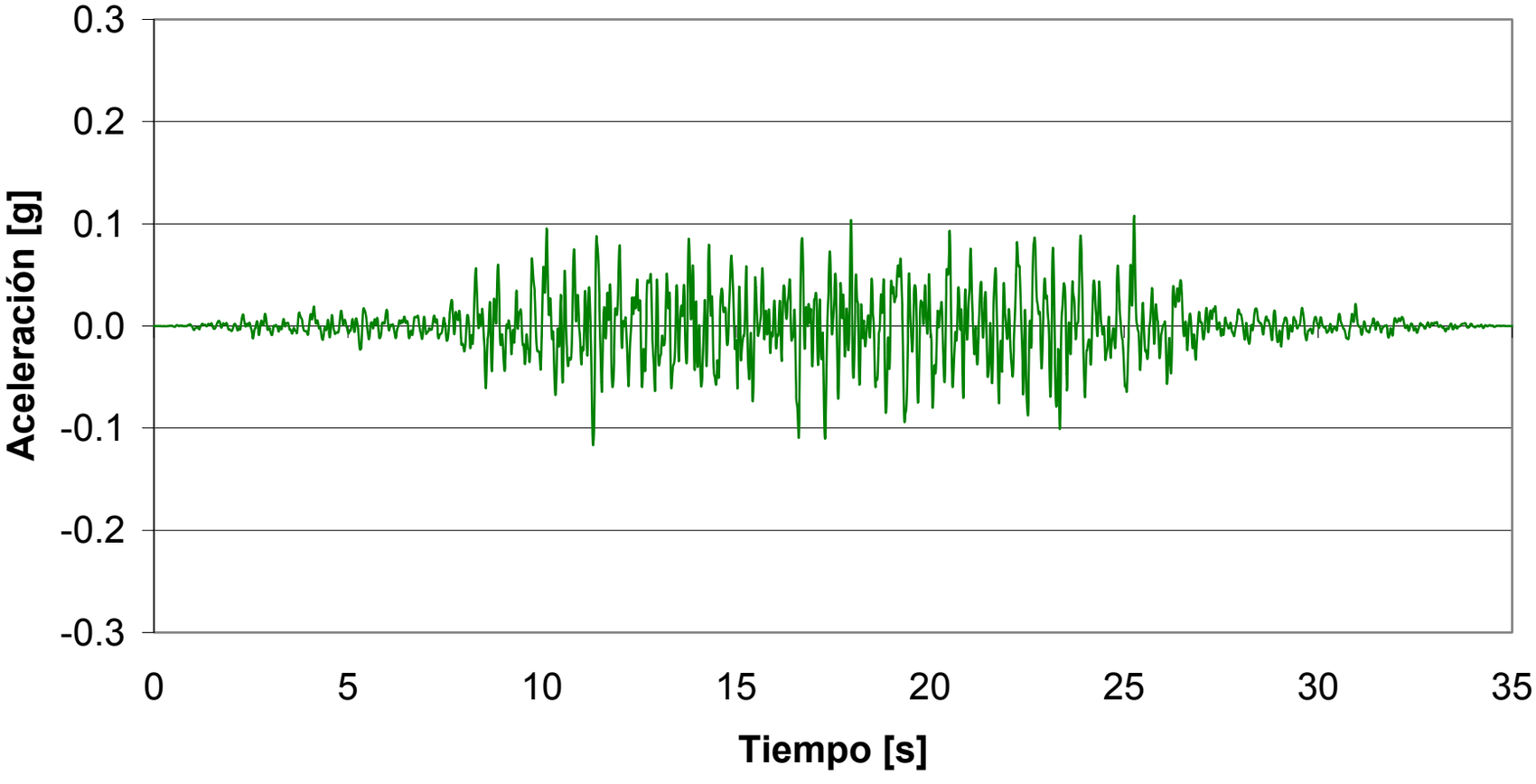
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.11 **Hoja 1 de 1**	**ACELEROGRAMA (SMC)** **SEÑAL SINTETICA 1** **COMPONENTE VERTICAL**	**REV. 1** **Noviembre 27, 2002**

Acelerograma Sintético
SMC-2 PGA = 0.12 g

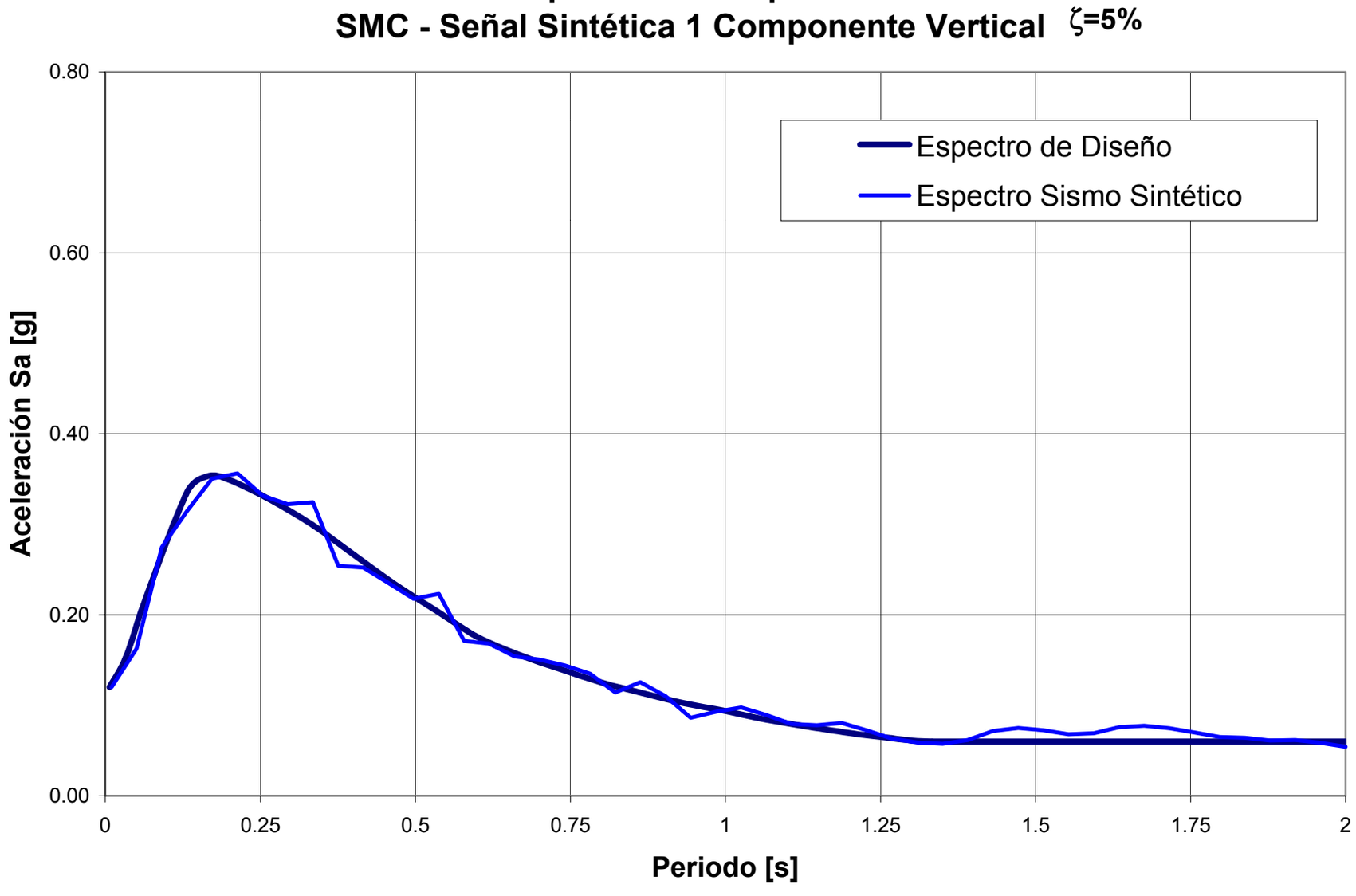


Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.12 Hoja 1 de 1	ACELEROGRAMA (SMC) SEÑAL SINTETICA 2 COMPONENTE VERTICAL	REV. 1 Noviembre 27, 2002

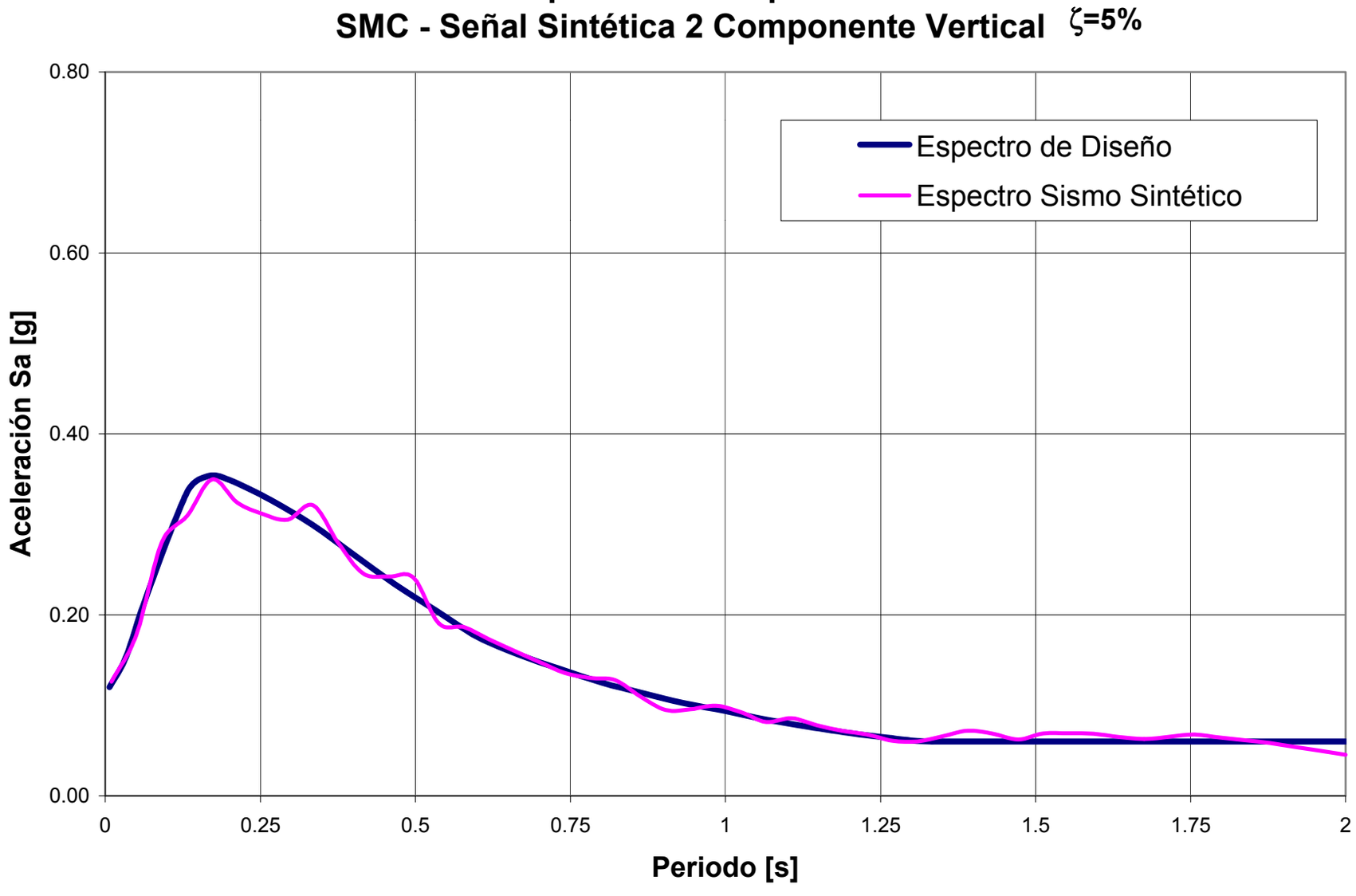
Acelerograma Sintético
SMC-3 PGA = 0.12 g



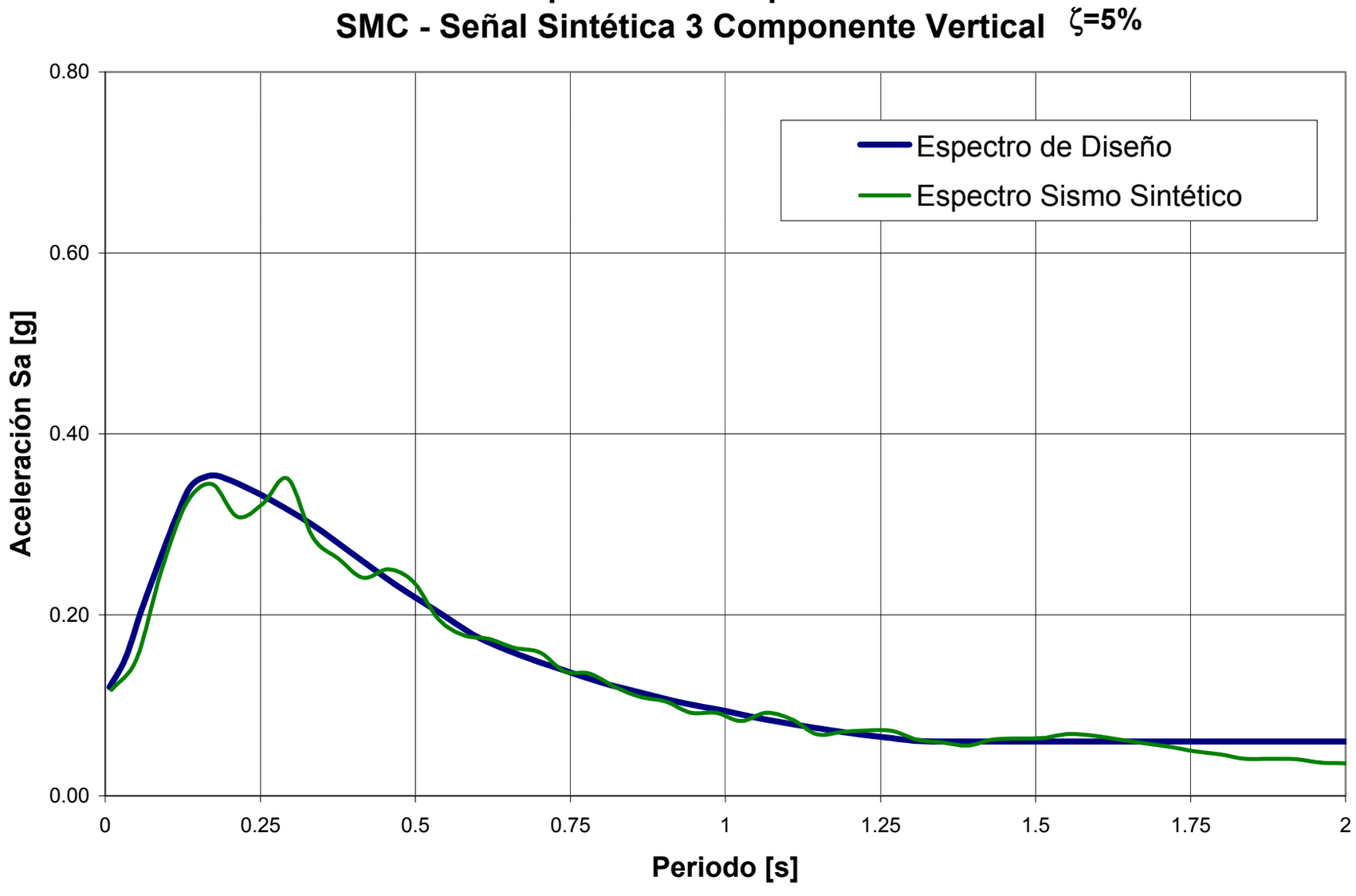
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.13 **Hoja 1 de 1**	**ACELEROGRAMA (SMC)** **SEÑAL SINTETICA 3** **COMPONENTE VERTICAL**	**REV. 1** **Noviembre 27, 2002**



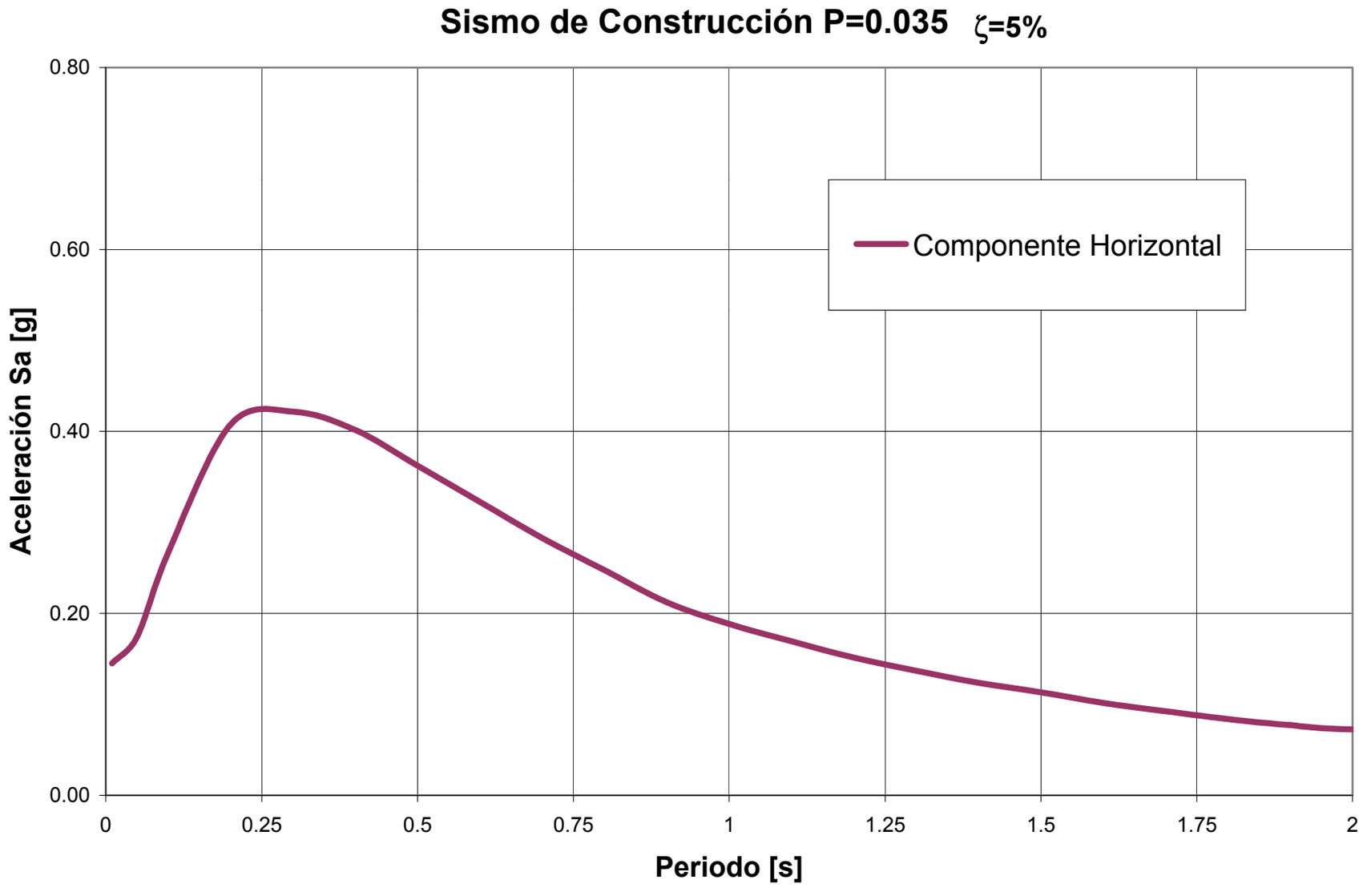
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.14 Hoja 1 de 1	ESPECTRO DE RESPUESTA SEÑAL SINTETICA 1 – (SMC) COMPONENTE VERTICAL	REV. 1 Noviembre 27, 2002



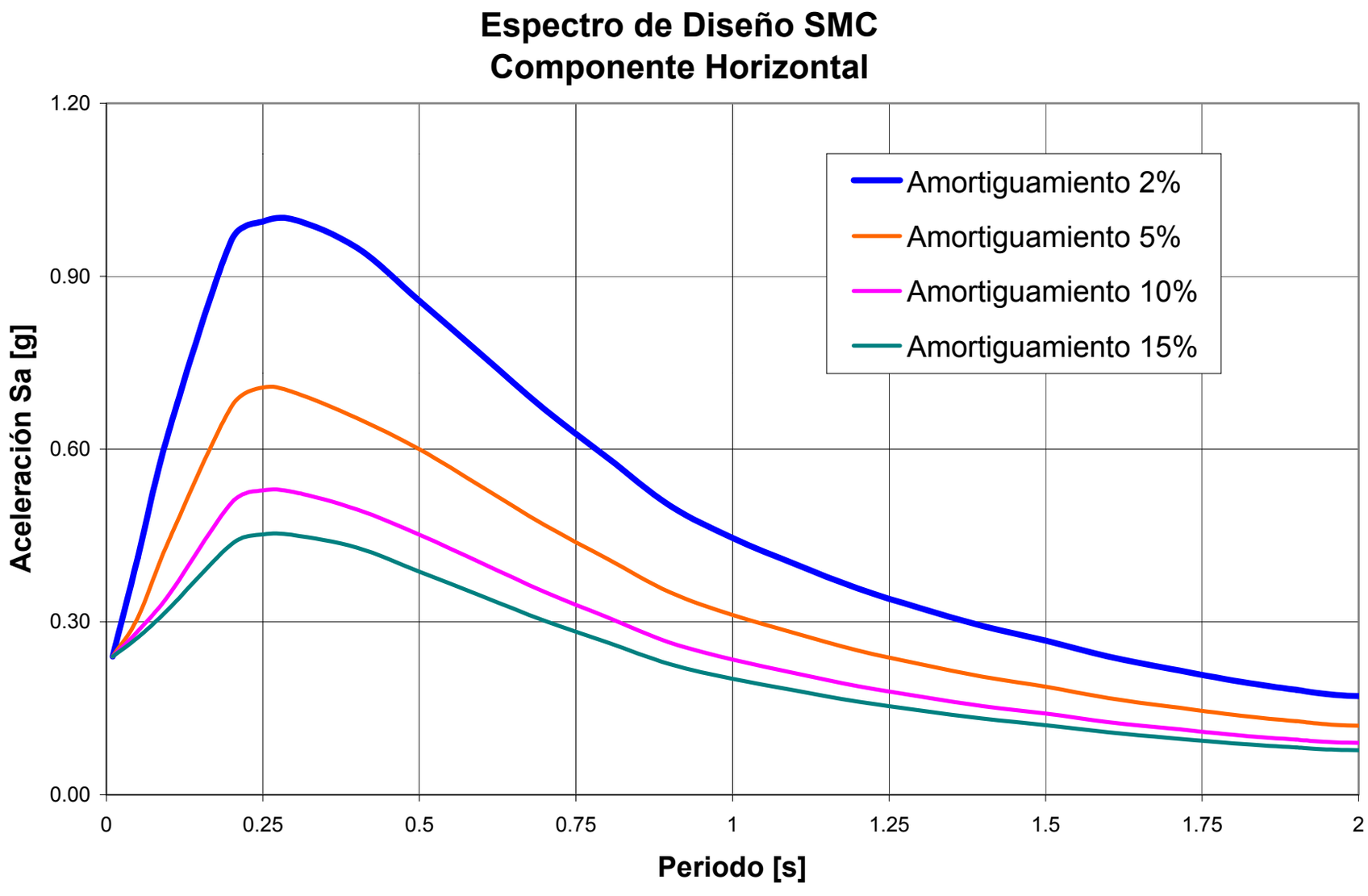
EEPP Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.15 **Hoja 1 de 1**	**ESPECTRO DE RESPUESTA** **SEÑAL SINTETICA 2 – (SMC)** **COMPONENTE VERTICAL**	**REV. 1** **Noviembre 27, 2002**



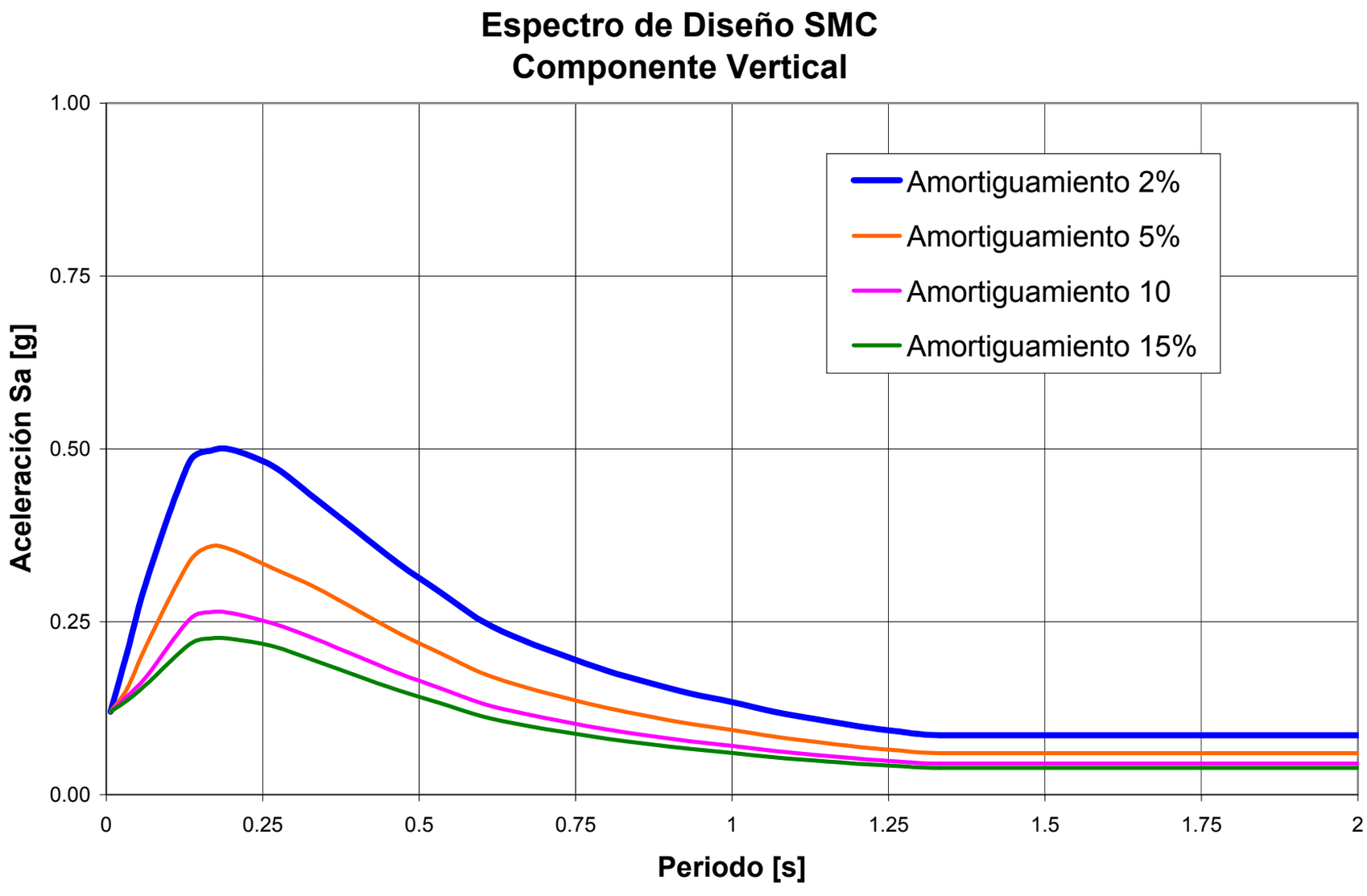
EEPP Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.16 Hoja 1 de 1	ESPECTRO DE RESPUESTA SEÑAL SINTETICA 3 – (SMC) COMPONENTE VERTICAL	REV. 1 Noviembre 27, 2002



Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.17 **Hoja 1 de 1**	**ESPECTRO DE DISEÑO** **SISMO DE CONSTRUCCION** **COMPONENTE HORIZONTAL**	**REV. 1** **Noviembre 27, 2002**



Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.18 Hoja 1 de 1	ESPECTRO DE DISEÑO (SMC) AMORTIGUAMIENTO 2%, 5%, 10% Y 15% COMPONENTE HORIZONTAL	REV. 1 Noviembre 27, 2002



Empresas Públicas de Medellín E.S.P. SUBGERENCIA PROYECTOS GENERACIÓN PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III	CONTRATO No. 030213329 DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCRICO PORCE III	CONSORCIO INGETEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES KLOHN CRIPPEN
FIGURA 4.19 Hoja 1 de 1	ESPECTRO DE DISEÑO (SMC) AMORTIGUAMIENTO 2%, 5%, 10% Y 15% COMPONENTE VERTICAL	REV. 1 Noviembre 27, 2002

5. CONCLUSIONES

- Las fuentes sísmicas que afectan el Proyecto Porce III son las fallas Romeral, Espíritu Santo, Palestina, Salinas y la zona de subducción Nazca-Suramérica.

- La fuente con mayor contribución a la amenaza sísmica del proyecto, es la zona de subducción Nazca-Suramérica. El contacto entre estas placas se localiza a una profundidad estimada de 80 km bajo el sitio del proyecto.

- La aceleración máxima correspondiente al sismo máximo creíble (SMC) en el sitio del proyecto es de 0.24g. Para los escenarios correspondientes al sismo básico de operación (SBO) y el sismo máximo probable (SMP) la aceleración máxima fue obtenida a partir del valor límite determinado en los análisis determinísticos y es igual a 0.24g.

-La amenaza sísmica del proyecto proviene de las fuentes sísmicas regionales identificadas durante el estudio de evaluación sismológica. No se considerará un tipo específico de amenaza sísmica de las fallas locales inducida por la presencia del embalse. Adicionalmente, no se encontraron fallas activas locales que afectan las obras previstas del proyecto.

-Un grupo de acelerogramas sintéticos fueron desarrollados de acuerdo con los espectros de diseño establecidos a partir del estudio de amenaza sísmica. Componentes horizontales y verticales de los sismos de diseño fueron establecidas y recomendaciones específicas para la amenaza sísmica durante el periodo de construcción fueron descritas.

6. REFERENCIAS

Abrahamson, N. A.; Silva, W. J. Empirical response spectral attenuation relations for shallow crustal earthquakes. Seismological Research Letters, Vol 68, No 1, January/February 1997.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Código colombiano de construcciones sismorresistentes - NSR - 98, Bogotá, Colombia, 1998.

Boore, D. M.; Joyner, W. B.; Fumal, T. E. Equations for estimating horizontal response spectra and peak acceleration from western North American earthquakes: A summary of recent work. Seismological Research Letters, Vol 68, No 1, January/February 1997.

Ingetec S.A., Hidramsa, CCC. Proyecto Porce III: Estudios de complementación y actualización de la factibilidad técnica, económica y ambiental, Informe de sismicidad y amenaza sísmica. Bogotá, 1998.

Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Estimación de la amenaza sísmica de la ciudad de Medellín. México D.F., 2000.
.
Integral S.A.. Estudio de evaluación de la presa Santa Rita: Actualización del estudio de sismología, 1998.

Integral S.A.; SEDIC S. A. Proyecto Hidroeléctrico Nechí: Diseño e ingeniería de las obras, Informe final - Evaluación de la amenaza sísmica, 1998.

Integral S.A.. Proyecto Hidroeléctrico Porce II: Diseño e ingeniería de las obras, Estudio de riesgo sísmico, Informe final, 1991.

Integral S.A.. Proyecto Hidroeléctrico Porce II: Diseño e ingeniería de las obras, Revisión del estudio de riesgo sísmico, 1991.

Integral S.A., EAFIT, Ingeominas, Universidad Nacional de Medellín. Instrumentación y microzonificación sísmica del área urbana de Medellín, 1999.

Integral S.A.. Revisión amenaza sísmica Porce II, 2002.

Newmark, N. M.; Blume, J. A.; Kapur, K. K. Seismic design spectra for nuclear power plants. Journal of the Power Division, Nov 1973.

Risk Engineering, Inc. EZ - FRISK User's manual V. 2.1. Boulder Colorado, USA, 1995.

Risk Engineering, Inc. EZ - FRISK User's manual V. 4.0. Boulder Colorado, USA, 1997.

Slemmons, D. B. State of the art for assessing earthquake hazards in the United States: Faults and earthquake magnitude, Reno, Nevada, 1977.

SIMQKE, “Simulation of Earthquake Ground Motions”, E.H. Vanmarcke, C.A. Cornell, D.A. Gasparini, and S.N. Hou, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts 1976. Modified: T.F. Blake, Newbury Park, California [PC DOS version] 1990.

Toro, G.; Abrahamson, N.; Schneider, J. F. Model of strong ground motions from earthquakes in central and eastern North America: Best estimates and uncertainties. Seismological Research Letters, Vol 68, No 1, January/February 1997.

U.S. Army Corps of Engineers (1995), “Seismic Design Provisions for Roller Compacted Concrete Dams”, Engineering and Design Pamphlet # 1110-2-12 30, Department of the Army, Washington DC, Septiembre 1995.

United States Commiteee on Large Dams (USCOLD). Updated guidelines for selecting seismic parameters for dam projects, Denver, Colorado, USA, 1999.

Wells, D. L.; Coppersmith, K. J. New empirical relations among magnitude, rupture lengh, rupture width, rupture area and surface displacement. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No 4, Aug 1994.

Woodward Clyde Consultants. Geología sísmica y sismicidad del noroeste de Colombia. Medellín, Colombia, 1986.

Yeats, R. S.; Sieh, K.; Allen, C. H. The geology of earthquakes. Oxford University Press, New York, USA,1997.

Youngs, R. R.; Chiou, S. J.; Silva, W. J.; Humprey, J. R. Strong ground motion attenuation relationships for subduction zone earthquakes. Seismological Research Letters, Vol 68, No 1, January/February 1997.

Youngs, R. R.; Coppersmith, K. J. Implications of fault slip rates and earthquake recurrence models to probabilistic seismic hazard estimates. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 75, No. 4, August 1985

WCD, World Commission on Dams (2000), “Operations, Monitoring and Decommissioning of Dams”, WCD Revisión Temática, pp 61-62.

7. ANEXO 1
CATÁLOGO SÍSMICO DEL PROYECTO PORCE III

ANEXO 1
CATÁLOGO SÍSMICO DEL PROYECTO PORCE III

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
1	1928	11	1	6,30	75,50	842575	1188697	0	3	81
2	1930	5	29	7,00	74,50	953508	1266350	220	6	71
3	1932	5	14	8,20	73,50	1064441	1399470	0	3	230
4	1935	9	18	5,50	76,00	787108	1099951	80	6,3	186
5	1938	5	2	7,50	75,00	898041	1321817	100	5,8	65
6	1942	12	26	8,50	75,50	842575	1432750	0	6,5	178
7	1944	4	12	6,20	76,40	742735	1177604	0	4,5	162
8	1944	8	12	5,10	73,60	1053348	1055577	0	3	266
9	1944	8	29	7,60	76,70	709455	1332910	0	4	188
10	1944	8	29	7,60	76,70	709455	1332910	0	3,5	188
11	1944	9	3	7,00	75,00	898041	1266350	0	4	17
12	1948	8	6	5,20	74,50	953508	1066671	130	5	205
13	1948	8	6	5,20	74,50	953508	1066671	0	3,5	205
14	1948	8	8	5,20	74,50	953508	1066671	0	3,5	205
15	1948	11	25	5,20	74,50	953508	1066671	0	3	205
16	1949	1	27	6,10	75,90	798202	1166511	0	3,5	125
17	1951	2	21	5,10	76,30	753828	1055577	0	3,5	241
18	1951	8	14	5,20	74,50	953508	1066671	223	5	205
19	1951	10	7	7,20	75,00	898041	1288537	96	5	33
20	1952	2	14	7,43	76,39	743844	1314052	18	6,7	149
21	1952	6	3	8,50	77,00	676175	1432750	96	4,1	270
22	1952	10	30	8,70	76,30	753828	1454937	0	5,7	234
23	1954	3	9	7,50	73,50	1064441	1321817	183	4,5	192
24	1954	9	16	8,20	73,50	1064441	1399470	0	4,5	230
25	1954	10	16	5,60	76,00	787108	1111044	0	4,5	176
26	1955	6	11	6,00	74,20	986788	1155417	0	3,5	147
27	1955	8	2	7,00	73,50	1064441	1266350	0	3,5	182
28	1955	9	8	8,00	77,00	676175	1377284	0	5	238
29	1956	2	7	6,68	76,63	717220	1230852	24	4	168
30	1956	8	2	5,13	76,22	762703	1058905	103	4,5	234
31	1956	9	6	7,50	77,00	676175	1321817	0	4,5	216
32	1957	10	12	6,90	73,70	1042254	1255257	0	3,5	160
33	1957	11	10	7,88	74,48	955727	1363972	52	5	128
34	1957	12	13	6,76	76,75	703908	1239726	52	6,7	180
35	1958	3	3	6,00	73,50	1064441	1155417	150	5	209
36	1958	5	23	6,90	73,50	1064441	1255257	0	3,5	182
37	1958	6	18	6,90	73,50	1064441	1255257	0	3,5	182
38	1958	6	23	7,00	74,00	1008974	1266350	0	3	127
39	1958	7	11	7,20	73,40	1075534	1288537	0	3,5	195
40	1958	7	27	7,00	73,70	1042254	1266350	0	3,5	160
41	1958	11	14	7,10	73,90	1020068	1277444	0	3	139
42	1958	11	15	7,00	73,50	1064441	1266350	0	3	182
43	1958	11	23	6,00	76,00	787108	1155417	0	4	141
44	1958	11	26	7,20	73,50	1064441	1288537	218	4,5	184
45	1958	12	5	7,00	77,00	676175	1266350	0	4,5	207
46	1958	12	9	7,00	74,00	1008974	1266350	209	4,5	127
47	1959	1	13	7,50	74,50	953508	1321817	134	4	95
48	1959	1	26	7,50	73,50	1064441	1321817	0	3,5	192
49	1959	2	26	6,75	76,50	731642	1238617	36	4	153
50	1959	2	27	7,50	77,00	676175	1321817	0	3	216
51	1959	3	1	7,50	77,00	676175	1321817	0	4	216
52	1959	3	30	6,90	73,60	1053348	1255257	0	3,5	171
53	1959	4	7	7,50	74,00	1008974	1321817	0	4	141
54	1959	4	10	5,60	76,20	764922	1111044	0	3,5	189

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
55	1959	4	11	7,10	74,00	1008974	1277444	0	3,5	128
56	1959	4	13	7,00	73,75	1036708	1266350	0	4	154
57	1959	4	15	6,90	73,70	1042254	1255257	175	4	160
58	1959	4	27	7,10	73,40	1075534	1277444	0	3	194
59	1959	5	10	6,80	73,40	1075534	1244164	0	3,5	193
60	1959	5	12	7,50	77,00	676175	1321817	6	4	216
61	1959	5	28	7,10	73,60	1053348	1277444	168	5	172
62	1959	6	8	7,10	73,90	1020068	1277444	0	3,5	139
63	1959	6	29	7,10	74,00	1008974	1277444	0	3,5	128
64	1959	6	29	7,00	73,50	1064441	1266350	0	3	182
65	1959	8	30	7,10	73,90	1020068	1277444	0	3	139
66	1959	9	9	7,20	73,90	1020068	1288537	0	3	141
67	1959	9	16	7,50	74,00	1008974	1321817	0	4	141
68	1959	9	24	7,00	73,50	1064441	1266350	0	3	182
69	1959	10	3	7,00	73,40	1075534	1266350	0	3,5	193
70	1959	10	16	7,00	74,00	1008974	1266350	178	4	127
71	1959	10	25	7,00	73,50	1064441	1266350	0	3	182
72	1959	11	19	6,89	73,35	1081081	1254148	0	3	198
73	1959	12	7	6,80	73,40	1075534	1244164	0	3,5	193
74	1959	12	13	6,90	73,60	1053348	1255257	0	3,5	171
75	1960	1	1	7,00	76,50	731642	1266350	0	4	151
76	1960	1	5	7,30	74,00	1008974	1299630	0	3,5	133
77	1960	2	7	6,90	73,50	1064441	1255257	0	3,5	182
78	1960	2	7	7,00	73,50	1064441	1266350	0	3,5	182
79	1960	2	9	7,10	73,60	1053348	1277444	0	3,5	172
80	1960	2	19	7,60	73,60	1053348	1332910	245	3,3	186
81	1960	3	13	7,00	73,40	1075534	1266350	0	3	193
82	1960	3	13	7,50	77,00	676175	1321817	60	6,1	216
83	1960	3	14	7,50	77,00	676175	1321817	60	4,5	216
84	1960	3	21	7,00	73,60	1053348	1266350	0	3,5	171
85	1960	3	25	6,50	73,50	1064441	1210884	0	3,5	188
86	1960	4	2	5,90	74,10	997881	1144324	0	3	163
87	1960	4	22	5,90	75,60	831481	1144324	0	3,5	126
88	1960	5	3	7,50	73,50	1064441	1321817	100	3,5	192
89	1960	5	11	7,00	73,50	1064441	1266350	0	3,5	182
90	1960	5	14	7,10	73,70	1042254	1277444	0	3,5	161
91	1960	6	7	7,00	74,00	1008974	1266350	0	4	127
92	1960	6	8	7,10	73,80	1031161	1277444	0	3,5	150
93	1960	6	21	7,00	73,50	1064441	1266350	0	3,5	182
94	1960	6	30	7,10	73,60	1053348	1277444	0	3,5	172
95	1960	8	25	5,60	74,40	964601	1111044	0	3,5	169
96	1960	9	2	7,00	73,50	1064441	1266350	0	3,5	182
97	1960	9	15	7,00	73,50	1064441	1266350	0	3,5	182
98	1960	11	7	7,00	73,60	1053348	1266350	0	3	171
99	1961	4	12	6,90	73,50	1064441	1255257	35	4	182
100	1961	5	22	7,00	73,80	1031161	1266350	122	3,5	149
101	1961	10	16	6,50	73,50	1064441	1210884	0	3,5	188
102	1961	11	9	7,00	73,50	1064441	1266350	0	3,5	182
103	1961	12	23	6,40	73,40	1075534	1199791	197	4,7	202
104	1962	1	20	6,50	73,50	1064441	1210884	141	3,5	188
105	1962	1	26	7,00	74,00	1008974	1266350	163	3,5	127
106	1962	2	18	8,08	74,87	912463	1386158	24	5,6	130
107	1962	4	25	5,25	73,75	1036708	1072217	0	3,5	242
108	1962	6	1	7,10	73,90	1020068	1277444	0	3,5	139

ANEXO 1
CATÁLOGO SÍSMICO DEL PROYECTO PORCE III

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
109	1962	7	30	5,23	76,34	749391	1069999	59	6,7	231
110	1962	8	3	5,20	76,40	742735	1066671	79	4	238
111	1962	8	4	7,10	73,70	1042254	1277444	0	3,5	161
112	1962	9	5	6,60	73,40	1075534	1221977	200	4	196
113	1962	9	11	7,30	73,80	1031161	1299630	102	3,5	154
114	1962	9	28	5,18	76,16	769359	1064452	97	4	225
115	1962	9	28	5,20	76,20	764922	1066671	127	4	226
116	1962	10	14	7,10	73,70	1042254	1277444	0	3,5	161
117	1962	11	8	7,00	73,50	1064441	1266350	0	3,5	182
118	1962	12	4	7,00	73,40	1075534	1266350	0	3,5	193
119	1963	1	12	7,10	73,50	1064441	1277444	0	3,5	183
120	1963	1	16	7,50	74,50	953508	1321817	33	4,4	95
121	1963	3	11	5,10	76,40	742735	1055577	95	3	247
122	1963	4	18	7,00	73,60	1053348	1266350	0	3,5	171
123	1963	5	1	7,00	73,50	1064441	1266350	0	3	182
124	1963	6	2	8,40	74,80	920228	1421657	34	3,8	167
125	1963	6	8	6,00	77,00	676175	1155417	0	4	231
126	1963	7	4	7,50	76,90	687268	1321817	41	3,2	205
127	1963	9	30	7,30	76,90	687268	1299630	33	3,2	200
128	1963	11	13	7,00	73,50	1064441	1266350	149	4	182
129	1964	3	25	7,62	75,39	854777	1335129	47	4,1	81
130	1964	5	5	7,20	73,40	1075534	1288537	122	3,8	195
131	1964	5	10	7,64	75,18	878073	1337348	75	3	78
132	1964	12	27	7,43	73,50	1064441	1314052	85	3	190
133	1965	1	14	5,33	76,19	766031	1081092	103	3	213
134	1965	4	22	6,73	73,38	1077753	1236398	178	3,3	196
135	1965	6	19	6,30	73,40	1075534	1188697	206	3,5	205
136	1965	12	23	5,29	74,30	975695	1076655	57	3,9	205
137	1966	1	9	5,07	76,63	717220	1052250	47	4,2	265
138	1966	1	29	5,71	76,14	771578	1123247	78	3	176
139	1966	1	29	7,30	73,40	1075534	1299630	116	3,8	197
140	1966	3	5	8,16	74,67	934649	1395033	62	3,2	145
141	1966	3	29	7,23	73,60	1053348	1291865	168	3,2	174
142	1966	7	30	6,27	73,85	1025614	1185369	66	3,2	161
143	1967	2	15	7,30	73,50	1064441	1299630	78	3	186
144	1967	4	1	7,95	74,80	920228	1371737	52	3,5	119
145	1967	5	8	6,75	73,39	1076644	1238617	36	3,9	195
146	1967	11	26	5,11	76,37	746063	1056687	98	3,2	244
147	1968	10	21	6,54	76,54	727204	1215321	25	3,6	162
148	1968	12	23	7,20	73,50	1064441	1288537	82	3	184
149	1969	5	29	6,60	73,60	1053348	1221977	40	3,5	175
150	1969	6	29	6,10	74,20	986788	1166511	40	4,2	139
151	1969	7	15	5,09	76,08	778234	1054468	133	3,5	230
152	1969	11	6	5,18	76,29	754938	1064452	108	3,9	233
153	1969	12	27	7,00	73,90	1020068	1266350	33	3,5	138
154	1970	8	6	5,75	76,10	776015	1127684	33	3,2	169
155	1970	10	28	6,16	77,00	676175	1173167	96	3	224
156	1970	12	3	7,40	76,08	778234	1310724	5	6	117
157	1971	2	1	7,17	73,42	1073316	1285209	125	3	192
158	1971	3	28	5,16	75,74	815951	1062233	146	3,5	208
159	1971	9	19	7,23	73,43	1072206	1291865	118	3,2	192
160	1972	1	20	6,77	75,51	841465	1240836	78	3,2	45
161	1972	3	31	6,60	73,50	1064441	1221977	9	3,5	186
162	1972	4	15	7,05	76,94	682831	1271897	5	3,6	200

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
163	1972	5	29	5,22	75,80	809295	1068889	119	3,9	204
164	1972	6	10	7,00	75,60	831481	1266350	40	3	52
165	1972	6	11	6,70	73,50	1064441	1233071	13	3,2	184
166	1972	7	27	8,11	74,10	997881	1389486	0	3,2	174
167	1972	10	20	6,95	73,32	1084409	1260804	146	3,2	202
168	1972	12	8	8,44	75,54	838137	1426094	72	3,2	173
169	1973	1	21	6,32	74,28	977913	1190916	77	4,5	117
170	1973	4	24	5,23	75,82	807076	1069999	110	4,5	204
171	1973	4	25	5,18	76,95	681722	1064452	0	3,3	280
172	1973	4	25	5,74	76,87	690596	1126575	0	3,2	233
173	1973	4	28	5,50	76,95	681722	1099951	0	3,2	256
174	1973	11	3	7,21	74,43	961273	1289646	16	3,9	84
175	1974	6	2	5,51	76,83	695034	1101060	37	4,4	245
176	1974	6	23	6,63	73,55	1058894	1225305	57	3,9	179
177	1974	7	13	5,31	75,74	815951	1078873	0	3,5	192
178	1974	7	18	5,93	75,86	802639	1147652	0	3,2	137
179	1975	2	25	8,07	74,37	967929	1385049	0	3,2	152
180	1975	11	5	6,33	76,84	693924	1192025	35	5	200
181	1975	11	5	6,41	76,78	700580	1200900	54	3,2	191
182	1975	11	5	6,37	76,87	690596	1196463	32	3,2	202
183	1975	11	5	6,36	76,90	687268	1195353	33	3,3	206
184	1975	11	29	6,35	76,87	690596	1194244	14	3,9	203
185	1976	3	11	6,37	76,13	772687	1196463	53	3,9	127
186	1976	4	30	5,27	75,80	809295	1074436	71	3,3	199
187	1976	5	12	7,43	74,95	903588	1314052	61	4,2	59
188	1976	8	4	6,62	76,77	701690	1224196	70	3	184
189	1977	8	31	7,38	76,21	763812	1308505	30	6,4	129
190	1977	8	31	7,43	76,31	752719	1314052	94	3,8	141
191	1977	8	31	7,39	76,14	771578	1309614	56	3,8	122
192	1977	8	31	7,35	76,04	782671	1305177	72	4,4	110
193	1977	8	31	7,32	75,53	839247	1301849	145	3	61
194	1977	8	31	7,34	76,11	774906	1304068	67	3,3	117
195	1977	8	31	7,53	75,85	803748	1325145	75	3,3	103
196	1977	9	1	7,38	76,23	761594	1308505	59	4,9	131
197	1977	10	13	5,39	76,12	773796	1087748	127	3	203
198	1977	10	26	6,41	75,56	835919	1200900	68	3,5	75
199	1978	2	22	8,68	74,82	918009	1452718	105	3,3	197
200	1978	10	5	7,35	76,94	682831	1305177	35	3,6	205
201	1978	12	20	5,24	73,97	1012302	1071108	33	3,3	228
202	1979	3	28	6,01	73,89	1021177	1156527	119	3,8	172
203	1979	5	21	6,69	73,37	1078862	1231961	53	5,2	198
204	1979	5	29	5,28	75,73	817060	1075545	122	3,9	195
205	1979	10	31	8,04	74,15	992335	1381721	123	3,9	164
206	1980	1	18	7,94	74,09	998991	1370628	33	4,1	161
207	1980	3	6	5,98	74,21	985679	1153199	60	3,5	148
208	1980	3	9	7,48	73,94	1015630	1319598	101	3,9	146
209	1980	4	2	6,65	73,87	1023396	1227524	107	3,8	144
210	1980	5	25	5,45	74,50	953508	1094404	33	4,1	179
211	1980	6	22	7,75	74,44	960164	1349550	33	3,3	119
212	1980	10	28	7,26	74,76	924665	1295193	69	4,1	55
213	1980	12	3	5,78	75,74	815951	1131012	121	3,5	145
214	1980	12	17	7,63	76,54	727204	1336238	66	3,3	174
215	1980	12	19	7,51	76,06	780452	1322926	48	3,6	121
216	1981	1	25	6,89	76,43	739407	1254148	45	3,5	143

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
217	1981	2	25	6,94	76,26	758266	1259694	54	3,5	124
218	1981	4	27	7,05	76,57	723876	1271897	33	3,2	159
219	1981	4	27	7,01	76,62	718330	1267460	33	3,9	165
220	1981	4	27	7,02	76,43	739407	1268569	5	4,8	144
221	1981	5	15	7,71	76,93	683940	1345113	33	3,6	217
222	1981	8	23	8,33	74,25	981241	1413891	117	3	183
223	1981	8	25	6,95	76,60	720548	1260804	8	5	162
224	1981	8	25	7,05	76,54	727204	1271897	4	5	156
225	1981	8	25	6,99	76,55	726095	1265241	22	3,8	157
226	1981	8	26	7,02	76,41	741626	1268569	28	4	141
227	1981	8	27	6,94	76,57	723876	1259694	33	5	159
228	1981	8	27	6,98	76,59	721658	1264132	10	3,6	161
229	1981	8	27	6,99	76,56	724986	1265241	14	3,8	158
230	1981	8	28	6,99	76,52	729423	1265241	33	3,2	153
231	1981	8	28	6,95	76,82	696143	1260804	33	3,3	187
232	1981	8	30	6,91	76,53	728314	1256366	35	4	154
233	1981	8	31	7,10	76,53	728314	1277444	0	3,5	156
234	1981	9	25	7,30	73,57	1056676	1299630	120	3,2	179
235	1981	11	21	5,67	73,47	1067769	1118809	131	3	232
236	1981	12	27	6,84	76,84	693924	1248601	33	3	189
237	1982	1	17	5,78	74,17	990116	1131012	40	5	167
238	1982	5	5	7,09	76,48	733860	1276334	33	3,2	150
239	1982	9	8	6,71	76,63	717220	1234180	43	3	167
240	1982	9	8	7,07	73,56	1057785	1274116	92	3	176
241	1982	9	11	5,58	75,70	820388	1108825	10	3,2	163
242	1983	3	31	7,91	74,37	967929	1367300	33	3,5	138
243	1983	6	7	6,43	73,32	1084409	1203119	140	3,5	209
244	1983	8	31	5,06	76,22	762703	1051140	97	3	240
245	1983	10	24	7,08	73,38	1077753	1275225	147	3,2	196
246	1984	1	16	7,10	73,35	1081081	1277444	138	3,2	199
247	1984	1	28	6,70	74,54	949071	1233071	76	4,1	71
248	1984	5	17	6,90	76,67	712783	1255257	33	4,2	170
249	1984	11	7	5,84	73,97	1012302	1137668	122	3,6	178
250	1985	1	11	7,04	76,44	738298	1270788	42	3,6	145
251	1985	2	3	6,85	76,42	740516	1249710	37	3,9	143
252	1985	2	30	6,88	76,43	739407	1253038	39	3,9	143
253	1985	6	8	7,03	76,71	708346	1269678	33	4	175
254	1985	8	18	6,86	76,42	740516	1250820	33	3,2	142
255	1985	9	3	6,75	76,43	739407	1238617	35	3,9	145
256	1985	11	5	5,07	76,17	768250	1052250	108	3,9	237
257	1985	12	18	5,16	74,85	914681	1062233	11	4	200
258	1985	12	31	5,93	73,52	1062222	1147652	157	3,2	211
259	1986	1	15	6,96	76,54	727204	1261913	33	3,3	156
260	1986	1	29	6,86	76,73	706127	1250820	10	5,3	177
261	1986	1	29	7,16	76,33	750500	1284100	18	3,6	135
262	1986	1	29	7,02	76,64	716111	1268569	26	4,9	167
263	1986	1	30	6,93	76,60	720548	1258585	26	4,4	162
264	1986	1	30	6,95	76,58	722767	1260804	19	4,5	160
265	1986	2	1	7,10	76,42	740516	1277444	66	4	143
266	1986	3	17	6,78	73,48	1066660	1241945	185	3	185
267	1986	6	14	7,39	76,24	760484	1309614	54	3,9	132
268	1986	6	15	6,91	76,19	766031	1256366	46	3,3	117
269	1986	8	13	7,70	74,71	930212	1344004	50	4	97
270	1986	9	15	7,46	74,97	901369	1317380	68	3,8	61

ANEXO 1
CATÁLOGO SÍSMICO DEL PROYECTO PORCE III

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
271	1986	9	20	8,50	73,50	1064441	1432750	49	3,1	251
272	1986	10	11	6,85	75,16	880292	1249710	82	3,2	10
273	1986	10	21	5,70	76,23	761594	1122137	33	3,2	183
274	1986	12	10	6,92	76,23	761594	1257476	68	3	121
275	1986	12	12	6,88	76,19	766031	1253038	64	3,5	117
276	1987	3	10	6,11	76,61	719439	1167620	55	3,5	187
277	1987	3	19	6,78	76,47	734970	1241945	10	4,2	149
278	1987	3	19	6,91	76,21	763812	1256366	64	3,5	119
279	1987	3	19	6,93	76,36	747172	1258585	17	4,1	136
280	1987	3	19	6,97	76,41	741626	1263022	33	3,9	141
281	1987	5	9	6,78	73,83	1027833	1241945	33	3,6	146
282	1987	5	9	7,53	75,04	893604	1325145	76	3,3	67
283	1987	5	25	7,56	74,78	922447	1328473	74	3,3	80
284	1987	6	24	6,86	76,41	741626	1250820	33	4,6	141
285	1987	6	24	6,85	76,33	750500	1249710	48	3,8	133
286	1987	6	29	7,39	74,77	923556	1309614	83	3	65
287	1987	11	10	6,75	76,23	761594	1238617	33	3,7	123
288	1987	11	11	6,80	76,36	747172	1244164	9	5,1	136
289	1987	11	11	6,90	76,37	746063	1255257	33	4,1	137
290	1988	4	4	6,92	73,32	1084409	1257476	163	3,2	202
291	1988	4	23	7,31	73,41	1074425	1300740	173	3,6	196
292	1988	6	30	6,84	73,40	1075534	1248601	167	3,3	193
293	1988	11	29	5,16	76,55	726095	1062233	75	5,1	252
294	1988	12	31	5,10	75,78	811514	1055577	118	3,9	216
295	1989	3	8	8,61	75,11	885839	1444953	59	3,6	186
296	1989	3	25	6,60	76,63	717220	1221977	14	3,5	170
297	1989	4	2	6,72	73,47	1067769	1235289	196	3	187
298	1989	6	19	5,62	74,40	964601	1113263	121	3	167
299	1989	8	30	6,78	73,57	1056676	1241945	187	3	175
300	1989	9	23	6,95	76,47	734970	1260804	10	3,8	148
301	1989	10	30	6,49	76,03	783780	1209775	88	3,2	111
302	1989	11	24	6,80	73,38	1077753	1244164	174	3	196
303	1990	1	10	5,66	75,79	810404	1117700	62	4,1	159
304	1990	1	14	6,35	74,25	981241	1194244	237	3,5	118
305	1990	4	16	6,74	73,37	1078862	1237508	180	3,2	197
306	1990	8	20	6,83	76,84	693924	1247492	43	3,5	189
307	1990	10	16	6,92	76,47	734970	1257476	50	4	148
308	1990	11	25	8,13	74,98	900260	1391705	80	3,6	134
309	1990	12	19	8,09	73,91	1018958	1387268	94	3,5	187
310	1991	3	15	6,65	76,89	688378	1227524	11	3,2	197
311	1991	5	14	6,91	74,50	953508	1256366	71	3,3	71
312	1991	6	30	8,21	74,61	941305	1400580	35	3,9	153
313	1991	8	13	6,80	76,40	742735	1244164	33	3,6	141
314	1991	12	24	6,90	76,27	757156	1255257	39	3,6	126
315	1992	1	2	5,67	73,84	1026724	1118809	0	5,4	201
316	1992	1	5	7,94	73,97	1012302	1370628	101	3,3	171
317	1992	1	10	6,87	76,33	750500	1251929	15	3,9	132
318	1992	4	29	7,04	75,92	795983	1270788	35	3,5	88
319	1992	6	11	7,69	73,38	1077753	1342894	100	3,3	212
320	1992	8	14	7,07	76,40	742735	1274116	125	3	141
321	1992	8	15	5,15	75,58	833700	1061124	107	5,1	204
322	1992	10	15	7,10	76,70	709455	1277444	10	3,6	174
323	1992	10	17	6,88	76,76	702799	1253038	14	6,8	180
324	1992	10	17	6,73	76,69	710564	1236398	46	3,8	174

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
325	1992	10	17	6,82	76,72	707236	1246382	10	3,9	176
326	1992	10	17	7,34	76,69	710564	1304068	10	3,3	178
327	1992	10	17	6,95	76,69	710564	1260804	7	3	172
328	1992	10	17	7,43	76,30	753828	1314052	39	3,7	140
329	1992	10	17	6,94	76,68	711674	1259694	10	3,5	171
330	1992	10	18	6,98	76,45	737188	1264132	13	4,5	146
331	1992	10	18	7,15	76,84	693924	1282990	10	7,3	190
332	1992	10	18	7,68	76,44	738298	1341785	51	4,1	166
333	1992	10	18	6,95	76,87	690596	1260804	10	4,1	192
334	1992	10	18	7,08	76,75	703908	1275225	10	3,8	180
335	1992	10	18	8,27	76,14	771578	1407236	10	3,2	185
336	1992	10	18	6,83	76,75	703908	1247492	13	3,9	179
337	1992	10	18	7,50	76,46	736079	1321817	10	3,8	159
338	1992	10	18	6,81	76,76	702799	1245273	17	3,9	180
339	1992	10	18	7,12	76,71	708346	1279662	12	4,8	176
340	1992	10	18	7,50	76,51	730532	1321817	10	3,5	165
341	1992	10	18	7,65	76,21	763812	1338457	10	3,6	143
342	1992	10	18	6,87	76,29	754938	1251929	30	3,6	128
343	1992	10	18	7,06	76,75	703908	1273006	13	5,2	179
344	1992	10	18	6,85	76,63	717220	1249710	14	4,6	166
345	1992	10	18	7,48	76,52	729423	1319598	3	4,6	165
346	1992	10	18	6,73	76,84	693924	1236398	10	3	190
347	1992	10	18	7,20	76,51	730532	1288537	15	4,3	155
348	1992	10	18	7,35	76,49	732751	1305177	10	3,2	157
349	1992	10	18	7,65	76,27	757156	1338457	10	4,6	149
350	1992	10	18	6,76	76,75	703908	1239726	25	3,8	180
351	1992	10	18	7,54	76,38	744954	1326254	10	3,5	153
352	1992	10	19	7,34	76,46	736079	1304068	10	3,3	153
353	1992	10	19	7,39	76,22	762703	1309614	10	3,2	130
354	1992	10	19	7,47	76,39	743844	1318489	58	3,3	151
355	1992	10	19	7,35	76,48	733860	1305177	10	3,3	156
356	1992	10	19	7,35	76,55	726095	1305177	30	3,6	163
357	1992	10	19	6,83	76,66	713892	1247492	10	4	169
358	1992	10	19	7,46	76,47	734970	1317380	12	4,4	159
359	1992	10	19	7,49	76,42	740516	1320708	13	3,4	155
360	1992	10	19	7,46	76,39	743844	1317380	8	3,9	151
361	1992	10	19	7,03	76,62	718330	1269678	15	3,6	165
362	1992	10	19	7,26	76,34	749391	1295193	10	3,5	138
363	1992	10	19	7,25	76,57	723876	1294084	10	3,5	163
364	1992	10	19	7,37	76,62	718330	1307396	10	3	171
365	1992	10	19	6,85	76,84	693924	1249710	10	3,3	189
366	1992	10	19	6,84	76,61	719439	1248601	33	3,6	164
367	1992	10	19	7,47	76,50	731642	1318489	30	4,3	162
368	1992	10	19	7,33	76,57	723876	1302958	10	3,3	165
369	1992	10	19	7,04	76,71	708346	1270788	10	3,5	175
370	1992	10	19	6,95	76,80	698362	1260804	10	3,9	184
371	1992	10	19	6,95	76,65	715002	1260804	2	4	168
372	1992	10	20	7,53	76,45	737188	1325145	36	3,5	160
373	1992	10	20	7,19	76,59	721658	1287428	10	3,6	164
374	1992	10	20	7,03	76,75	703908	1269678	10	3,5	179
375	1992	10	21	6,86	76,67	712783	1250820	10	3,6	170
376	1992	10	21	6,95	76,69	710564	1260804	19	3,3	172
377	1992	10	21	6,93	76,66	713892	1258585	13	3,7	169
378	1992	10	24	7,08	76,69	710564	1275225	43	3	173

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
379	1992	10	26	7,47	76,55	726095	1318489	2	4,4	168
380	1992	10	27	6,90	76,80	698362	1255257	10	4,7	184
381	1992	10	28	7,07	76,63	717220	1274116	10	3,8	166
382	1992	10	29	7,31	76,51	730532	1300740	34	4,5	158
383	1992	10	29	7,12	76,73	706127	1279662	6	4,3	178
384	1992	10	30	6,99	76,54	727204	1265241	33	3,5	156
385	1992	10	31	7,24	76,87	690596	1292974	26	3,2	195
386	1992	11	3	6,91	76,80	698362	1256366	13	3,5	184
387	1992	11	9	7,40	76,53	728314	1310724	18	3	163
388	1992	11	16	7,43	76,21	763812	1314052	49	3,6	131
389	1992	11	26	6,98	76,59	721658	1264132	10	4,1	161
390	1992	12	6	7,52	76,47	734970	1324036	33	3,6	161
391	1992	12	8	7,61	76,47	734970	1334020	10	3,5	166
392	1992	12	24	7,31	76,69	710564	1300740	33	3,5	177
393	1993	1	2	7,04	75,83	805967	1270788	24	3,2	78
394	1993	1	5	7,30	76,73	706127	1299630	65	3	181
395	1993	1	12	7,27	76,83	695034	1296302	28	3,4	191
396	1993	1	15	7,13	76,59	721658	1280772	39	3,2	163
397	1993	3	14	5,47	73,84	1026724	1096623	33	3,2	217
398	1993	4	3	7,34	77,00	676175	1304068	44	3,3	211
399	1993	4	16	8,29	75,22	873636	1409454	31	3,3	151
400	1993	6	6	6,32	73,58	1055566	1190916	121	3,5	186
401	1993	6	6	6,81	76,51	730532	1245273	0	3	153
402	1993	6	6	7,16	73,47	1067769	1284100	108	3	187
403	1993	6	7	7,38	76,47	734970	1308505	0	3,3	156
404	1993	6	8	6,77	76,81	697252	1240836	0	3,1	186
405	1993	6	12	6,59	73,53	1061113	1220868	114	3,6	183
406	1993	6	12	8,71	73,99	1010084	1456046	100	4,5	235
407	1993	6	13	8,33	73,53	1061113	1413891	116	3,2	236
408	1993	6	14	7,31	76,89	688378	1300740	0	3,7	199
409	1993	6	16	6,93	76,74	705018	1258585	0	3,2	178
410	1993	6	19	6,53	73,70	1042254	1214212	126	3,2	166
411	1993	6	20	7,34	76,93	683940	1304068	81	3,6	204
412	1993	6	21	7,97	74,62	940196	1373956	18	3,6	128
413	1993	6	22	7,51	74,16	991225	1322926	14	3,4	126
414	1993	6	23	7,02	76,97	679503	1268569	20	3,6	203
415	1993	6	23	6,58	76,89	688378	1219759	0	4,5	198
416	1993	6	25	5,59	74,03	1005646	1109935	117	3	193
417	1993	7	1	6,76	76,81	697252	1239726	0	3	187
418	1993	7	1	6,64	76,72	707236	1226415	0	3,3	179
419	1993	7	1	6,77	76,69	710564	1240836	0	3,1	173
420	1993	7	3	6,44	73,56	1057785	1204228	133	3,2	184
421	1993	7	3	6,67	76,83	695034	1229743	9	3,1	190
422	1993	7	6	6,74	73,32	1084409	1237508	111	3,8	203
423	1993	7	12	5,92	73,79	1032270	1146543	105	3	187
424	1993	7	13	7,43	76,81	697252	1314052	0	3,3	193
425	1993	7	14	7,68	73,68	1044473	1341785	0	3,2	182
426	1993	7	15	8,15	73,56	1057785	1393924	108	3,3	221
427	1993	7	15	6,88	76,76	702799	1253038	0	3,2	180
428	1993	7	18	6,99	76,67	712783	1265241	0	3,1	170
429	1993	7	19	6,64	76,94	682831	1226415	0	3,3	203
430	1993	7	21	7,40	76,87	690596	1310724	0	3,5	199
431	1993	7	21	6,83	76,92	685050	1247492	0	3,4	198
432	1993	7	22	6,39	73,64	1048910	1198681	110	3	177

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
433	1993	7	25	6,85	76,72	707236	1249710	0	3,5	176
434	1993	7	26	6,97	76,71	708346	1263022	0	3,2	174
435	1993	7	27	5,62	74,38	966820	1113263	90	3	168
436	1993	7	28	6,91	76,80	698362	1256366	27	3,3	184
437	1993	7	28	6,35	73,53	1061113	1194244	128	3,1	190
438	1993	7	30	6,94	76,69	710564	1259694	0	3,8	172
439	1993	8	1	6,45	73,61	1052238	1205337	123	3,2	178
440	1993	8	5	6,97	76,99	677284	1263022	65	5	206
441	1993	8	6	6,37	73,51	1063332	1196463	132	3,1	191
442	1993	8	7	6,89	76,80	698362	1254148	8	3,9	184
443	1993	8	7	6,02	73,72	1040036	1157636	99	3,3	187
444	1993	8	9	5,89	74,44	960164	1143215	15	3,7	140
445	1993	8	11	7,09	76,90	687268	1276334	44	3,6	196
446	1993	8	12	7,67	74,36	969039	1340676	30	3,8	119
447	1993	8	12	7,17	76,71	708346	1285209	0	3	176
448	1993	8	13	5,58	73,77	1034489	1108825	111	3,2	214
449	1993	8	17	6,58	73,47	1067769	1219759	80	3,5	189
450	1993	8	18	6,06	73,64	1048910	1162073	132	3	193
451	1993	8	19	7,69	74,48	955727	1342894	0	3,6	111
452	1993	8	21	5,77	75,96	791546	1129903	20	3	158
453	1993	8	22	6,09	73,34	1082190	1165401	69	3	220
454	1993	8	23	6,81	76,66	713892	1245273	0	3,5	169
455	1993	8	23	6,85	76,67	712783	1249710	0	3,7	170
456	1993	8	23	6,89	76,71	708346	1254148	0	3,1	174
457	1993	8	26	8,47	73,40	1075534	1429422	122	3,5	257
458	1993	8	26	6,82	76,69	710564	1246382	6	3,4	173
459	1993	8	26	6,84	76,69	710564	1248601	0	3,7	173
460	1993	8	28	6,96	76,70	709455	1261913	0	3	173
461	1993	9	15	5,56	74,07	1001209	1106607	104	3,3	193
462	1993	9	16	7,20	73,87	1023396	1288537	81	3,1	144
463	1993	9	18	6,71	76,70	709455	1234180	0	3,2	175
464	1993	9	29	5,53	74,50	953508	1103279	0	3,7	171
465	1993	10	3	6,31	73,66	1046692	1189807	93	3,5	178
466	1993	10	22	7,16	73,34	1082190	1284100	0	3,7	201
467	1993	10	26	5,35	76,47	734970	1083311	32	3	230
468	1993	11	3	5,50	73,52	1062222	1099951	160	3,2	240
469	1993	11	3	6,55	73,49	1065550	1216431	122	3,8	188
470	1993	11	5	8,63	74,86	913572	1447171	40	3,8	191
471	1993	11	9	6,75	76,74	705018	1238617	35	3	179
472	1993	11	10	6,87	76,70	709455	1251929	0	3,6	173
473	1993	11	14	6,62	73,44	1071097	1224196	126	3	192
474	1993	11	14	7,22	76,03	783780	1290756	23	3,1	104
475	1993	11	15	6,71	76,81	697252	1234180	38	3	187
476	1993	11	16	6,32	73,54	1060004	1190916	128	3,4	190
477	1993	11	16	8,05	75,08	889167	1382830	110	3,3	124
478	1993	11	17	6,73	76,71	708346	1236398	0	3,3	176
479	1993	11	18	6,73	74,77	923556	1236398	51	4,8	47
480	1993	11	19	6,77	74,76	924665	1240836	30	3,4	46
481	1993	11	20	6,74	74,71	930212	1237508	11	3,6	52
482	1993	11	24	6,80	76,73	706127	1244164	0	3,4	177
483	1993	11	25	6,04	73,69	1043364	1159855	119	3,1	189
484	1993	11	25	7,84	74,42	962383	1359534	149	4,5	128
485	1993	11	28	5,59	76,56	724986	1109935	32	3	217
486	1993	11	28	7,28	76,93	683940	1297412	0	3	202

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
487	1993	11	28	7,05	76,44	738298	1271897	0	3,5	145
488	1993	11	30	6,22	73,93	1016740	1179823	12	3,2	156
489	1993	11	30	8,15	74,36	969039	1393924	0	3,1	160
490	1993	12	5	5,63	74,00	1008974	1114372	105	3	192
491	1993	12	9	7,11	73,40	1075534	1278553	116	3,2	194
492	1993	12	10	5,25	74,68	933540	1072217	0	3,8	194
493	1993	12	10	6,69	76,68	711674	1231961	0	3,1	173
494	1993	12	10	6,76	76,67	712783	1239726	0	4,9	171
495	1993	12	11	6,81	73,32	1084409	1245273	119	3	202
496	1993	12	11	7,28	74,12	995663	1297412	31	3	119
497	1993	12	13	7,04	75,02	895823	1270788	0	3	18
498	1993	12	13	6,58	73,57	1056676	1219759	111	3	178
499	1993	12	14	6,90	76,76	702799	1255257	32	3,6	180
500	1993	12	14	6,15	75,00	898041	1172057	0	3,1	89
501	1993	12	15	7,83	76,86	691706	1358425	32	3,4	215
502	1993	12	15	6,72	76,23	761594	1235289	6	3,4	123
503	1993	12	16	6,87	76,69	710564	1251929	0	3,2	172
504	1993	12	19	6,84	73,32	1084409	1248601	123	3,5	202
505	1993	12	21	7,76	74,28	977913	1350660	0	3,4	132
506	1993	12	21	6,56	73,53	1061113	1217540	111	3	183
507	1993	12	23	6,80	76,71	708346	1244164	0	3,6	175
508	1993	12	24	7,20	76,11	774906	1288537	0	3	112
509	1993	12	29	6,96	76,74	705018	1261913	0	3,9	178
510	1993	12	30	6,72	76,75	703908	1235289	0	3,4	180
511	1993	12	30	6,36	73,62	1051129	1195353	108	3	180
512	1994	1	2	5,42	76,52	729423	1091076	71	3,5	228
513	1994	1	10	6,81	75,72	818170	1245273	0	3,4	66
514	1994	1	12	6,86	76,82	696143	1250820	27	4,4	187
515	1994	1	14	5,25	76,56	724986	1072217	63	3,2	245
516	1994	1	15	6,04	76,65	715002	1159855	0	3,7	195
517	1994	1	16	6,32	73,89	1021177	1190916	0	3,4	154
518	1994	1	16	6,72	76,70	709455	1235289	0	3,2	175
519	1994	1	17	6,86	74,68	933540	1250820	0	3,2	52
520	1994	1	17	6,49	73,32	1084409	1209775	150	3,6	208
521	1994	1	24	8,70	73,93	1016740	1454937	0	3	237
522	1994	1	24	5,79	74,37	967929	1132121	0	3,9	153
523	1994	1	25	6,22	76,19	766031	1179823	0	3,2	141
524	1994	1	26	6,93	76,74	705018	1258585	0	4	178
525	1994	1	27	5,81	74,36	969039	1134340	0	3,2	152
526	1994	1	28	6,90	76,80	698362	1255257	0	3,2	184
527	1994	1	29	7,91	73,33	1083300	1367300	133	3,1	228
528	1994	1	30	7,96	74,50	953508	1372846	30	3	134
529	1994	2	7	5,95	75,98	789327	1149871	0	4,5	144
530	1994	2	9	5,59	74,36	969039	1109935	84	4	172
531	1994	2	18	6,66	73,35	1081081	1228633	154	5,6	201
532	1994	2	26	6,92	76,71	708346	1257476	0	3,1	174
533	1994	2	28	5,10	76,11	774906	1055577	111	4,7	230
534	1994	3	2	6,53	73,64	1048910	1214212	111	3,2	172
535	1994	3	6	6,88	76,68	711674	1253038	0	3,6	171
536	1994	3	6	6,32	73,57	1056676	1190916	126	3,9	187
537	1994	3	22	6,56	73,35	1081081	1217540	150	3,3	203
538	1994	3	26	5,33	76,52	729423	1081092	0	3,2	235
539	1994	3	27	7,09	76,91	686159	1276334	75	3,6	197
540	1994	3	28	7,06	73,73	1038926	1273006	116	3,4	157

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
541	1994	3	29	5,55	74,33	972367	1105497	78	3,4	178
542	1994	7	4	6,78	73,36	1079972	1241945	146	3,5	198
543	1994	7	5	6,73	73,32	1084409	1236398	135	3,3	203
544	1994	7	10	8,07	74,22	984569	1385049	103	3,6	162
545	1994	7	11	7,20	76,91	686159	1288537	79	3,1	199
546	1994	7	13	7,00	76,71	708346	1266350	0	3,8	175
547	1994	7	15	6,00	76,82	696143	1155417	90	3	214
548	1994	7	19	7,20	73,73	1038926	1288537	99	3,2	159
549	1994	7	20	6,59	73,50	1064441	1220868	126	4	186
550	1994	7	24	8,46	74,48	955727	1428313	113	4	184
551	1994	7	29	6,89	76,70	709455	1254148	0	3,2	173
552	1994	7	30	6,36	73,70	1042254	1195353	102	3,4	172
553	1994	7	30	6,80	76,70	709455	1244164	0	3,6	174
554	1994	7	31	5,62	74,39	965711	1113263	59	3,2	168
555	1994	8	12	6,81	76,67	712783	1245273	6	4,4	171
556	1994	8	12	5,90	74,20	986788	1144324	0	3,8	155
557	1994	8	13	7,01	76,68	711674	1267460	0	3,2	171
558	1994	8	15	6,92	76,73	706127	1257476	0	3,1	177
559	1994	8	16	6,03	73,71	1041145	1158745	120	3,1	188
560	1994	8	22	6,03	73,79	1032270	1158745	105	3,8	180
561	1994	8	24	6,67	73,32	1084409	1229743	135	5,1	204
562	1994	8	28	6,63	73,53	1061113	1225305	129	3,1	182
563	1994	8	29	6,56	75,67	823716	1217540	150	3,1	72
564	1994	8	29	5,57	74,50	953508	1107716	8	3	167
565	1994	8	31	7,83	74,05	1003428	1358425	87	3,4	156
566	1994	9	4	6,86	76,69	710564	1250820	0	4	172
567	1994	9	4	7,09	76,76	702799	1276334	26	4,1	181
568	1994	9	9	5,18	76,35	748282	1064452	18	3,4	237
569	1994	9	12	6,74	76,74	705018	1237508	0	3,1	179
570	1994	9	13	7,34	76,87	690596	1304068	18	5,1	197
571	1994	9	13	7,07	76,71	708346	1274116	0	3,9	175
572	1994	9	13	7,21	76,65	715002	1289646	0	4	170
573	1994	9	13	7,11	76,74	705018	1278553	0	3,3	179
574	1994	9	13	7,19	76,85	692815	1287428	21	4,7	192
575	1994	9	13	7,27	76,82	696143	1296302	30	3,6	190
576	1994	9	13	7,03	76,70	709455	1269678	0	4,6	174
577	1994	9	13	7,18	76,68	711674	1286318	0	4,6	173
578	1994	9	13	7,29	76,85	692815	1298521	32	3,5	194
579	1994	9	13	7,15	76,72	707236	1282990	0	3,6	177
580	1994	9	13	7,05	76,71	708346	1271897	0	3,8	175
581	1994	9	14	7,44	76,84	693924	1315161	0	3,4	197
582	1994	9	14	7,18	76,71	708346	1286318	0	4,1	177
583	1994	9	14	7,08	76,71	708346	1275225	0	3,6	175
584	1994	9	16	6,51	73,57	1056676	1211993	96	3	180
585	1994	9	18	7,40	73,79	1032270	1310724	16	3,2	158
586	1994	9	19	7,35	76,68	711674	1305177	0	4,2	177
587	1994	9	19	6,87	74,58	944633	1251929	0	5,3	62
588	1994	9	21	5,99	73,71	1041145	1154308	111	3,2	190
589	1994	9	28	6,99	76,66	713892	1265241	0	3,7	169
590	1994	10	1	7,13	73,92	1017849	1280772	0	3,4	137
591	1994	10	5	6,44	73,39	1076644	1204228	6	3,4	202
592	1994	10	5	6,43	73,39	1076644	1203119	5	3,8	202
593	1994	10	6	7,00	75,98	789327	1266350	0	3,4	94
594	1994	10	6	6,79	73,33	1083300	1243054	118	3,5	201

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
595	1994	10	6	7,00	75,96	791546	1266350	0	4	91
596	1994	10	6	6,89	76,05	781562	1254148	0	3	101
597	1994	10	7	6,86	76,01	785999	1250820	0	3,7	97
598	1994	10	7	7,03	76,04	782671	1269678	0	4,2	101
599	1994	10	7	7,67	73,91	1018958	1340676	86	3,2	159
600	1994	10	8	6,83	75,81	808186	1247492	0	3,6	75
601	1994	10	8	7,10	76,67	712783	1277444	0	3,4	171
602	1994	10	8	6,97	75,89	799311	1263022	0	3,1	84
603	1994	10	8	6,77	75,67	823716	1240836	0	3,5	62
604	1994	10	11	7,57	76,78	700580	1329582	0	3	195
605	1994	10	12	5,59	74,03	1005646	1109935	102	3,1	193
606	1994	10	12	7,02	73,34	1082190	1268569	122	3,3	200
607	1994	10	17	6,93	76,00	787108	1258585	0	3	96
608	1994	10	17	5,71	76,08	778234	1123247	19	3,3	172
609	1994	10	17	6,33	73,62	1051129	1192025	111	3,1	181
610	1994	10	19	5,28	76,30	753828	1075545	98	3,3	224
611	1994	10	20	7,38	74,64	937977	1308505	0	3,1	74
612	1994	10	25	6,95	73,94	1015630	1260804	32	3	133
613	1994	10	26	6,80	74,04	1004537	1244164	33	3,6	123
614	1994	10	28	6,61	73,43	1072206	1223087	124	3,2	193
615	1994	10	28	6,01	73,59	1054457	1156527	139	3,1	200
616	1994	10	29	6,93	76,69	710564	1258585	0	4,3	172
617	1994	11	2	5,26	76,52	729423	1073327	83	4,5	241
618	1994	11	4	6,94	76,01	785999	1259694	0	3,4	97
619	1994	11	6	6,50	73,53	1061113	1210884	177	5,2	185
620	1994	11	6	6,61	73,74	1037817	1223087	0	3	159
621	1994	11	7	7,29	75,19	876964	1298521	0	3,2	40
622	1994	11	7	7,00	75,11	885839	1266350	0	3,4	8
623	1994	11	8	7,00	74,55	947961	1266350	98	3,5	66
624	1994	11	12	6,87	73,47	1067769	1251929	136	3	185
625	1994	11	17	6,62	76,69	710564	1224196	0	3	176
626	1994	11	18	6,78	76,68	711674	1241945	0	3,4	172
627	1994	11	19	6,66	76,71	708346	1228633	0	4,3	177
628	1994	11	19	6,77	73,33	1083300	1240836	111	3,2	201
629	1994	11	19	6,24	74,30	975695	1182041	105	3	121
630	1994	11	19	6,95	74,83	916900	1260804	5	3	34
631	1994	11	23	7,06	75,57	834809	1273006	0	3,5	50
632	1994	11	23	7,07	75,60	831481	1274116	0	3,7	53
633	1994	11	23	7,02	75,61	830372	1268569	0	3,2	53
634	1994	11	24	7,01	75,60	831481	1267460	0	3,5	52
635	1994	11	24	7,05	75,57	834809	1271897	0	3,7	50
636	1994	11	24	6,89	75,59	832591	1254148	0	3,1	50
637	1994	11	25	6,96	76,99	677284	1261913	100	3	205
638	1994	11	27	8,15	76,32	751610	1393924	32	3,3	188
639	1994	12	2	5,12	74,72	929103	1057796	0	3,7	207
640	1994	12	12	7,22	76,18	767140	1290756	135	3	120
641	1994	12	13	7,65	75,12	884729	1338457	29	3,2	79
642	1994	12	13	7,16	76,22	762703	1284100	165	3,9	123
643	1994	12	16	6,04	73,73	1038926	1159855	105	3,5	185
644	1994	12	17	5,75	74,33	972367	1127684	11	3	159
645	1994	12	20	7,72	73,61	1052238	1346222	135	3,9	191
646	1994	12	23	8,70	74,98	900260	1454937	226	3,3	197
647	1994	12	25	7,10	76,85	692815	1277444	75	4	191
648	1994	12	30	6,95	76,97	679503	1260804	97	3,5	203

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
649	1995	1	2	6,71	73,94	1015630	1234180	12	3,3	135
650	1995	1	8	6,25	73,41	1074425	1183151	124	3,6	206
651	1995	1	14	6,56	73,46	1068878	1217540	119	3,6	191
652	1995	1	14	8,27	73,65	1047801	1407236	105	3,1	222
653	1995	1	20	6,74	73,32	1084409	1237508	140	3,1	203
654	1995	1	22	5,14	74,67	934649	1060015	18	3,1	206
655	1995	1	23	7,16	75,92	795983	1284100	0	3,2	90
656	1995	1	25	6,12	74,26	980132	1168729	12	3	133
657	1995	1	27	5,99	75,18	878073	1154308	0	3,5	105
658	1995	1	27	5,98	75,18	878073	1153199	6	3,5	106
659	1995	1	27	6,01	75,15	881401	1156527	0	3,2	103
660	1995	1	27	6,01	75,16	880292	1156527	0	3,3	103
661	1995	1	27	7,80	73,47	1067769	1355097	99	3,5	208
662	1995	1	28	5,52	73,66	1046692	1102169	0	4,8	227
663	1995	1	30	5,27	76,29	754938	1074436	141	3,2	225
664	1995	1	31	6,30	73,56	1057785	1188697	122	3,1	189
665	1995	1	31	6,09	74,69	932431	1165401	5	3,3	106
666	1995	2	6	6,26	73,49	1065550	1184260	127	3,2	198
667	1995	2	14	6,89	76,69	710564	1254148	0	3	172
668	1995	2	19	6,78	76,70	709455	1241945	0	3,2	174
669	1995	2	19	6,97	73,97	1012302	1263022	32	3,1	130
670	1995	2	24	6,40	73,57	1056676	1199791	118	3,2	184
671	1995	2	26	5,62	74,37	967929	1113263	87	3	169
672	1995	2	27	8,52	73,97	1012302	1434969	108	3,1	218
673	1995	3	1	7,29	76,67	712783	1298521	0	3,5	174
674	1995	3	10	6,92	73,80	1031161	1257476	123	3	149
675	1995	3	13	5,85	74,31	974585	1138777	89	3,4	152
676	1995	3	13	7,81	75,29	865871	1356206	144	3,9	99
677	1995	3	13	5,53	74,31	974585	1103279	72	3,3	181
678	1995	3	17	6,31	73,56	1057785	1189807	112	3,3	188
679	1995	3	19	7,77	76,80	698362	1351769	0	4,9	206
680	1995	3	20	7,72	76,76	702799	1346222	32	3	200
681	1995	3	20	7,79	76,80	698362	1353988	27	3,8	207
682	1995	3	21	7,78	76,88	689487	1352878	32	3,2	215
683	1995	3	22	6,64	73,46	1068878	1226415	162	3,4	189
684	1995	3	22	6,48	73,41	1074425	1208665	121	3,9	198
685	1995	3	23	8,20	76,98	678394	1399470	32	5,5	248
686	1995	3	23	7,58	76,73	706127	1330692	40	4,4	191
687	1995	3	23	7,81	76,77	701690	1356206	32	3,8	205
688	1995	3	23	7,82	76,76	702799	1357316	32	3,2	205
689	1995	3	23	5,38	74,14	993444	1086639	118	3,4	205
690	1995	3	24	7,89	76,88	689487	1365081	32	3,6	220
691	1995	3	24	5,36	74,91	908025	1084420	32	3	177
692	1995	3	24	7,70	76,80	698362	1344004	32	3,1	203
693	1995	3	25	6,37	73,89	1021177	1196463	0	3,1	152
694	1995	3	29	6,99	76,67	712783	1265241	9	4,7	170
695	1995	4	2	7,90	76,86	691706	1366190	0	3,9	219
696	1995	4	5	6,15	73,64	1048910	1172057	110	3,2	188
697	1995	4	8	7,47	76,96	680612	1318489	65	3,1	211
698	1995	4	9	7,04	76,72	707236	1270788	0	3	176
699	1995	4	10	7,00	73,38	1077753	1266350	150	3	195
700	1995	4	11	7,84	76,93	683940	1359534	32	3,1	223
701	1995	4	12	5,26	76,21	763812	1073327	0	3,2	221
702	1995	4	18	7,12	76,76	702799	1279662	0	3,5	181

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
703	1995	4	20	5,33	74,28	977913	1081092	18	3,2	202
704	1995	5	3	8,08	74,38	966820	1386158	10	3,5	152
705	1995	5	3	6,60	73,33	1083300	1221977	141	4,3	204
706	1995	5	4	5,08	74,77	923556	1053359	18	3,1	210
707	1995	5	4	6,22	73,51	1063332	1179823	121	3,2	197
708	1995	5	5	6,55	73,76	1035598	1216431	101	3,1	159
709	1995	5	6	6,85	73,35	1081081	1249710	121	3,3	199
710	1995	5	8	6,29	73,63	1050020	1187588	108	3,1	182
711	1995	5	10	6,43	73,51	1063332	1203119	103	3,2	189
712	1995	5	10	7,04	76,85	692815	1270788	32	3,1	190
713	1995	5	11	6,08	74,18	989007	1164292	6	3,7	143
714	1995	5	13	7,24	76,75	703908	1292974	104	3	182
715	1995	5	13	6,68	76,82	696143	1230852	0	3,2	189
716	1995	5	16	7,68	73,48	1066660	1341785	123	3,2	202
717	1995	5	20	5,64	74,00	1008974	1115481	130	5,4	191
718	1995	5	21	5,73	73,86	1024505	1125465	115	3	195
719	1995	5	29	6,53	74,04	1004537	1214212	6	3,3	130
720	1995	5	30	7,05	76,95	681722	1271897	100	4,5	201
721	1995	5	30	6,86	76,95	681722	1250820	62	3,1	201
722	1995	6	2	7,18	73,40	1075534	1286318	120	3,5	195
723	1995	6	3	5,81	73,99	1010084	1134340	103	3,3	178
724	1995	6	4	5,56	73,85	1025614	1106607	129	3,9	209
725	1995	6	4	6,52	73,62	1051129	1213103	111	3,7	175
726	1995	6	4	6,72	73,34	1082190	1235289	133	3,1	201
727	1995	6	4	6,84	73,37	1078862	1248601	140	3	196
728	1995	6	5	6,97	73,73	1038926	1263022	72	3	156
729	1995	6	9	6,89	73,46	1068878	1254148	126	4,1	186
730	1995	6	10	6,53	73,71	1041145	1214212	100	3,6	165
731	1995	6	13	7,36	76,87	690596	1306286	100	3	198
732	1995	6	14	6,57	75,85	803748	1218649	0	3,6	89
733	1995	6	18	6,35	73,41	1074425	1194244	132	3,2	202
734	1995	6	22	6,53	73,65	1047801	1214212	35	3,2	171
735	1995	6	22	6,32	73,43	1072206	1190916	132	3,4	201
736	1995	6	24	7,74	76,27	757156	1348441	57	3	154
737	1995	6	25	7,84	75,48	844793	1359534	0	4,6	107
738	1995	6	28	7,92	75,49	843684	1368409	20	3,9	116
739	1995	6	30	7,00	74,52	951289	1266350	32	3	69
740	1995	7	3	5,50	76,91	686159	1099951	32	3,6	253
741	1995	7	3	5,65	73,98	1011193	1116591	111	3,1	192
742	1995	7	4	5,90	74,47	956836	1144324	37	3	137
743	1995	7	6	6,92	76,71	708346	1257476	0	3,4	174
744	1995	7	9	5,53	74,45	959055	1103279	16	3	174
745	1995	7	10	6,60	73,46	1068878	1221977	125	3	190
746	1995	7	14	7,95	73,39	1076644	1371737	94	3,2	224
747	1995	7	18	7,08	76,74	705018	1275225	0	3	178
748	1995	7	19	6,79	76,61	719439	1243054	0	3,2	164
749	1995	7	19	6,95	76,62	718330	1260804	0	3,5	164
750	1995	7	23	6,62	73,38	1077753	1224196	128	3,6	198
751	1995	7	31	7,59	76,66	713892	1331801	9	3,9	184
752	1995	7	31	5,52	73,87	1023396	1102169	137	4	211
753	1995	8	4	7,68	76,71	708346	1341785	0	3,4	193
754	1995	8	4	5,63	74,34	971257	1114372	0	3,2	170
755	1995	8	7	6,42	73,60	1053348	1202009	123	3,2	180
756	1995	8	9	5,66	74,09	998991	1117700	133	3,7	183

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
757	1995	8	11	5,88	73,61	1052238	1142105	126	3,2	206
758	1995	8	12	6,72	73,46	1068878	1235289	125	3	188
759	1995	8	13	5,29	76,26	758266	1076655	93	3,3	221
760	1995	8	13	5,82	73,72	1040036	1135449	104	3	200
761	1995	8	14	6,61	73,37	1078862	1223087	137	3,5	200
762	1995	8	15	6,59	73,54	1060004	1220868	123	4,1	181
763	1995	8	16	7,33	74,64	937977	1302958	0	3,1	71
764	1995	8	19	5,11	75,71	819279	1056687	111	5,6	212
765	1995	8	23	7,42	76,79	699471	1312942	0	3	191
766	1995	8	24	6,90	74,09	998991	1255257	14	3	116
767	1995	8	24	5,82	76,12	773796	1135449	24	3,2	165
768	1995	8	25	6,37	73,85	1025614	1196463	0	3,3	156
769	1995	9	5	5,89	73,63	1050020	1143215	109	3,1	204
770	1995	9	10	8,18	73,41	1074425	1397252	153	3,5	236
771	1995	9	12	5,08	75,91	797092	1053359	119	3	223
772	1995	9	13	5,14	76,41	741626	1060015	80	3,8	244
773	1995	9	15	5,25	74,79	921337	1072217	18	3,2	191
774	1995	9	17	6,20	73,57	1056676	1177604	122	3	192
775	1995	9	23	6,79	74,14	993444	1243054	32	3,3	112
776	1995	9	26	6,88	76,62	718330	1253038	0	3	165
777	1995	9	26	7,38	74,03	1005646	1308505	5	3,3	133
778	1995	9	28	7,05	74,13	994553	1271897	72	3,2	113
779	1995	10	6	6,81	76,70	709455	1245273	0	3	174
780	1995	10	7	6,74	76,62	718330	1237508	0	3,1	166
781	1995	10	7	7,01	76,12	773796	1267460	0	3,1	109
782	1995	10	9	6,51	73,53	1061113	1211993	114	3,4	185
783	1995	10	9	5,65	74,73	927993	1116591	0	3,4	150
784	1995	10	11	6,88	76,68	711674	1253038	0	3,3	171
785	1995	10	11	6,89	76,91	686159	1254148	60	3,8	197
786	1995	10	14	5,30	73,75	1036708	1077764	160	3,3	238
787	1995	10	17	6,92	74,51	952399	1257476	33	3,8	70
788	1995	10	19	8,17	76,46	736079	1396142	0	3,2	201
789	1995	10	19	5,71	73,90	1020068	1123247	108	3,1	193
790	1995	10	20	6,36	73,62	1051129	1195353	112	3	180
791	1995	10	22	6,92	73,33	1083300	1257476	115	3	201
792	1995	10	24	6,93	76,67	712783	1258585	0	3,7	170
793	1995	10	26	5,71	73,98	1011193	1123247	123	3,3	187
794	1995	10	27	7,51	73,87	1023396	1322926	7	3,1	155
795	1995	10	30	8,01	75,43	850340	1378393	9	3,6	124
796	1995	10	31	7,70	75,62	829263	1344004	7	4,9	100
797	1995	11	2	5,84	73,61	1052238	1137668	128	3	209
798	1995	11	5	6,17	73,84	1026724	1174276	84	3	167
799	1995	11	8	6,62	73,64	1048910	1224196	125	3,7	170
800	1995	11	11	5,59	73,96	1013412	1109935	81	3	198
801	1995	11	13	6,57	73,51	1063332	1218649	116	3,1	185
802	1995	11	14	6,45	73,60	1053348	1205337	122	3,7	179
803	1995	11	14	5,05	74,65	936868	1050031	16	3,2	216
804	1995	11	15	5,66	74,40	964601	1117700	25	3,4	164
805	1995	11	15	5,94	73,62	1051129	1148761	130	3,1	201
806	1995	11	17	6,59	73,39	1076644	1220868	131	3,7	198
807	1995	11	18	5,84	73,59	1054457	1137668	124	3,2	210
808	1995	11	19	7,44	76,89	688378	1315161	78	4	202
809	1995	11	19	7,29	76,82	696143	1298521	32	3,7	191
810	1995	11	26	5,24	75,87	801530	1071108	114	3,1	205

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
811	1995	11	30	6,82	74,36	969039	1246382	32	3,2	87
812	1995	12	4	6,57	73,56	1057785	1218649	117	3,4	180
813	1995	12	5	8,39	74,16	991225	1420547	81	3,8	194
814	1995	12	9	5,47	73,91	1018958	1096623	137	3,1	212
815	1995	12	10	5,12	75,10	886948	1057796	0	3	201
816	1995	12	14	7,91	73,94	1015630	1367300	8	3,2	171
817	1995	12	16	5,16	75,02	895823	1062233	0	3,9	197
818	1995	12	20	6,19	73,70	1042254	1176495	110	3	180
819	1995	12	25	5,86	74,54	949071	1139887	0	3	137
820	1995	12	25	5,67	74,00	1008974	1118809	108	3,3	189
821	1995	12	27	7,04	73,40	1075534	1270788	120	3	193
822	1995	12	31	6,77	74,46	957945	1240836	0	3,1	78
823	1996	1	1	6,23	73,72	1040036	1180932	102	3	176
824	1996	1	2	6,53	73,54	1060004	1214212	110	3,6	183
825	1996	1	3	7,33	76,99	677284	1302958	68	3,4	210
826	1996	1	3	6,90	76,71	708346	1255257	0	3	174
827	1996	1	4	6,41	74,56	946852	1200900	6	3	87
828	1996	1	6	6,90	76,72	707236	1255257	0	3	176
829	1996	1	6	6,55	73,49	1065550	1216431	117	3,1	188
830	1996	1	7	6,34	73,53	1061113	1193135	130	3,8	190
831	1996	1	8	5,80	74,50	953508	1133231	22	3,5	145
832	1996	1	11	5,57	74,06	1002319	1107716	115	3,1	193
833	1996	1	16	6,35	76,22	762703	1194244	92	3,3	136
834	1996	1	23	5,80	73,64	1048910	1133231	123	3,2	209
835	1996	1	24	5,21	76,38	744954	1067780	71	3,2	236
836	1996	1	28	6,23	76,88	689487	1180932	0	3,5	209
837	1996	1	29	5,83	74,29	976804	1136559	25	3	155
838	1996	2	5	6,70	73,32	1084409	1233071	136	3,5	203
839	1996	2	8	5,07	74,70	931321	1052250	0	3	213
840	1996	2	8	7,80	74,44	960164	1355097	0	3,5	123
841	1996	2	10	7,27	74,71	930212	1296302	34	3,2	60
842	1996	2	11	6,69	73,33	1083300	1231961	142	3,1	202
843	1996	2	12	6,34	73,53	1061113	1193135	125	3,5	190
844	1996	2	19	6,48	74,66	935759	1208665	23	3,7	73
845	1996	2	23	6,81	73,85	1025614	1245273	88	3	144
846	1996	2	26	6,34	73,53	1061113	1193135	117	3,2	190
847	1996	3	3	6,86	76,43	739407	1250820	0	4,3	144
848	1996	3	11	5,17	76,50	731642	1063343	81	3,3	247
849	1996	3	13	5,25	74,11	996772	1072217	116	3,3	219
850	1996	3	14	5,61	73,98	1011193	1112153	114	3,1	195
851	1996	3	15	5,82	73,62	1051129	1135449	129	3,2	209
852	1996	3	22	5,82	73,75	1036708	1135449	120	3,1	198
853	1996	3	26	6,31	73,54	1060004	1189807	119	3,1	190
854	1996	3	27	5,07	74,74	926884	1052250	14	3	212
855	1996	3	27	7,58	76,97	679503	1330692	6	3	215
856	1996	3	29	5,69	74,01	1007865	1121028	107	3,3	186
857	1996	3	29	6,81	76,17	768250	1245273	0	3,4	115
858	1996	4	3	5,08	76,44	738298	1053359	75	3,1	251
859	1996	4	4	5,74	74,26	980132	1126575	0	3,3	165
860	1996	4	4	7,15	76,94	682831	1282990	30	3,4	201
861	1996	4	5	5,95	73,68	1044473	1149871	114	3,4	195
862	1996	4	6	6,30	74,37	967929	1188697	0	3,1	111
863	1996	4	8	5,28	74,12	995663	1075545	122	3	216
864	1996	4	8	6,61	73,60	1053348	1223087	109	3,1	174

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
865	1996	4	8	5,86	76,76	702799	1139887	40	3,1	216
866	1996	4	8	6,22	73,55	1058894	1179823	103	3,6	193
867	1996	4	8	7,15	76,83	695034	1282990	52	3,6	189
868	1996	4	14	5,60	73,90	1020068	1111044	141	3,7	202
869	1996	4	15	5,39	73,76	1035598	1087748	138	3	230
870	1996	4	16	6,69	76,76	702799	1231961	0	3	182
871	1996	4	16	6,64	73,56	1057785	1226415	119	3,3	178
872	1996	4	17	5,85	73,74	1037817	1138777	126	3	196
873	1996	4	21	6,71	73,37	1078862	1234180	114	3,6	198
874	1996	4	25	6,55	73,32	1084409	1216431	151	4	206
875	1996	4	25	7,14	76,92	685050	1281881	13	3	199
876	1996	4	28	7,42	76,94	682831	1312942	55	3	207
877	1996	6	9	5,60	74,58	944633	1111044	0	3	161
878	1996	6	11	7,44	74,50	953508	1315161	107	5,6	90
879	1996	6	11	7,44	74,49	954617	1315161	108	5,6	91
880	1996	7	1	6,61	73,53	1061113	1223087	117	3,3	182
881	1996	7	3	7,44	75,27	868089	1315161	116	4,7	58
882	1996	7	6	5,64	74,57	945743	1115481	0	3	157
883	1996	7	12	6,53	73,52	1062222	1214212	116	3,4	185
884	1996	7	13	5,57	73,56	1057785	1107716	153	3,3	232
885	1996	7	14	6,38	73,64	1048910	1197572	117	3,7	177
886	1996	7	14	6,64	73,41	1074425	1226415	137	3,2	195
887	1996	7	15	6,49	73,62	1051129	1209775	42	3	176
888	1996	7	23	7,66	74,21	985679	1339566	9	3,2	131
889	1996	7	24	5,63	74,89	910244	1114372	8	3,4	147
890	1996	7	26	7,70	74,71	930212	1344004	0	3,3	97
891	1996	7	28	6,64	73,45	1069988	1226415	123	3	190
892	1996	7	29	5,40	73,79	1032270	1088857	129	3,1	227
893	1996	8	2	6,03	73,68	1044473	1158745	150	3	190
894	1996	8	3	5,25	76,43	739407	1072217	75	3,1	236
895	1996	8	6	6,76	76,72	707236	1239726	0	3,3	177
896	1996	8	6	5,12	75,05	892495	1057796	0	3,1	202
897	1996	8	6	5,13	75,09	888057	1058905	0	3,4	200
898	1996	8	7	5,67	73,87	1023396	1118809	109	3,2	199
899	1996	8	7	5,64	74,38	966820	1115481	90	3,4	167
900	1996	8	7	7,01	76,64	716111	1267460	0	3	167
901	1996	8	7	6,75	73,36	1079972	1238617	113	3,5	198
902	1996	8	8	6,09	76,96	680612	1165401	0	3	223
903	1996	8	10	7,19	75,17	879183	1287428	0	3,2	28
904	1996	8	18	6,04	73,70	1042254	1159855	117	3,3	188
905	1996	8	18	6,26	73,82	1028942	1184260	99	3,1	164
906	1996	8	20	7,14	76,95	681722	1281881	0	3,2	202
907	1996	8	21	6,12	76,96	680612	1168729	0	3,2	221
908	1996	8	21	6,24	73,93	1016740	1182041	0	3,6	155
909	1996	8	22	6,46	73,53	1061113	1206447	128	3,4	186
910	1996	8	29	5,97	75,08	889167	1152089	54	3,5	107
911	1996	8	31	6,59	76,79	699471	1220868	0	3,3	187
912	1996	9	1	5,60	74,38	966820	1111044	91	3,1	170
913	1996	9	2	6,62	73,48	1066660	1224196	111	3	187
914	1996	9	3	5,61	74,37	967929	1112153	87	3	170
915	1996	9	4	8,27	75,38	855887	1407236	129	3,1	150
916	1996	9	5	7,46	76,77	701690	1317380	98	4	190
917	1996	9	5	7,09	74,20	986788	1276334	19	3,2	106
918	1996	9	5	7,11	76,75	703908	1278553	114	3,1	180

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
919	1996	9	5	6,90	76,48	733860	1255257	0	3,4	149
920	1996	9	7	5,64	73,58	1055566	1115481	147	3,2	225
921	1996	9	7	6,74	76,88	689487	1237508	46	3,1	194
922	1996	9	8	6,48	76,21	763812	1208665	0	4	129
923	1996	9	8	5,63	74,39	965711	1114372	18	3,6	167
924	1996	9	8	6,50	76,18	767140	1210884	0	3,9	125
925	1996	9	8	6,83	76,40	742735	1247492	137	3	141
926	1996	9	10	6,45	74,32	973476	1205337	87	3,2	106
927	1996	9	10	6,87	76,54	727204	1251929	16	3,3	156
928	1996	9	10	6,87	76,50	731642	1251929	0	3,3	151
929	1996	9	11	6,86	73,33	1083300	1250820	131	3,8	201
930	1996	9	13	7,73	74,68	933540	1347332	0	3,4	102
931	1996	9	19	6,14	73,63	1050020	1170948	108	3,1	189
932	1996	9	19	6,89	76,90	687268	1254148	0	3,2	196
933	1996	9	23	7,67	74,54	949071	1340676	18	3	105
934	1996	9	24	6,55	73,52	1062222	1216431	117	3,2	185
935	1996	9	26	5,42	74,03	1005646	1091076	99	3,1	208
936	1996	9	28	5,37	74,88	911353	1085529	33	3,2	176
937	1996	9	28	6,31	73,57	1056676	1189807	113	3,6	187
938	1996	9	28	6,78	73,32	1084409	1241945	117	3	202
939	1996	9	29	7,19	76,46	736079	1287428	252	3,2	149
940	1996	10	1	6,55	73,50	1064441	1216431	111	3	187
941	1996	10	4	6,62	74,67	934649	1224196	0	3,2	63
942	1996	10	4	7,24	74,88	911353	1292974	0	3,3	44
943	1996	10	4	6,03	73,87	1023396	1158745	96	3	173
944	1996	10	10	5,81	73,92	1017849	1134340	104	3,4	184
945	1996	10	12	6,07	73,51	1063332	1163183	129	3,6	205
946	1996	10	17	6,51	76,64	716111	1211993	0	3,1	173
947	1996	10	18	5,31	73,73	1038926	1078873	147	3,3	239
948	1996	10	18	5,49	74,04	1004537	1098841	100	3,1	201
949	1996	10	18	6,48	73,56	1057785	1208665	107	3,4	182
950	1996	10	19	6,90	76,36	747172	1255257	0	3	136
951	1996	10	24	5,72	76,06	780452	1124356	26	3	169
952	1996	10	24	7,53	75,04	893604	1325145	82	4,2	67
953	1996	10	27	5,71	76,85	692815	1123247	0	3,6	234
954	1996	11	4	5,95	74,20	986788	1149871	88	3,3	151
955	1996	11	8	6,35	73,70	1042254	1194244	101	3	172
956	1996	11	9	5,66	73,93	1016740	1117700	116	3,2	195
957	1996	11	9	6,04	73,32	1084409	1159855	163	3	225
958	1996	11	11	7,18	74,07	1001209	1286318	0	3	122
959	1996	11	11	5,61	73,67	1045582	1112153	149	3	219
960	1996	11	14	6,17	73,61	1052238	1174276	119	3,2	190
961	1996	11	15	6,98	76,72	707236	1264132	0	3,3	176
962	1996	11	18	5,73	73,94	1015630	1125465	110	3	189
963	1996	11	19	5,90	76,04	782671	1144324	0	3,3	152
964	1996	11	22	6,12	74,29	976804	1168729	0	4,4	131
965	1996	11	22	6,97	76,84	693924	1263022	37	3	189
966	1996	11	22	6,29	73,51	1063332	1187588	120	3	194
967	1996	11	23	6,88	76,92	685050	1253038	78	3,7	198
968	1996	11	26	7,20	75,17	879183	1288537	127	3	30
969	1996	11	26	5,25	73,75	1036708	1072217	149	3,4	242
970	1996	11	28	7,58	74,14	993444	1330692	0	3,3	132
971	1996	11	28	7,22	76,84	693924	1290756	54	3,8	191
972	1996	11	29	6,63	74,33	972367	1225305	0	3,5	96

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
973	1996	11	29	7,17	76,88	689487	1285209	78	4,4	195
974	1996	11	29	7,16	76,83	695034	1284100	72	4,3	189
975	1996	11	30	6,32	73,67	1045582	1190916	126	3	177
976	1996	12	1	7,80	74,19	987897	1355097	32	3,3	142
977	1996	12	2	6,34	73,57	1056676	1193135	124	3,9	186
978	1996	12	4	6,65	73,97	1012302	1227524	97	3,1	133
979	1996	12	6	5,23	74,12	995663	1069999	123	3,6	220
980	1996	12	12	6,05	73,65	1047801	1160964	129	3,5	192
981	1996	12	13	7,17	76,91	686159	1285209	78	3,2	198
982	1996	12	15	7,61	73,33	1083300	1334020	113	3,5	214
983	1996	12	21	6,44	76,23	761594	1204228	24	3,6	133
984	1996	12	21	5,65	73,92	1017849	1116591	106	3,1	197
985	1996	12	22	6,92	74,08	1000100	1257476	81	3,7	117
986	1996	12	24	5,70	74,08	1000100	1122137	104	3,2	181
987	1996	12	26	6,95	76,50	731642	1260804	19	4,1	151
988	1996	12	26	7,00	76,49	732751	1266350	29	3,2	150
989	1996	12	28	6,01	73,78	1033380	1156527	98	3,3	182
990	1996	12	28	7,65	74,04	1004537	1338457	30	3	145
991	1996	12	29	5,94	73,69	1043364	1148761	125	3,2	195
992	1997	1	1	5,26	73,74	1037817	1073327	147	4	242
993	1997	1	1	5,53	73,58	1055566	1103279	150	3,2	233
994	1997	1	8	5,72	73,87	1023396	1124356	123	3,2	195
995	1997	1	11	6,16	73,64	1048910	1173167	126	3,2	187
996	1997	1	12	7,25	75,61	830372	1294084	0	3,7	63
997	1997	1	12	6,40	73,63	1050020	1199791	118	3,2	178
998	1997	1	16	5,29	73,73	1038926	1076655	157	3,3	240
999	1997	1	18	6,25	74,08	1000100	1183151	10	3,2	140
1000	1997	1	19	6,45	73,51	1063332	1205337	102	3,2	189
1001	1997	1	19	6,30	73,89	1021177	1188697	5	3,1	155
1002	1997	1	21	5,56	74,06	1002319	1106607	109	3,3	194
1003	1997	1	21	6,35	73,64	1048910	1194244	111	4,2	179
1004	1997	1	25	7,36	76,98	678394	1306286	17	3,1	210
1005	1997	1	27	5,62	74,00	1008974	1113263	118	3,5	193
1006	1997	1	27	7,75	73,72	1040036	1349550	0	3,2	181
1007	1997	1	31	5,23	73,66	1046692	1069999	140	3,1	250
1008	1997	2	1	5,15	74,42	962383	1061124	36	3,6	214
1009	1997	2	5	6,26	73,74	1037817	1184260	0	3,3	172
1010	1997	2	5	8,68	73,46	1068878	1452718	32	3,3	269
1011	1997	2	6	5,49	74,32	973476	1098841	95	3,4	184
1012	1997	2	7	7,10	73,33	1083300	1277444	140	3,7	201
1013	1997	2	8	5,20	74,98	900260	1066671	16	3	193
1014	1997	2	8	5,82	73,38	1077753	1135449	133	3,5	231
1015	1997	2	9	5,69	74,01	1007865	1121028	111	3,2	186
1016	1997	2	9	7,13	73,32	1084409	1280772	139	3,7	203
1017	1997	2	9	7,61	76,29	754938	1334020	98	3,4	148
1018	1997	2	11	5,69	73,88	1022286	1121028	111	3,9	196
1019	1997	2	14	5,98	73,62	1051129	1153199	116	3	199
1020	1997	2	17	5,45	74,86	913572	1094404	74	3,5	168
1021	1997	2	21	6,34	73,51	1063332	1193135	127	3,3	192
1022	1997	2	23	5,28	73,74	1037817	1075545	144	3,1	240
1023	1997	2	24	6,76	76,72	707236	1239726	0	3,1	177
1024	1997	2	27	6,43	74,53	950180	1203119	32	3,2	88
1025	1997	3	3	6,91	74,56	946852	1256366	40	3,3	64
1026	1997	3	4	5,77	74,10	997881	1129903	134	3,1	173

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
1027	1997	3	6	5,25	73,73	1038926	1072217	138	3,1	244
1028	1997	3	7	6,70	73,32	1084409	1233071	136	5,3	203
1029	1997	3	9	7,81	76,85	692815	1356206	39	3,3	213
1030	1997	3	10	5,62	73,99	1010084	1113263	111	3	194
1031	1997	3	11	5,88	73,60	1053348	1142105	133	3,6	207
1032	1997	3	11	6,26	73,65	1047801	1184260	106	3,3	181
1033	1997	3	12	6,58	73,44	1071097	1219759	124	3,3	193
1034	1997	3	14	6,29	73,54	1060004	1187588	121	3,7	191
1035	1997	3	15	6,56	73,46	1068878	1217540	123	3	191
1036	1997	3	18	6,09	73,84	1026724	1165401	84	3	172
1037	1997	3	25	6,26	73,69	1043364	1184260	108	3,2	177
1038	1997	3	29	5,61	73,96	1013412	1112153	121	3,1	197
1039	1997	3	30	5,60	73,98	1011193	1111044	123	4,1	196
1040	1997	4	10	6,31	73,51	1063332	1189807	126	3,8	194
1041	1997	4	11	5,62	74,04	1004537	1113263	104	3	190
1042	1997	4	13	5,25	76,39	743844	1072217	92	3,2	233
1043	1997	4	20	7,30	73,56	1057785	1299630	61	3,2	180
1044	1997	4	21	5,45	74,21	985679	1094404	34	3,7	194
1045	1997	4	26	6,31	73,59	1054457	1189807	99	3,4	185
1046	1997	4	26	6,76	73,65	1047801	1239726	87	3,5	166
1047	1997	4	28	6,35	73,55	1058894	1194244	119	3,1	188
1048	1997	5	2	5,93	73,35	1081081	1147652	167	3,1	228
1049	1997	5	3	7,53	73,32	1084409	1325145	132	3,5	212
1050	1997	5	10	6,89	73,52	1062222	1254148	107	3,2	180
1051	1997	5	16	6,59	73,51	1063332	1220868	114	3,2	185
1052	1997	5	23	5,80	73,45	1069988	1133231	138	3,2	226
1053	1997	5	25	7,64	75,26	869199	1337348	0	3,1	79
1054	1997	5	26	6,55	73,47	1067769	1216431	117	3	190
1055	1997	5	29	7,64	73,54	1060004	1337348	0	3,2	194
1056	1997	5	29	5,61	74,35	970148	1112153	14	3	171
1057	1997	6	7	5,61	74,38	966820	1112153	75	3,3	169
1058	1997	6	8	6,56	73,50	1064441	1217540	121	3,1	187
1059	1997	6	11	5,74	73,93	1016740	1126575	98	3,3	189
1060	1997	6	11	6,77	74,72	929103	1240836	11	3,1	50
1061	1997	6	19	6,16	73,93	1016740	1173167	13	3,1	159
1062	1997	6	20	5,38	73,73	1038926	1086639	141	3,4	233
1063	1997	6	21	7,04	76,83	695034	1270788	32	3,5	188
1064	1997	6	27	6,16	73,59	1054457	1173167	126	3,3	192
1065	1997	6	28	6,55	73,51	1063332	1216431	117	3,2	186
1066	1997	6	30	6,27	73,86	1024505	1185369	32	3,7	160
1067	1997	6	30	6,72	74,45	959055	1235289	0	3,3	80
1068	1997	7	4	5,98	73,38	1077753	1153199	146	3	222
1069	1997	7	4	6,78	75,95	792655	1241945	0	3	92
1070	1997	7	4	6,37	73,61	1052238	1196463	114	3,1	181
1071	1997	7	6	7,70	74,56	946852	1344004	0	4,2	106
1072	1997	7	9	6,56	73,42	1073316	1217540	130	3,3	195
1073	1997	7	13	5,21	75,52	840356	1067780	0	3,3	196
1074	1997	7	15	6,93	74,62	940196	1258585	0	3,1	58
1075	1997	7	19	5,95	76,57	723876	1149871	0	3,6	193
1076	1997	7	23	6,61	74,20	986788	1223087	33	3,4	110
1077	1997	7	27	6,61	73,48	1066660	1223087	115	3,1	188
1078	1997	8	3	7,14	76,85	692815	1281881	18	3,2	191
1079	1997	8	4	6,58	73,45	1069988	1219759	123	3,2	191
1080	1997	8	6	6,05	73,68	1044473	1160964	114	3,1	189

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
1081	1997	8	7	8,01	73,96	1013412	1378393	35	3	177
1082	1997	8	8	6,35	73,60	1053348	1194244	118	3,1	183
1083	1997	8	11	6,77	73,33	1083300	1240836	118	3,1	201
1084	1997	8	12	6,89	73,50	1064441	1254148	134	3,5	182
1085	1997	8	14	6,97	74,08	1000100	1263022	14	3,1	118
1086	1997	8	15	5,61	74,01	1007865	1112153	105	3,7	193
1087	1997	8	21	8,01	73,49	1065550	1378393	81	3,3	218
1088	1997	8	21	6,80	76,70	709455	1244164	0	3,4	174
1089	1997	8	22	7,20	76,06	780452	1288537	9	3,7	106
1090	1997	8	24	6,57	73,53	1061113	1218649	111	3,6	183
1091	1997	9	5	5,62	73,90	1020068	1113263	101	3	200
1092	1997	9	11	7,62	74,71	930212	1335129	32	3,3	90
1093	1997	9	13	5,61	74,86	913572	1112153	9	3,1	150
1094	1997	9	13	5,28	73,74	1037817	1075545	141	3,3	240
1095	1997	9	15	5,89	73,66	1046692	1143215	114	3,4	201
1096	1997	9	16	6,91	76,75	703908	1256366	9	3,8	179
1097	1997	9	17	7,24	73,81	1030052	1292974	0	3,2	151
1098	1997	9	17	6,76	76,44	738298	1239726	0	3,6	146
1099	1997	9	18	5,58	73,51	1063332	1108825	157	3,1	235
1100	1997	9	19	6,40	73,58	1055566	1199791	120	3,3	183
1101	1997	9	21	6,48	73,46	1068878	1208665	112	3	193
1102	1997	9	24	5,51	73,52	1062222	1101060	158	3,4	239
1103	1997	9	25	6,32	74,34	971257	1190916	69	3	112
1104	1997	9	25	6,58	73,48	1066660	1219759	121	3,5	188
1105	1997	9	25	5,76	74,30	975695	1128793	31	3,2	160
1106	1997	9	26	6,34	73,51	1063332	1193135	120	3,3	192
1107	1997	9	28	7,58	73,73	1038926	1330692	83	3	172
1108	1997	9	29	6,33	73,57	1056676	1192025	129	3,8	187
1109	1997	10	1	5,37	74,50	953508	1085529	0	3,2	188
1110	1997	10	4	6,17	74,02	1006756	1174276	100	3,2	150
1111	1997	10	10	5,24	74,00	1008974	1071108	132	3,2	227
1112	1997	10	12	7,74	76,73	706127	1348441	0	3,2	198
1113	1997	10	15	5,75	74,35	970148	1127684	15	3,6	158
1114	1997	10	16	5,65	74,30	975695	1116591	82	3,3	170
1115	1997	10	21	6,34	73,51	1063332	1193135	134	3,2	192
1116	1997	10	29	6,55	73,46	1068878	1216431	132	3,6	191
1117	1997	10	30	7,53	73,78	1033380	1325145	82	3,1	165
1118	1997	10	31	5,61	73,97	1012302	1112153	119	3,2	196
1119	1997	11	2	7,20	73,82	1028942	1288537	122	3,4	149
1120	1997	11	8	6,31	73,54	1060004	1189807	121	3,1	190
1121	1997	11	11	6,92	73,37	1078862	1257476	117	3	196
1122	1997	11	12	7,20	74,15	992335	1288537	6	3,2	114
1123	1997	11	14	6,37	73,56	1057785	1196463	126	3	186
1124	1997	11	21	6,81	73,40	1075534	1245273	123	3	193
1125	1997	11	24	6,57	73,49	1065550	1218649	126	3,1	187
1126	1997	11	25	6,07	73,61	1052238	1163183	117	3	195
1127	1997	11	25	6,85	76,74	705018	1249710	0	3,2	178
1128	1997	11	28	7,77	73,61	1052238	1351769	96	3	193
1129	1997	11	28	7,65	76,15	770468	1338457	246	3,7	137
1130	1997	11	29	6,04	73,64	1048910	1159855	129	3,3	194
1131	1997	12	8	7,00	76,91	686159	1266350	65	3,1	197
1132	1997	12	9	6,88	76,86	691706	1253038	63	3,1	191
1133	1997	12	10	6,62	77,00	676175	1224196	10	3,3	210
1134	1997	12	11	7,97	73,65	1047801	1373956	78	3,6	201

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
1135	1997	12	12	5,79	73,94	1015630	1132121	126	3,1	184
1136	1997	12	17	5,93	73,57	1056676	1147652	144	3,6	207
1137	1997	12	19	6,02	74,07	1001209	1157636	93	3,2	156
1138	1997	12	23	6,84	73,44	1071097	1248601	150	3,2	189
1139	1997	12	25	7,47	76,92	685050	1318489	0	3	206
1140	1997	12	26	6,19	73,82	1028942	1176495	101	3	168
1141	1997	12	29	7,74	75,43	850340	1348441	111	3,2	95
1142	1997	12	31	8,72	73,34	1082190	1457155	93	3,3	281
1143	1998	1	2	6,34	73,61	1052238	1193135	122	3,1	182
1144	1998	1	3	5,16	76,44	738298	1062233	84	3,6	244
1145	1998	1	6	5,70	76,61	719439	1122137	41	3,2	213
1146	1998	1	6	6,83	73,32	1084409	1247492	152	3	202
1147	1998	1	8	6,39	73,83	1027833	1198681	0	3,2	157
1148	1998	1	12	6,89	76,75	703908	1254148	19	4	179
1149	1998	1	12	6,62	73,54	1060004	1224196	7	3,4	181
1150	1998	1	13	6,35	73,63	1050020	1194244	0	3,1	180
1151	1998	1	16	7,90	74,86	913572	1366190	149	3,5	111
1152	1998	1	16	8,25	73,58	1055566	1405017	112	3,3	226
1153	1998	1	16	6,29	73,76	1035598	1187588	0	3,1	169
1154	1998	1	17	6,32	73,61	1052238	1190916	0	3	183
1155	1998	1	18	6,34	73,61	1052238	1193135	0	3,4	182
1156	1998	1	18	6,34	73,62	1051129	1193135	0	3,3	181
1157	1998	1	20	7,54	76,21	763812	1326254	100	3,9	137
1158	1998	1	20	6,32	73,58	1055566	1190916	0	3,5	186
1159	1998	1	21	6,35	73,62	1051129	1194244	0	3,3	181
1160	1998	1	23	7,94	74,20	986788	1370628	117	3	153
1161	1998	1	24	6,35	73,61	1052238	1194244	0	3,1	182
1162	1998	1	24	6,58	73,49	1065550	1219759	116	3,5	187
1163	1998	1	25	6,37	73,56	1057785	1196463	115	3	186
1164	1998	1	26	6,35	73,63	1050020	1194244	0	3,4	180
1165	1998	1	26	6,99	75,19	876964	1265241	98	3,8	8
1166	1998	1	30	6,62	76,91	686159	1224196	69	3	200
1167	1998	1	31	6,33	73,64	1048910	1192025	0	3,7	179
1168	1998	2	2	6,33	73,59	1054457	1192025	0	3,2	184
1169	1998	2	4	6,53	74,14	993444	1214212	0	3,8	120
1170	1998	2	7	7,19	75,92	795983	1287428	0	3,7	91
1171	1998	2	8	6,32	73,59	1054457	1190916	0	3	185
1172	1998	2	10	6,36	76,31	752719	1195353	0	3,8	145
1173	1998	2	13	7,68	74,65	936868	1341785	154	3,4	99
1174	1998	2	13	5,68	73,57	1056676	1119919	158	3,6	223
1175	1998	2	15	7,37	74,10	997881	1307396	99	3,2	125
1176	1998	2	20	7,82	74,51	952399	1357316	0	4,1	120
1177	1998	2	25	6,45	74,55	947961	1205337	47	3,4	85
1178	1998	2	26	6,28	73,48	1066660	1186479	132	3,1	198
1179	1998	2	27	6,75	76,94	682831	1238617	12	3,3	201
1180	1998	2	28	7,46	73,74	1037817	1317380	15	3,1	166
1181	1998	3	4	6,57	73,49	1065550	1218649	126	3,9	187
1182	1998	3	6	6,27	73,92	1017849	1185369	0	5	154
1183	1998	3	8	6,26	73,91	1018958	1184260	0	5,1	156
1184	1998	3	8	6,25	73,86	1024505	1183151	0	3,2	161
1185	1998	3	8	7,97	76,94	682831	1373956	100	3,4	231
1186	1998	3	10	6,26	73,89	1021177	1184260	6	3,5	158
1187	1998	3	12	5,30	73,79	1032270	1077764	150	3	235
1188	1998	3	12	6,57	73,73	1038926	1218649	31	3,3	161

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
1189	1998	3	12	6,57	73,33	1083300	1218649	116	3,6	205
1190	1998	4	2	7,63	76,80	698362	1336238	27	3,4	200
1191	1998	4	2	5,41	76,60	720548	1089967	36	3,1	234
1192	1998	4	8	7,34	74,83	916900	1304068	31	3,1	56
1193	1998	4	11	5,64	73,92	1017849	1115481	120	3,2	197
1194	1998	4	14	6,22	76,32	751610	1179823	150	3,4	153
1195	1998	4	17	5,84	76,15	770468	1137668	31	3,1	165
1196	1998	4	18	6,72	73,51	1063332	1235289	0	4,1	182
1197	1998	4	22	7,16	74,19	987897	1284100	51	3,4	108
1198	1998	4	26	6,36	73,52	1062222	1195353	129	3	191
1199	1998	4	28	5,31	74,12	995663	1078873	96	3	213
1200	1998	4	28	6,35	74,25	981241	1194244	32	3	118
1201	1998	4	30	7,51	75,51	841465	1322926	41	3,2	76
1202	1998	5	5	6,56	73,33	1083300	1217540	55	3	205
1203	1998	5	6	5,31	73,74	1037817	1078873	141	3,1	238
1204	1998	5	11	5,64	73,83	1027833	1115481	123	3	204
1205	1998	5	11	6,05	76,29	754938	1160964	12	3,1	161
1206	1998	5	14	6,55	73,45	1069988	1216431	133	4,1	192
1207	1998	5	18	5,88	74,30	975695	1142105	18	3,1	150
1208	1998	5	19	6,34	73,54	1060004	1193135	130	3,5	189
1209	1998	5	21	6,25	73,89	1021177	1183151	0	3	158
1210	1998	5	21	6,26	73,90	1020068	1184260	8	4,2	157
1211	1998	5	27	7,05	76,89	688378	1271897	0	3,1	195
1212	1998	5	28	5,44	74,38	966820	1093295	0	3,3	186
1213	1998	5	30	7,67	73,45	1069988	1340676	117	3	204
1214	1998	5	30	6,54	73,56	1057785	1215321	120	3,8	181
1215	1998	6	1	7,67	76,90	687268	1340676	0	3,1	212
1216	1998	6	8	6,33	73,57	1056676	1192025	120	3,7	187
1217	1998	6	9	6,11	73,83	1027833	1167620	105	3,4	172
1218	1998	6	10	6,43	73,60	1053348	1203119	120	3,4	180
1219	1998	6	14	7,02	76,14	771578	1268569	0	3	112
1220	1998	6	14	5,76	74,29	976804	1128793	69	3,9	161
1221	1998	6	16	5,29	74,40	964601	1076655	36	3	200
1222	1998	6	17	8,44	74,14	993444	1426094	74	3,3	200
1223	1998	6	18	7,75	73,72	1040036	1349550	0	3	181
1224	1998	6	22	5,60	73,82	1028942	1111044	123	3,1	208
1225	1998	6	24	8,13	74,61	941305	1391705	37	3,3	145
1226	1998	6	26	6,83	73,32	1084409	1247492	150	3,3	202
1227	1998	6	26	6,62	73,44	1071097	1224196	134	4	192
1228	1998	6	27	8,63	73,57	1056676	1447171	124	3,5	256
1229	1998	6	27	5,27	73,74	1037817	1074436	148	3,3	241
1230	1998	6	29	7,76	73,34	1082190	1350660	122	3,1	220
1231	1998	6	30	8,51	75,47	845903	1433859	69	3,4	179
1232	1998	7	1	5,57	74,37	967929	1107716	102	3,5	174
1233	1998	7	1	6,29	74,25	981241	1187588	32	3,2	122
1234	1998	7	3	7,22	75,57	834809	1290756	68	3,1	57
1235	1998	7	5	7,33	73,50	1064441	1302958	99	3,5	187
1236	1998	7	6	6,13	73,59	1054457	1169839	118	3	194
1237	1998	7	9	6,58	73,41	1074425	1219759	128	3,2	196
1238	1998	7	12	6,39	73,58	1055566	1198681	121	3,1	183
1239	1998	7	13	6,41	75,98	789327	1200900	28	3,2	110
1240	1998	7	14	5,33	73,77	1034489	1081092	150	3,2	234
1241	1998	7	14	6,15	74,39	965711	1172057	33	3,1	120
1242	1998	7	15	6,93	73,33	1083300	1258585	129	4,1	201

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
1243	1998	7	17	8,56	73,77	1034489	1439406	93	3	236
1244	1998	7	17	5,20	74,83	916900	1066671	11	3,7	196
1245	1998	7	19	6,05	73,66	1046692	1160964	129	3,7	191
1246	1998	7	19	6,43	73,94	1015630	1203119	6	3,2	144
1247	1998	7	19	5,28	76,77	701690	1075545	27	3,5	258
1248	1998	7	28	5,35	74,36	969039	1083311	69	3,2	196
1249	1998	8	2	7,02	76,68	711674	1268569	0	3,1	171
1250	1998	8	2	6,58	73,61	1052238	1219759	100	3,4	174
1251	1998	8	4	7,23	75,39	854777	1291865	70	3,3	43
1252	1998	8	8	5,42	74,36	969039	1091076	0	3	189
1253	1998	8	9	8,70	73,50	1064441	1454937	91	3,5	267
1254	1998	8	10	8,34	74,41	963492	1415001	0	3,3	176
1255	1998	8	10	7,50	75,33	861433	1321817	31	3,3	66
1256	1998	8	11	6,89	76,88	689487	1254148	32	3,5	193
1257	1998	8	12	7,54	73,79	1032270	1326254	96	3,1	164
1258	1998	8	13	6,74	74,46	957945	1237508	100	3,1	78
1259	1998	8	14	7,14	77,00	676175	1281881	7	3,1	208
1260	1998	8	17	5,26	73,70	1042254	1073327	155	3,2	245
1261	1998	8	18	6,65	74,53	950180	1227524	48	3,4	75
1262	1998	8	19	6,34	73,49	1065550	1193135	131	3,4	194
1263	1998	8	20	7,49	74,25	981241	1320708	62	3,4	116
1264	1998	8	21	6,48	74,57	945743	1208665	40	4	81
1265	1998	8	21	6,56	73,45	1069988	1217540	123	3,6	192
1266	1998	8	24	7,66	74,02	1006756	1339566	78	3,7	148
1267	1998	8	25	6,55	73,53	1061113	1216431	120	3,3	184
1268	1998	8	27	5,57	73,94	1015630	1107716	123	3,3	202
1269	1998	8	27	5,56	74,04	1004537	1106607	120	3,2	195
1270	1998	8	28	6,34	73,55	1058894	1193135	116	3,1	188
1271	1998	8	28	6,45	73,65	1047801	1205337	111	3,4	174
1272	1998	8	29	6,07	73,41	1074425	1163183	138	3,1	214
1273	1998	8	29	6,03	73,65	1047801	1158745	123	3,2	193
1274	1998	9	2	5,27	73,72	1040036	1074436	150	3	243
1275	1998	9	9	5,62	73,69	1043364	1113263	135	3	217
1276	1998	9	10	5,73	73,95	1014521	1125465	115	3,2	188
1277	1998	9	11	6,53	74,10	997881	1214212	0	3,2	124
1278	1998	9	13	6,50	73,51	1063332	1210884	0	3,1	187
1279	1998	9	15	6,64	76,68	711674	1226415	0	3,6	174
1280	1998	9	19	6,59	76,85	692815	1220868	0	4	194
1281	1998	9	19	6,64	76,86	691706	1226415	0	4,5	194
1282	1998	9	19	6,70	76,85	692815	1233071	0	3,6	192
1283	1998	9	20	6,23	74,21	985679	1180932	8	3,3	129
1284	1998	10	4	5,59	74,04	1004537	1109935	118	3	193
1285	1998	10	7	7,38	76,13	772687	1308505	0	3	121
1286	1998	10	8	8,40	74,71	930212	1421657	113	3,9	169
1287	1998	10	13	6,91	74,18	989007	1256366	21	3,1	106
1288	1998	10	14	7,11	76,76	702799	1278553	0	3,5	181
1289	1998	10	15	7,44	75,31	863652	1315161	111	3	59
1290	1998	10	16	5,85	73,68	1044473	1138777	128	3	202
1291	1998	10	19	8,09	75,06	891385	1387268	24	3	128
1292	1998	10	19	7,93	74,40	964601	1369518	32	3,1	137
1293	1998	10	25	5,31	73,74	1037817	1078873	150	3,3	238
1294	1998	10	25	5,31	74,81	919119	1078873	82	3,4	184
1295	1998	10	26	5,95	76,09	777124	1149871	24	3,1	152
1296	1998	10	27	6,88	76,69	710564	1253038	0	3	172

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
1297	1998	10	28	7,04	76,59	721658	1270788	0	3	162
1298	1998	10	29	6,81	73,33	1083300	1245273	154	3,2	201
1299	1998	10	29	5,28	73,71	1041145	1075545	148	3,3	243
1300	1998	10	30	7,45	74,17	990116	1316270	108	3,3	122
1301	1998	11	4	5,24	76,57	723876	1071108	34	3,3	246
1302	1998	11	10	8,20	75,21	874745	1399470	158	4	141
1303	1998	11	16	7,68	76,38	744954	1341785	0	3,9	161
1304	1998	11	17	5,70	74,46	957945	1122137	98	3,1	156
1305	1998	11	23	5,39	73,84	1026724	1087748	127	3,5	224
1306	1998	11	24	6,54	74,56	946852	1215321	6	3,3	78
1307	1998	11	26	5,33	76,39	743844	1081092	81	3,4	226
1308	1998	11	28	6,56	73,51	1063332	1217540	120	3,8	185
1309	1998	11	29	6,37	73,55	1058894	1196463	126	3,1	187
1310	1998	11	30	7,15	73,58	1055566	1282990	86	3,1	175
1311	1998	12	2	7,88	75,14	882511	1363972	40	3,1	105
1312	1998	12	3	6,80	73,63	1050020	1244164	21	3,2	168
1313	1998	12	6	6,83	74,57	945743	1247492	0	3	64
1314	1998	12	6	6,42	74,48	955727	1202009	30	3,6	93
1315	1998	12	7	7,32	73,58	1055566	1301849	104	3	178
1316	1998	12	9	5,43	73,75	1036708	1092185	146	3,1	227
1317	1998	12	14	6,47	73,68	1044473	1207556	105	3,8	170
1318	1998	12	15	5,07	74,95	903588	1052250	62	3,6	208
1319	1998	12	16	6,32	73,48	1066660	1190916	129	3,2	196
1320	1998	12	18	8,07	73,47	1067769	1385049	97	3,3	224
1321	1998	12	19	5,20	74,79	921337	1066671	0	3,8	196
1322	1998	12	19	5,84	74,32	973476	1137668	0	3,1	152
1323	1998	12	20	8,37	74,49	954617	1418329	44	3	175
1324	1998	12	25	5,80	74,66	935759	1133231	0	3,4	137
1325	1998	12	26	5,74	73,74	1037817	1126575	120	3,3	204
1326	1998	12	31	5,66	76,19	766031	1117700	100	3,6	183
1327	1999	1	1	8,40	73,62	1051129	1421657	82	3,4	234
1328	1999	1	2	8,11	73,48	1066660	1389486	97	3,4	225
1329	1999	1	3	6,68	73,46	1068878	1230852	119	3,7	188
1330	1999	1	7	5,59	74,41	963492	1109935	101	3	170
1331	1999	1	10	5,77	76,03	783780	1129903	66	3	163
1332	1999	1	15	6,86	73,32	1084409	1250820	154	3	202
1333	1999	1	15	5,58	75,67	823716	1108825	0	3	162
1334	1999	1	18	6,36	73,79	1032270	1195353	0	3,6	163
1335	1999	1	27	6,25	73,96	1013412	1183151	87	3,9	151
1336	1999	1	30	6,96	73,49	1065550	1261913	106	3,3	183
1337	1999	2	3	6,28	73,69	1043364	1186479	114	3,1	176
1338	1999	2	4	7,80	73,37	1078862	1355097	123	3,4	218
1339	1999	2	6	5,06	74,61	941305	1051140	13	3,3	216
1340	1999	2	7	7,74	74,99	899151	1348441	32	3,3	91
1341	1999	2	9	8,18	74,50	953508	1397252	30	3,1	155
1342	1999	2	9	8,27	75,53	839247	1407236	100	3,7	154
1343	1999	2	10	7,52	74,82	918009	1324036	0	4,4	74
1344	1999	2	13	5,84	74,36	969039	1137668	72	3,2	149
1345	1999	2	16	7,25	76,00	787108	1294084	0	3,2	102
1346	1999	2	17	7,23	75,48	844793	1291865	17	3,1	50
1347	1999	2	18	7,62	74,94	904697	1335129	32	3	79
1348	1999	2	19	6,57	73,53	1061113	1218649	117	3,5	183
1349	1999	2	19	6,92	74,11	996772	1257476	8	3,1	114
1350	1999	2	22	5,69	74,32	973476	1121028	78	3,6	165

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
1351	1999	2	23	6,51	73,59	1054457	1211993	115	3,1	178
1352	1999	2	24	6,89	76,43	739407	1254148	0	3,2	143
1353	1999	3	5	6,59	73,56	1057785	1220868	108	3,4	179
1354	1999	3	7	6,82	73,55	1058894	1246382	114	3,1	177
1355	1999	3	8	5,17	74,89	910244	1063343	0	3,3	198
1356	1999	3	8	5,71	73,79	1032270	1123247	108	3,1	202
1357	1999	3	10	6,00	73,88	1022286	1155417	113	3,9	174
1358	1999	3	11	5,81	74,29	976804	1134340	61	3	156
1359	1999	3	13	8,30	76,98	678394	1410564	73	3	254
1360	1999	3	15	7,07	75,11	885839	1274116	0	3	15
1361	1999	3	16	6,79	73,33	1083300	1243054	138	3,1	201
1362	1999	3	17	6,81	73,35	1081081	1245273	129	3	199
1363	1999	3	21	7,45	74,80	920228	1316270	0	3,3	68
1364	1999	3	29	7,08	73,99	1010084	1275225	0	3,4	128
1365	1999	3	31	5,29	73,81	1030052	1076655	141	3,1	235
1366	1999	4	7	5,60	74,00	1008974	1111044	126	3	195
1367	1999	4	13	5,08	74,90	909135	1053359	14	3,5	208
1368	1999	4	15	5,58	74,02	1006756	1108825	126	3,1	195
1369	1999	4	18	6,94	73,37	1078862	1259694	149	3,1	196
1370	1999	4	28	8,00	75,49	843684	1377284	32	3,1	124
1371	1999	5	2	5,18	76,38	744954	1064452	78	3,5	239
1372	1999	5	2	5,14	74,55	947961	1060015	0	3,4	210
1373	1999	5	3	8,05	74,24	982351	1382830	0	3,5	159
1374	1999	5	6	6,86	73,38	1077753	1250820	100	3,1	195
1375	1999	5	10	7,12	75,40	853668	1279662	40	3,2	36
1376	1999	5	11	6,58	73,44	1071097	1219759	122	3,8	193
1377	1999	5	12	6,66	74,51	952399	1228633	31	3,1	76
1378	1999	5	18	6,48	73,72	1040036	1208665	108	3,2	165
1379	1999	5	18	7,43	74,94	904697	1314052	0	3,2	59
1380	1999	5	19	8,27	74,94	904697	1407236	0	3,6	150
1381	1999	5	23	6,71	74,19	987897	1234180	107	3,3	108
1382	1999	5	23	5,26	73,76	1035598	1073327	150	3,6	241
1383	1999	5	24	6,28	73,53	1061113	1186479	0	3,6	193
1384	1999	5	25	6,40	73,63	1050020	1199791	111	3,2	178
1385	1999	5	25	7,11	75,19	876964	1278553	12	3,3	20
1386	1999	5	26	7,37	74,08	1000100	1307396	102	3,1	127
1387	1999	5	27	5,21	73,71	1041145	1067780	144	3	249
1388	1999	5	28	8,64	74,11	996772	1448281	24	3,7	221
1389	1999	5	29	8,41	74,71	930212	1422766	14	3,1	170
1390	1999	6	3	7,84	74,54	949071	1359534	14	3,2	120
1391	1999	6	3	8,25	73,36	1079972	1405017	147	4	245
1392	1999	6	4	5,89	73,62	1051129	1143215	132	3,3	205
1393	1999	6	4	5,80	74,31	974585	1133231	14	3	156
1394	1999	6	4	7,02	73,35	1081081	1268569	141	3,3	199
1395	1999	6	5	5,71	75,93	794874	1123247	105	3,2	162
1396	1999	6	6	6,35	73,54	1060004	1194244	121	3,8	189
1397	1999	6	7	6,60	73,57	1056676	1221977	49	3,1	178
1398	1999	6	11	6,05	74,36	969039	1160964	79	3	131
1399	1999	6	11	6,91	73,33	1083300	1256366	120	3,1	201
1400	1999	6	12	6,65	73,89	1021177	1227524	34	3,4	142
1401	1999	6	14	6,66	74,06	1002319	1228633	129	3,1	124
1402	1999	6	15	5,56	73,57	1056676	1106607	0	3,3	231
1403	1999	6	15	5,57	73,61	1052238	1107716	0	3,3	227
1404	1999	6	16	7,33	76,57	723876	1302958	0	3	165

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
1405	1999	6	18	5,53	76,69	710564	1103279	24	3,1	232
1406	1999	6	18	5,52	74,10	997881	1102169	110	3,2	195
1407	1999	6	19	7,08	73,37	1078862	1275225	120	3,1	197
1408	1999	6	20	6,29	73,46	1068878	1187588	126	3,6	200
1409	1999	6	20	5,59	73,56	1057785	1109935	153	3,1	230
1410	1999	6	22	7,62	74,29	976804	1335129	145	3,4	121
1411	1999	6	22	6,97	73,41	1074425	1263022	21	3,5	192
1412	1999	6	24	6,30	73,43	1072206	1188697	136	3,1	202
1413	1999	6	24	8,30	73,65	1047801	1410564	97	3,4	224
1414	1999	6	25	5,32	73,80	1031161	1079983	147	3,3	233
1415	1999	6	26	7,41	73,86	1024505	1311833	120	3,1	151
1416	1999	6	27	6,36	73,60	1053348	1195353	104	3,3	182
1417	1999	7	1	5,47	73,89	1021177	1096623	127	3,2	214
1418	1999	7	1	6,15	73,39	1076644	1172057	157	3,4	213
1419	1999	7	2	5,59	74,37	967929	1109935	90	3,1	172
1420	1999	7	2	5,91	73,78	1033380	1145433	111	3,2	189
1421	1999	7	5	6,80	73,34	1082190	1244164	138	3,4	200
1422	1999	7	9	7,21	76,88	689487	1289646	111	3,2	196
1423	1999	7	11	6,00	73,83	1027833	1155417	108	3,6	178
1424	1999	7	14	6,00	76,92	685050	1155417	0	3,2	223
1425	1999	7	14	6,90	76,99	677284	1255257	99	3,5	206
1426	1999	7	15	5,30	73,77	1034489	1077764	147	3	237
1427	1999	7	18	5,36	76,40	742735	1084420	68	3	224
1428	1999	7	22	5,89	75,70	820388	1143215	69	3,3	132
1429	1999	7	23	7,68	73,32	1084409	1341785	116	3,1	218
1430	1999	7	24	6,12	74,30	975695	1168729	35	3,3	130
1431	1999	7	25	6,55	73,71	1041145	1216431	6	3,4	164
1432	1999	7	26	6,55	73,47	1067769	1216431	122	3,5	190
1433	1999	7	28	6,57	73,42	1073316	1218649	116	3,2	195
1434	1999	7	31	7,87	73,36	1079972	1362862	151	4,7	223
1435	1999	8	2	7,94	75,10	886948	1370628	83	3	112
1436	1999	8	3	6,55	73,45	1069988	1216431	119	3,2	192
1437	1999	8	6	6,61	75,07	890276	1223087	40	3,1	37
1438	1999	8	7	6,59	73,47	1067769	1220868	126	3	189
1439	1999	8	8	6,88	76,66	713892	1253038	0	3,3	169
1440	1999	8	12	7,55	76,86	691706	1327364	22	3,2	203
1441	1999	8	12	6,23	76,10	776015	1180932	17	3	132
1442	1999	8	16	6,49	73,36	1079972	1209775	153	3	203
1443	1999	8	20	6,54	73,44	1071097	1215321	129	3	193
1444	1999	8	24	6,33	73,55	1058894	1192025	115	3,6	189
1445	1999	8	25	5,34	74,11	996772	1082201	120	3,3	211
1446	1999	8	27	5,89	73,65	1047801	1143215	122	3	202
1447	1999	8	27	8,50	75,44	849231	1432750	79	3,5	177
1448	1999	9	3	6,04	73,49	1065550	1159855	126	3,4	208
1449	1999	9	4	6,24	73,41	1074425	1182041	147	3,7	207
1450	1999	9	6	6,14	73,66	1046692	1170948	117	3,1	186
1451	1999	9	9	7,56	73,85	1025614	1328473	85	3	159
1452	1999	9	11	7,05	76,70	709455	1271897	0	3,1	174
1453	1999	9	13	8,58	76,83	695034	1441625	100	3,3	262
1454	1999	9	14	7,47	75,26	869199	1318489	82	3,1	61
1455	1999	9	16	5,05	74,61	941305	1050031	16	3,1	217
1456	1999	9	18	6,50	76,17	768250	1210884	9	4,3	124
1457	1999	9	19	8,15	73,91	1018958	1393924	18	3,2	192
1458	1999	9	20	6,78	76,66	713892	1241945	0	3,2	170

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
1459	1999	9	22	5,65	73,67	1045582	1116591	142	3,1	217
1460	1999	9	23	7,26	76,14	771578	1295193	0	3	117
1461	1999	9	23	6,77	74,79	921337	1240836	32	3,1	43
1462	1999	9	24	5,28	76,33	750500	1075545	87	3,4	226
1463	1999	9	24	6,56	73,50	1064441	1217540	117	4	187
1464	1999	9	25	6,25	73,48	1066660	1183151	122	3,8	199
1465	1999	9	25	7,57	76,89	688378	1329582	0	3,2	207
1466	1999	9	27	7,57	74,71	930212	1329582	18	3,1	85
1467	1999	10	1	6,84	73,32	1084409	1248601	141	3,2	202
1468	1999	10	7	6,22	73,78	1033380	1179823	116	3,1	170
1469	1999	10	9	5,50	74,55	947961	1099951	0	4,1	172
1470	1999	10	9	5,53	74,60	942415	1103279	9	3,6	167
1471	1999	10	11	6,02	73,68	1044473	1157636	128	3,4	191
1472	1999	10	13	6,04	73,67	1045582	1159855	120	3,1	191
1473	1999	10	19	6,59	73,82	1028942	1220868	9	3,2	151
1474	1999	10	19	6,34	73,47	1067769	1193135	116	3,1	197
1475	1999	10	21	5,06	76,38	744954	1051140	94	3,6	250
1476	1999	10	22	5,25	73,75	1036708	1072217	148	3	242
1477	1999	10	22	5,29	73,77	1034489	1076655	116	3,2	237
1478	1999	11	1	7,97	74,68	933540	1373956	232	3	126
1479	1999	11	3	6,86	76,90	687268	1250820	43	3,4	196
1480	1999	11	4	8,28	76,17	768250	1408345	298	3,2	188
1481	1999	11	8	7,49	74,36	969039	1320708	32	3	106
1482	1999	11	12	5,82	73,52	1062222	1135449	133	3,5	218
1483	1999	11	12	6,21	76,31	752719	1178713	17	3,7	153
1484	1999	11	17	7,67	74,12	995663	1340676	32	3	139
1485	1999	11	19	6,59	74,50	953508	1220868	24	3	81
1486	1999	11	27	8,14	74,19	987897	1392814	0	3,2	170
1487	1999	11	28	5,36	74,72	929103	1084420	72	3	181
1488	1999	11	30	6,36	73,60	1053348	1195353	125	3,1	182
1489	1999	12	1	6,27	73,59	1054457	1185369	108	3,1	187
1490	1999	12	2	5,28	74,77	923556	1075545	0	3,1	188
1491	1999	12	2	6,73	74,18	989007	1236398	32	3	109
1492	1999	12	6	6,53	73,46	1068878	1214212	120	3	192
1493	1999	12	8	8,06	74,83	916900	1383940	98	3,1	129
1494	1999	12	12	7,74	73,47	1067769	1348441	105	3,3	206
1495	1999	12	21	5,18	74,65	936868	1064452	57	3	202
1496	2000	1	1	5,23	73,61	1052238	1069999	138	3	254
1497	2000	1	2	6,32	73,58	1055566	1190916	117	3	186
1498	2000	1	3	6,76	76,76	702799	1239726	6	3,1	181
1499	2000	1	4	5,96	75,18	878073	1150980	0	3	108
1500	2000	1	6	7,51	73,38	1077753	1322926	111	3	205
1501	2000	1	8	5,72	73,89	1021177	1124356	116	3,4	193
1502	2000	1	9	6,28	73,73	1038926	1186479	97	3,2	172
1503	2000	1	12	5,48	73,86	1024505	1097732	133	3,2	215
1504	2000	1	15	8,13	74,87	912463	1391705	77	3,1	136
1505	2000	1	16	5,77	76,13	772687	1129903	32	3,9	170
1506	2000	1	20	7,73	76,86	691706	1347332	42	3,7	210
1507	2000	1	21	6,82	73,61	1052238	1246382	12	3,3	170
1508	2000	1	24	7,33	75,34	860324	1302958	66	3,1	49
1509	2000	1	24	5,74	76,08	778234	1126575	20	3,1	169
1510	2000	1	25	7,23	76,11	774906	1291865	0	3,3	113
1511	2000	1	27	6,58	73,34	1082190	1219759	129	3,3	203
1512	2000	1	27	6,35	73,71	1041145	1194244	117	3,1	171

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
1513	2000	1	28	7,74	76,60	720548	1348441	116	3,2	185
1514	2000	1	29	7,85	73,57	1056676	1360644	103	3,3	201
1515	2000	1	29	5,74	73,89	1021177	1126575	107	3,5	192
1516	2000	1	31	6,06	73,56	1057785	1162073	126	3,1	200
1517	2000	2	3	6,80	75,69	821498	1244164	34	3,5	63
1518	2000	2	5	5,88	73,74	1037817	1142105	102	3,4	194
1519	2000	2	7	7,62	75,19	876964	1335129	82	3,3	76
1520	2000	2	8	6,88	76,73	706127	1253038	0	3,6	177
1521	2000	2	10	7,54	74,03	1005646	1326254	105	4,4	140
1522	2000	2	10	6,38	73,59	1054457	1197572	120	3,1	183
1523	2000	2	11	8,58	75,72	818170	1441625	158	3,4	194
1524	2000	2	14	6,28	73,57	1056676	1186479	108	3,4	189
1525	2000	2	15	5,36	76,24	760484	1084420	71	3	213
1526	2000	2	19	5,07	76,36	747172	1052250	78	3,1	247
1527	2000	2	19	6,40	73,47	1067769	1199791	123	3	194
1528	2000	2	22	5,34	73,76	1035598	1082201	133	3	234
1529	2000	2	23	6,46	76,81	697252	1206447	0	3	193
1530	2000	2	25	7,49	74,27	979023	1320708	64	3,9	114
1531	2000	2	25	7,40	75,96	791546	1310724	0	3,5	105
1532	2000	3	3	6,08	74,36	969039	1164292	117	3,1	128
1533	2000	3	3	7,32	74,01	1007865	1301849	123	3	132
1534	2000	3	5	6,92	75,06	891385	1257476	0	3,1	9
1535	2000	3	5	5,62	73,96	1013412	1113263	111	3,1	196
1536	2000	3	8	6,55	73,47	1067769	1216431	111	3	190
1537	2000	3	9	7,01	74,02	1006756	1267460	96	3,1	124
1538	2000	3	10	6,03	73,69	1043364	1158745	111	3,4	190
1539	2000	3	10	7,65	73,32	1084409	1338457	115	3,2	217
1540	2000	3	13	6,28	73,47	1067769	1186479	128	3	199
1541	2000	3	13	5,54	76,57	723876	1104388	0	3,4	222
1542	2000	3	16	6,55	73,54	1060004	1216431	111	3,3	182
1543	2000	3	21	5,25	73,73	1038926	1072217	146	3,2	244
1544	2000	3	24	6,13	73,58	1055566	1169839	120	3,1	195
1545	2000	3	26	5,31	74,80	920228	1078873	52	3,2	184
1546	2000	3	28	7,63	74,56	946852	1336238	68	4,9	100
1547	2000	3	29	5,78	74,18	989007	1131012	102	4,3	167
1548	2000	3	29	5,52	76,58	722767	1102169	0	3,1	224
1549	2000	3	29	6,40	73,61	1052238	1199791	111	3,6	180
1550	2000	4	3	7,08	76,90	687268	1275225	0	4	196
1551	2000	4	4	7,62	73,44	1071097	1335129	111	3,1	203
1552	2000	4	6	5,56	73,88	1022286	1106607	123	3,1	207
1553	2000	4	9	8,61	77,00	676175	1444953	40	3,9	278
1554	2000	4	15	6,78	73,43	1072206	1241945	128	3,9	190
1555	2000	4	15	7,96	75,22	873636	1372846	0	4,1	114
1556	2000	4	21	5,16	74,80	920228	1062233	58	3	201
1557	2000	4	23	6,67	74,06	1002319	1229743	14	3,1	123
1558	2000	4	27	8,48	75,34	860324	1430531	39	3,2	173
1559	2000	4	27	5,81	73,99	1010084	1134340	107	3,4	178
1560	2000	4	29	5,31	73,75	1036708	1078873	138	3	237
1561	2000	4	29	5,17	76,05	781562	1063343	11	3,1	220
1562	2000	4	30	6,54	73,52	1062222	1215321	109	3,3	185
1563	2000	4	30	6,60	74,10	997881	1221977	75	3,8	121
1564	2000	5	5	6,27	73,50	1064441	1185369	112	3,8	196
1565	2000	5	7	6,64	73,64	1048910	1226415	0	3,1	169
1566	2000	5	8	5,28	73,75	1036708	1075545	32	3,3	240

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
1567	2000	5	9	5,20	73,72	1040036	1066671	62	3,1	249
1568	2000	5	12	7,74	74,72	929103	1348441	23	3,4	101
1569	2000	5	13	8,32	75,60	831481	1412782	23	3,1	162
1570	2000	5	15	6,36	73,60	1053348	1195353	114	3,4	182
1571	2000	5	16	5,90	76,09	777124	1144324	28	3,4	156
1572	2000	5	17	6,39	73,58	1055566	1198681	111	3,3	183
1573	2000	5	17	6,90	73,39	1076644	1255257	114	3	194
1574	2000	5	24	5,53	73,50	1064441	1103279	151	3,2	240
1575	2000	5	26	5,28	74,71	930212	1075545	0	3,3	190
1576	2000	5	28	6,12	76,71	708346	1168729	6	3,4	196
1577	2000	5	28	6,57	73,50	1064441	1218649	121	3,4	186
1578	2000	5	29	6,02	73,98	1011193	1157636	118	3,4	164
1579	2000	5	30	6,93	76,62	718330	1258585	0	3,3	164
1580	2000	5	30	6,78	76,55	726095	1241945	0	3,1	158
1581	2000	5	31	6,60	73,46	1068878	1221977	137	3	190
1582	2000	6	12	6,47	73,35	1081081	1207556	144	3,3	205
1583	2000	6	14	8,52	75,35	859215	1434969	40	3,3	177
1584	2000	6	17	8,67	74,15	992335	1451609	98	4,3	222
1585	2000	6	18	6,80	76,35	748282	1244164	0	3,3	135
1586	2000	6	24	6,45	73,43	1072206	1205337	132	3,3	197
1587	2000	6	30	6,75	73,32	1084409	1238617	128	4	203
1588	2000	7	7	6,10	73,66	1046692	1166511	117	3	188
1589	2000	7	8	7,31	74,05	1003428	1300740	32	3	128
1590	2000	7	9	6,42	75,42	851449	1202009	7	3,6	65
1591	2000	7	10	6,56	73,48	1066660	1217540	124	3,3	189
1592	2000	7	12	6,77	73,32	1084409	1240836	153	3,4	203
1593	2000	7	13	7,00	76,57	723876	1266350	0	3,1	159
1594	2000	7	16	6,06	73,97	1012302	1162073	0	3,8	162
1595	2000	7	24	6,15	75,25	870308	1172057	290	3,5	88
1596	2000	7	24	6,56	74,21	985679	1217540	225	3,2	111
1597	2000	8	4	6,41	74,35	970148	1200900	11	3,6	105
1598	2000	8	6	5,67	73,97	1012302	1118809	111	3,1	191
1599	2000	8	8	5,36	74,06	1002319	1084420	123	3,4	212
1600	2000	8	8	6,00	73,69	1043364	1155417	144	3,1	191
1601	2000	8	10	6,14	74,31	974585	1170948	80	3,1	127
1602	2000	8	10	5,36	76,07	779343	1084420	6	3,1	203
1603	2000	8	11	7,02	76,65	715002	1268569	0	3,3	168
1604	2000	8	16	5,94	73,45	1069988	1148761	153	3,3	217
1605	2000	8	17	5,26	73,70	1042254	1073327	147	3,1	245
1606	2000	8	18	5,81	76,02	784890	1134340	24	3,1	159
1607	2000	8	20	5,25	74,11	996772	1072217	117	3,2	219
1608	2000	8	23	5,08	76,35	748282	1053359	89	3	246
1609	2000	8	24	6,54	76,75	703908	1215321	0	3	184
1610	2000	8	25	5,05	75,34	860324	1050031	36	3,5	210
1611	2000	8	25	5,95	73,70	1042254	1149871	112	3,4	193
1612	2000	8	26	7,69	73,41	1074425	1342894	143	3	209
1613	2000	8	31	7,49	75,35	859215	1320708	0	3,4	66
1614	2000	9	1	7,42	76,34	749391	1312942	0	3,5	144
1615	2000	9	3	5,49	74,59	943524	1098841	0	3,2	172
1616	2000	9	4	5,28	73,72	1040036	1075545	137	3,1	242
1617	2000	9	7	6,56	73,49	1065550	1217540	114	3	188
1618	2000	9	12	7,11	76,68	711674	1278553	6	3,2	172
1619	2000	9	15	8,03	74,38	966820	1380612	100	3,2	148
1620	2000	9	15	6,42	73,58	1055566	1202009	117	3,1	182

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
1621	2000	9	16	5,76	73,77	1034489	1128793	132	3,2	200
1622	2000	9	16	5,66	73,57	1056676	1117700	150	4,6	224
1623	2000	9	17	5,64	73,99	1010084	1115481	92	3	192
1624	2000	9	17	7,01	75,13	883620	1267460	11	3,8	8
1625	2000	9	17	5,62	74,33	972367	1113263	54	3,8	171
1626	2000	9	22	7,26	75,24	871417	1295193	6	3	38
1627	2000	9	22	5,30	73,94	1015630	1077764	126	3,3	225
1628	2000	9	25	8,05	74,06	1002319	1382830	112	3	172
1629	2000	9	29	8,33	74,79	921337	1413891	40	3,6	159
1630	2000	10	1	5,99	73,96	1013412	1154308	117	4	168
1631	2000	10	3	6,52	73,55	1058894	1213103	129	3	182
1632	2000	10	5	6,44	73,53	1061113	1204228	123	3,4	187
1633	2000	10	13	6,65	76,14	771578	1227524	100	3,6	116
1634	2000	10	14	6,42	73,54	1060004	1202009	117	3,4	186
1635	2000	10	15	5,40	73,67	1045582	1088857	150	3,2	236
1636	2000	10	16	6,69	73,54	1060004	1231961	111	4	179
1637	2000	10	18	8,35	74,15	992335	1416110	245	4,1	191
1638	2000	10	19	7,41	73,79	1032270	1311833	71	3,6	159
1639	2000	10	21	8,03	74,70	931321	1380612	100	3,5	131
1640	2000	10	25	6,49	73,71	1041145	1209775	33	3,8	166
1641	2000	10	25	6,49	73,68	1044473	1209775	32	3,7	169
1642	2000	10	27	6,39	73,80	1031161	1198681	0	3	160
1643	2000	10	27	6,35	73,85	1025614	1194244	0	4,2	157
1644	2000	10	27	6,41	73,75	1036708	1200900	105	3,3	165
1645	2000	10	27	6,43	73,73	1038926	1203119	108	3,3	166
1646	2000	10	28	6,43	73,79	1032270	1203119	32	3,1	160
1647	2000	10	29	6,33	74,29	976804	1192025	32	3,3	116
1648	2000	10	29	5,28	74,11	996772	1075545	117	3	216
1649	2000	10	29	7,36	75,01	896932	1306286	12	3,4	49
1650	2000	10	30	6,55	73,81	1030052	1216431	31	3,7	153
1651	2000	11	1	6,07	73,57	1056676	1163183	147	4	199
1652	2000	11	5	5,63	74,34	971257	1114372	84	3,5	170
1653	2000	11	6	5,85	76,03	783780	1138777	25	3,4	156
1654	2000	11	7	6,61	73,33	1083300	1223087	159	3,6	204
1655	2000	11	11	5,83	73,42	1073316	1136559	157	3,5	227
1656	2000	11	12	6,74	74,65	936868	1237508	0	3,2	58
1657	2000	11	16	6,51	73,54	1060004	1211993	96	3,5	184
1658	2000	11	17	7,55	75,38	855887	1327364	0	3,3	73
1659	2000	11	20	6,06	74,08	1000100	1162073	0	3,7	152
1660	2000	11	20	6,08	74,10	997881	1164292	0	3	149
1661	2000	12	1	6,59	73,50	1064441	1220868	120	3,5	186
1662	2000	12	5	5,49	74,48	955727	1098841	20	3,3	176
1663	2000	12	7	6,39	73,54	1060004	1198681	98	3,2	187
1664	2000	12	10	6,11	73,68	1044473	1167620	100	3,4	186
1665	2000	12	11	6,85	73,44	1071097	1249710	126	3	189
1666	2000	12	13	5,22	73,74	1037817	1068889	158	3,2	246
1667	2000	12	13	8,55	74,36	969039	1438297	89	3,4	199
1668	2000	12	16	8,01	74,58	944633	1378393	112	3	134
1669	2000	12	16	7,45	75,05	892495	1316270	18	4,1	58
1670	2000	12	18	7,26	76,65	715002	1295193	8	3,3	172
1671	2000	12	18	6,83	76,62	718330	1247492	14	3,1	165
1672	2000	12	18	5,25	75,76	813732	1072217	114	3,9	199
1673	2000	12	21	6,28	73,98	1011193	1186479	0	3,9	148
1674	2000	12	23	6,36	73,50	1064441	1195353	114	3,5	193

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
1675	2000	12	23	5,58	75,61	830372	1108825	0	3,1	159
1676	2000	12	23	6,63	74,35	970148	1225305	17	3,2	94
1677	2000	12	27	6,29	73,60	1053348	1187588	119	3,4	185
1678	2000	12	29	5,63	73,73	1038926	1114372	129	3,5	213
1679	2000	12	29	7,41	74,99	899151	1311833	8	3,9	55
1680	2001	1	3	6,88	76,73	706127	1253038	0	3,3	177
1681	2001	1	4	6,07	73,75	1036708	1163183	104	3,2	182
1682	2001	1	10	8,18	76,52	729423	1397252	0	3,2	206
1683	2001	1	14	6,38	73,96	1013412	1197572	23	3,4	145
1684	2001	1	19	6,07	75,58	833700	1163183	78	3,5	108
1685	2001	1	21	6,41	76,62	718330	1200900	0	3,2	174
1686	2001	1	24	7,71	73,56	1057785	1345113	137	3,9	195
1687	2001	1	24	5,11	74,88	911353	1056687	21	3	205
1688	2001	1	25	5,78	74,12	995663	1131012	102	3,1	171
1689	2001	1	26	7,99	76,86	691706	1376174	129	4	224
1690	2001	1	26	6,93	76,13	772687	1258585	0	3,1	110
1691	2001	1	27	7,01	76,17	768250	1267460	0	3,6	115
1692	2001	1	27	6,52	73,36	1079972	1213103	98	3,7	203
1693	2001	1	31	6,22	73,81	1030052	1179823	0	3	167
1694	2001	2	1	5,51	73,99	1010084	1101060	126	3	203
1695	2001	2	2	6,88	76,18	767140	1253038	0	3,1	116
1696	2001	2	6	6,36	73,60	1053348	1195353	16	3	182
1697	2001	2	8	6,83	76,27	757156	1247492	56	4,5	126
1698	2001	2	8	6,65	73,53	1061113	1227524	133	3	181
1699	2001	2	23	6,56	73,48	1066660	1217540	130	3,8	189
1700	2001	3	2	6,92	73,39	1076644	1257476	135	3	194
1701	2001	3	5	8,63	73,96	1013412	1447171	98	3,4	229
1702	2001	3	6	6,92	76,54	727204	1257476	0	3,1	156
1703	2001	3	11	5,66	76,59	721658	1117700	26	3,5	214
1704	2001	3	12	7,87	74,62	940196	1362862	144	3,1	119
1705	2001	3	16	8,48	74,29	976804	1430531	58	3,4	196
1706	2001	3	16	8,46	74,18	989007	1428313	80	3,4	200
1707	2001	3	16	5,61	76,58	722767	1112153	0	3,4	217
1708	2001	3	16	6,18	73,68	1044473	1175385	123	3,8	182
1709	2001	3	17	6,73	77,00	676175	1236398	96	3	208
1710	2001	3	21	7,90	74,79	921337	1366190	156	4,7	114
1711	2001	4	2	5,14	76,44	738298	1060015	16	3,8	246
1712	2001	4	4	6,61	73,58	1055566	1223087	117	3,1	177
1713	2001	4	6	6,64	76,89	688378	1226415	0	3,2	197
1714	2001	4	6	8,09	74,53	950180	1387268	0	3,5	145
1715	2001	4	12	7,44	74,51	952399	1315161	0	3,8	89
1716	2001	4	12	6,89	76,66	713892	1254148	0	3,1	169
1717	2001	4	18	8,25	74,85	914681	1405017	17	5	149
1718	2001	4	18	7,28	76,04	782671	1297412	0	3,4	107
1719	2001	4	19	5,79	74,50	953508	1132121	18	3,1	146
1720	2001	4	22	7,17	77,01	675066	1285209	36	3	209
1721	2001	4	27	6,91	74,25	981241	1256366	0	3,6	99
1722	2001	4	27	6,41	73,61	1052238	1200900	122	3,4	179
1723	2001	5	9	5,57	73,85	1025614	1107716	138	3,2	208
1724	2001	5	19	7,06	76,69	710564	1273006	0	4,2	173
1725	2001	5	31	7,33	76,95	681722	1302958	0	3,2	206
1726	2001	6	7	6,72	76,81	697252	1235289	150	3	187
1727	2001	6	17	8,23	76,97	679503	1402798	171	3,7	249
1728	2001	6	17	8,23	76,97	679503	1402798	171	3,7	249

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
1729	2001	6	19	8,42	75,25	870308	1423875	35	3,1	165
1730	2001	6	30	5,74	75,93	794874	1126575	25	4,1	159
1731	2001	7	2	6,33	73,53	1061113	1192025	129	3,1	191
1732	2001	7	3	6,88	76,69	710564	1253038	0	3,2	172
1733	2001	7	4	6,55	73,46	1068878	1216431	123	3,3	191
1734	2001	7	5	6,91	76,01	785999	1256366	0	4,7	97
1735	2001	7	7	6,39	73,57	1056676	1198681	128	3	184
1736	2001	7	7	6,89	73,36	1079972	1254148	123	3	197
1737	2001	7	11	6,35	73,42	1073316	1194244	141	3,5	201
1738	2001	7	12	5,98	73,68	1044473	1153199	132	3,5	193
1739	2001	7	17	6,79	73,34	1082190	1243054	126	3,4	200
1740	2001	7	18	5,98	73,65	1047801	1153199	128	3,4	196
1741	2001	7	19	6,91	76,74	705018	1256366	0	4	178
1742	2001	7	25	7,46	74,77	923556	1317380	0	3,1	71
1743	2001	7	28	7,32	76,22	762703	1301849	0	3	127
1744	2001	7	30	5,08	76,57	723876	1053359	81	3,2	260
1745	2001	8	2	6,06	73,70	1042254	1162073	119	4	187
1746	2001	8	4	6,56	73,49	1065550	1217540	123	3,1	188
1747	2001	8	5	6,79	76,75	703908	1243054	0	3,2	180
1748	2001	8	10	8,50	73,35	1081081	1432750	135	3,1	264
1749	2001	8	19	8,14	74,37	967929	1392814	131	3	159
1750	2001	8	25	6,86	76,72	707236	1250820	0	3	176
1751	2001	8	29	6,70	76,71	708346	1233071	0	3,3	176
1752	2001	9	6	7,61	76,75	703908	1334020	25	3,7	194
1753	2001	9	6	6,56	73,50	1064441	1217540	126	3,7	187
1754	2001	9	8	8,43	74,68	933540	1424985	0	5,4	173
1755	2001	9	9	8,55	74,61	941305	1438297	0	3,2	188
1756	2001	9	9	6,55	73,45	1069988	1216431	122	3,4	192
1757	2001	9	13	5,95	73,75	1036708	1149871	129	3,6	189
1758	2001	9	24	5,55	73,87	1023396	1105497	134	3	208
1759	2001	9	25	8,60	77,01	675066	1443843	0	3,7	278
1760	2001	9	27	5,11	74,89	910244	1056687	0	3,2	204
1761	2001	9	28	8,61	73,94	1015630	1444953	108	3,4	228
1762	2001	9	30	6,78	76,69	710564	1241945	0	3,6	173
1763	2001	10	5	5,30	73,98	1011193	1077764	134	3	222
1764	2001	10	9	6,50	73,51	1063332	1210884	134	3,7	187
1765	2001	10	25	7,68	74,95	903588	1341785	0	3,3	85
1766	2001	10	26	6,59	73,35	1081081	1220868	135	3	202
1767	2001	10	29	6,57	73,46	1068878	1218649	126	4,1	191
1768	2001	11	1	7,07	76,32	751610	1274116	0	3	132
1769	2001	11	2	7,31	76,96	680612	1300740	0	3,2	206
1770	2001	11	7	8,31	76,74	705018	1411673	0	3,6	234
1771	2001	11	11	8,39	74,10	997881	1420547	184	3,3	198
1772	2001	11	16	8,47	74,67	934649	1429422	0	3,8	178
1773	2001	11	29	8,68	76,74	705018	1452718	40	3	263
1774	2001	11	30	7,12	76,65	715002	1279662	0	3,3	169
1775	2001	12	1	6,53	73,45	1069988	1214212	126	3,5	193
1776	2001	12	7	6,78	73,32	1084409	1241945	127	3,5	202
1777	2001	12	20	6,34	76,65	715002	1193135	0	3	180
1778	2001	12	21	5,71	73,90	1020068	1123247	112	3	193
1779	2001	12	24	6,37	73,56	1057785	1196463	119	3	186
1780	2001	12	24	5,46	73,92	1017849	1095513	149	3	212
1781	2001	12	30	8,69	74,79	921337	1453827	6	3,5	198
1782	2001	12	31	6,43	74,17	990116	1203119	73	3,1	121

No	Año	Mes	Dia	Lat, ° N	Long, ° W	X	Y	Prof, km	Ms	Dist, km
1783	2002	1	3	6,55	76,62	718330	1216431	0	3,1	170
1784	2002	1	7	6,03	76,58	722767	1158745	0	3	189
1785	2002	1	8	7,52	74,46	957945	1324036	0	3,2	99
1786	2002	1	11	5,42	74,44	960164	1091076	0	3,1	185
1787	2002	1	26	7,34	74,58	944633	1304068	0	3	77
1788	2002	1	27	6,64	76,81	697252	1226415	0	3,2	188
1789	2002	1	29	7,42	75,10	886948	1312942	0	3,3	54
1790	2002	2	14	7,08	75,25	870308	1275225	0	3,5	20
1791	2002	2	16	7,29	75,22	873636	1298521	68	3	40
1792	2002	2	21	7,06	74,71	930212	1273006	0	3,3	50
1793	2002	2	24	6,87	76,47	734970	1251929	0	3,1	148
1794	2002	2	24	6,01	74,31	974585	1156527	6	3	138
1795	2002	3	6	8,46	73,44	1071097	1428313	100	3,2	253
1796	2002	3	6	6,94	76,45	737188	1259694	0	3,2	146
1797	2002	3	7	5,58	74,36	969039	1108825	88	3,5	173
1798	2002	3	9	8,52	73,88	1022286	1434969	100	3,6	225
1799	2002	3	16	6,36	73,48	1066660	1195353	128	3	195
1800	2002	3	17	5,79	73,70	1042254	1132121	128	3	204
1801	2002	3	22	6,65	75,57	834809	1227524	0	3,5	57
1802	2002	3	23	6,87	76,01	785999	1251929	0	3	97
1803	2002	3	26	7,39	75,07	890276	1309614	0	3	51
1804	2002	3	26	5,90	73,43	1072206	1144324	134	3,8	222
1805	2002	3	29	6,55	73,49	1065550	1216431	122	3,6	188
1806	2002	3	29	5,27	73,72	1040036	1074436	150	3	243
1807	2002	3	31	6,34	73,50	1064441	1193135	132	3,4	193
1808	2002	4	6	7,01	76,04	782671	1267460	0	3,2	100
1809	2002	4	12	6,97	76,69	710564	1263022	0	3	172
1810	2002	4	14	5,78	76,12	773796	1131012	15	4,7	168
1811	2002	4	17	7,75	75,56	835919	1349550	213	3	102
1812	2002	4	21	6,57	73,54	1060004	1218649	118	3,4	182
1813	2002	4	21	6,89	76,53	728314	1254148	7	3,4	155
1814	2002	4	23	6,58	73,42	1073316	1219759	132	3	195
1815	2002	4	25	6,26	73,40	1075534	1184260	157	3,4	207
1816	2002	4	26	5,11	76,28	756047	1056687	107	3,2	239
1817	2002	4	26	6,72	73,74	1037817	1235289	0	5,4	157
1818	2002	4	30	8,72	76,93	683940	1457155	22	3,9	281
1819	2002	5	3	6,76	73,78	1033380	1239726	0	3	152
1820	2002	5	4	5,40	73,62	1051129	1088857	154	4	240
1821	2002	5	5	8,57	74,29	976804	1440515	0	3	204
1822	2002	5	5	6,16	73,32	1084409	1173167	157	3,4	219
1823	2002	5	17	6,60	76,76	702799	1221977	128	3	184
1824	2002	5	23	5,55	73,85	1025614	1105497	138	3	210

8. ANEXO 2
REVISIÓN DEL INFORME, ING. ALBERTO SARRIA

Bogotá, Noviembre 22 de 2002

Ingeniero
FABIO SANCHEZ PhD
Ingetec S.A.
Ciudad

Referencia: Revisión del informe sismológico del proyecto Porce 3

Estimado doctor Sánchez:

De acuerdo con las instrucciones dadas en su comunicación de Noviembre 18, he revisado el documento INFORME SISMOLÓGICO FINAL, LOTE DE TRABAJO 1.8 el cual corresponde al proyecto Porce 3. A continuación le presento mi opinión sobre el trabajo que he revisado.

APRECIACIÓN DE ORDEN GENERAL

La revisión del informe indica que el documento es bien sustentado con informaciones de sismología actualizadas con lo conocido en proyectos cercanos y en general demuestra que la sismotectónica regional y local son involucradas de manera correcta en el estudio. El informe evalúa y propone las herramientas para diseño frente a la acción sísmica. De manera global el informe es correcto y apropiadamente sustentado.

Título del informe

El título del informe tiende a confundir al lector porque la palabra sismológico se entiende como referente a la sismología. Efectivamente, se tratan algunos aspectos que podemos considerar hacen parte de la sismología puramente aplicada y todo está suficientemente bien estudiado en el informe. Me refiero a las fuentes sismogénicas y sus características e inclusive a la evaluación del riesgo sísmico local con un enfoque probabilístico y una mención determinista.

Como el informe propone herramientas de diseño que no están basadas integralmente en la sismología como los espectros de diseño, puede pensarse que el título puede confundir. No obstante esto no tiene importancia en el resultado final que cumple cabalmente con el alcance previsto. Sin embargo, un título más apropiado para el informe hubiera sido algo similar a 'evaluación de la amenaza sísmica local para el proyecto Porce 3'.

Alcance general y su cumplimiento

En la introducción del estudio bajo consideración se anota que el alcance del informe concluido en 1998 es "evaluar los parámetros sísmicos para el diseño sismorresistente de las obras del proyecto". El trabajo de complementación iniciado en Mayo de 2002 adiciona información con el fin de afinar los resultados preliminares pero mantiene exactamente el mismo alcance.

La revisión del informe desde un punto de vista general indica que se cumple el alcance previsto y la amenaza sísmica local se estima en términos de la aceleración local horizontal máxima probable la cual resulta igual a 0.24 g, la aceleración vertical estimada igual a la mitad de la horizontal, los espectros de diseño para diferentes amortiguamientos y los acelerogramas de diseño evaluados a partir del programa Simqke. De igual manera, el informe analiza lo relacionado con la posible sismicidad inducida por la presencia del embalse y hace comparaciones con situaciones similares en proyectos internacionales.

Las fuentes sismogénicas analizadas son las pertinentes para el estudio. La profundidad media de los focos respectivos parece razonable y sus parámetros de actividad son evaluados de manera correcta.

La integración en el modelo probabilístico y el aporte de cada fuente a la amenaza sísmica local son apropiadamente tratados y se muestran en gráficas claras y precisas. Esto indica que la amenaza sísmica local obtenida resulta coherente con la obtenida en situaciones sismotectónicas similares en la región.

Las magnitudes máximas de las fuentes son estudiadas de manera razonable tomando en cuenta diferentes posibilidades y en especial considerando que la información disponible limita la aproximación de calibración estadística de sus parámetros de actividad, los denominados parámetros A (intercepto) y B (pendiente) de la ingeniería sísmica.

ASPECTOS PARTICULARES

Las inquietudes particulares que se analizan ameritan una revisión menor de lo anotado en especial lo referente a la duración de la fase intensa puesto que si hay zonas licuables esto es importante. Así mismo en lo referente a la posibilidad de que la acción sísmica sirva de detonante al deslizamiento de laderas del embalse. Véase la página 51, párrafo 3 del informe.

Duración de la fase intensa

Para M=8 se toma una duración total de la señal igual a 40 segundos de acuerdo con las recomendaciones de Dobry. Estas recomendaciones subestiman la duración de la fase intensa para magnitudes inferiores a 6.5 posiblemente y tienden a sobre estimarlas para magnitudes en el orden de 8 o superiores. En el estudio sismológico los 40 segundos

anotados se dividen en: 5 segundos para la llamada fase intensa, 15 segundos para la fase de ascenso, 15 segundos para la fase estable y 10 segundos para la fase de descenso. La suma es superior al total (suma 45 segundos), pero esto es secundario. Lo que sí tiene importancia es la clarificación de lo que se denomina fase intensa en el estudio. Estimo que esto debe revisarse.

En general la fase intensa (realmente esto es algo más bien especulativo que real) corresponde a la denominada fase estable que marca aceleraciones elevadas persistentes. Su duración es la que tratan de evaluar con estudios de regresión autores como Dobry y otros. Para un sismo con magnitud 8 la fase estable de aceleración máxima que aparece en el estudio es muy corta y no es concordante con lo observado. Esto es inconveniente si hay que hacer análisis de susceptibilidad a la licuación o si debe estudiarse contra el tiempo estructuras de periodo fundamental más o menos largo. También puede ser importante en la definición del riesgo de deslizamiento de las laderas del embalse.

Las duraciones de las fases de ascenso y descenso de la señal sintética deben tomar en cuenta las características propias de la amenaza sísmica de cada proyecto. La fase de ascenso debe considerar la diferencia de fases S-P la cual depende de la distancia entre el proyecto y la fuente. La fase de descenso toma en cuenta las dimensiones del plano de falla. De todas maneras, desde el punto de vista de ingeniería lo más importante es la fase estable en la cual ondas S y R principalmente, componen el espectro de frecuencia.

Espectros de diseño

El espectro de diseño normalizado indicado en la figura 4.1 muestra que la aceleración espectral máxima resulta aproximadamente igual al triple de la aceleración local máxima probable sobre el terreno firme (no está explícito pero es presumible que sea terreno firme).

El máximo del espectro es superior a las recomendaciones de Newmark que se consideraron una especie de estándar en el pasado. Sin embargo, es compatible con los espectros de una gran cantidad de registros de sismos recientes obtenidos a diferentes distancias epicentrales para magnitudes surtidas. Aunque resulta bastante exigente se considera razonable para el proyecto. El máximo para períodos por sobre dos segundos se propone igual a la mitad de la aceleración local horizontal máxima probable. Es lo recomendado internacionalmente.

Aunque no conozco la sección de la presa y menos sus propiedades dinámicas, estimo que la aceleración espectral que excitará el modo fundamental resultará similar a la aceleración local máxima probable.

Los espectros particulares (no normalizados) siguen el lineamiento del normalizado y su forma resulta acorde con la práctica de la especialidad. Conviene que a las figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.7 a 4.10, 4.14 a 4.17 se les anote el amortiguamiento con respecto al crítico. No importa que en la memoria se diga que es igual al 5%, conviene anotarlo en las figuras.

CONCLUSIÓN GENERAL

De la revisión se concluye que el informe sismológico cumple con el alcance previsto y desarrolla los temas de manera tal que los parámetros de diseño resultan satisfactorios.

Atentamente,

Alberto Sarria Molina
Matricula de IC 203

9. PROGRAMA Y REGISTRO DE REVISIÓN Y VERIFICACIÓN

EEPPM - DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III
PROGRAMA DE REVISIÓN Y VERIFICACIÓN

LOTE DE TRABAJO No. 1.8 Hoja 1 de 2

PRODUCTO No. **P3 – 1.8/D4 -179**	PREPARADO POR: Fabio A. Sánchez **C**	TIPO	
NOMBRE DEL DOCUMENTO: **INFORME SISMOLÓGICO FINAL, LOTE DE TRABAJO 1.8**		Especificación	
		Informe	X
		Memoria de cálculo	
		Plano	
		Otro	

RESPONSABILIDADES					DOCUMENTOS RESULTANTES	
	REVISOR PAR	VERIFICADOR 1 Director de División	VERIFICADOR 2 Jefe Lote de Control	VERIFICADOR 3 Coordinador del Proyecto	Copias revisadas	
					Registro P6 – 3	X
Nombre	Alberto Marulanda	Fabio Amaya	Alberto Marulanda	I. Pinto	Registro P6 – 4	X
Inicio	2002-10-01	2002-10-01	2002-10-01	2002-10-01	Registro P6 – 5	
Finalización	2002-11-27	2002-11-27	2002-11-27	2002-11-27	Informe de revisión	X

	ASPECTOS POR REVISARSE Y VERIFICARSE	REVISOR PAR	VERIFICADOR 1 Director de División	VERIFICADOR 2 Jefe Lote de Control	VERIFICADOR 3 Coordinador del proyecto
1	Coherencia con los criterios de diseño y sus correspondientes listas de verificación	NA	NA	NA	NA
2	Coherencia con las normas técnicas previstas	NA	NA	NA	NA
3	Revisión aritmética	NA	NA	NA	NA
4	Cálculo por métodos alternativos	NA	NA	NA	NA
5	Cálculo con software alternativo	NA	NA	NA	NA
6	Simulaciones virtuales	NA	NA	NA	NA
7	Comprobación con diseños ya probados	NA	NA	NA	NA
8	Ensayos de calificación	NA	NA	NA	NA
9	Adecuación al estado del arte y la tecnología	NA	NA	NA	NA
10	Economía durante la construcción y la operación	NA	NA	NA	NA
11	Aspectos legales	NA	NA	NA	NA
12	Aspectos ambientales	NA	NA	NA	NA
13	Apariencia estética de las obras derivadas	NA	NA	NA	NA
14	Facilidad del proceso constructivo y adaptabilidad a equipos convencionales de construcción	NA	NA	NA	NA
15	Facilidad de pre-ensamblaje en fábrica o en el sitio	NA	NA	NA	NA
16	Minimización de problemas de interfase entre Contratistas, Proveedores, Fabricantes y Montadores	NA	NA	NA	NA
17	Minimización de riesgos para el personal que intervendrá en los procesos de construcción, transporte, montaje y operación	NA	NA	NA	NA
18	Minimización de riesgos para el personal de la zona, los visitantes y los usuarios	NA	NA	NA	NA
19	Capacidad para operar correctamente bajo las condiciones preestablecidas	NA	NA	NA	NA
20	Capacidad para no sufrir daños por inadecuada manipulación o introducción de comandos erróneos	NA	NA	NA	NA

EEPPM - DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III
PROGRAMA DE REVISIÓN Y VERIFICACIÓN

LOTE DE TRABAJO No. 1.8 – SISMOLOGÍA Hoja 2 de 2

Continuación programa de revisión y verificación del Producto No. **P3 – 1.8/D4 – 179**

ASPECTOS POR REVISARSE Y VERIFICARSE		REVISOR PAR	VERIFICADOR 1 Director de División	VERIFICADOR 2 Jefe Lote de Control	VERIFICADOR 3 Coordinador del Proyecto
21	Capacidad de expansión	NA	NA	NA	NA
22	Confort para los operarios	NA	NA	NA	NA
23	Minimización de necesidades de entrenamiento a personal de LAS EMPRESAS para propósitos de operación	NA	NA	NA	NA
24	Facilidades implícitas para detectar y corregir eventuales fallas durante la operación	NA	NA	NA	NA
25	Facilidades implícitas de acceso, inspección, reparación y mantenimiento	NA	NA	NA	NA
26	Autosuficiencia de LAS EMPRESAS para efectos de mantenimiento	NA	NA	NA	NA
27	Previsiones de seguridad contra daño accidental o intencional, vandalismo, sabotaje o robo	NA	NA	NA	NA
28	Cumplimiento del objetivo del documento	X	X	X	X
29	Profundidad del documento	NA	NA	NA	NA
30	Claridad del documento	X	X	X	X
31	Organización del documento	X	X	NA	NA
32	Redacción del documento	X	X	NA	NA
33	Ortografía del documento	X	X	X	X
34	Presentación del documento	X	X	X	X
35	Aspectos dimensionales (planos)	NA	NA	NA	NA
36	Coherencia dibujo – memorias de cálculo (planos)	NA	NA	NA	NA
37	Cumplimiento de normas internas de calidad relacionadas con dibujo y/o texto	X	X	X	X
38	Coherencia con las especificaciones técnicas, Términos de Referencia y otros productos asociados	X	X	X	X
39	Cumplimiento contractual	X	X	X	X
40	Otros: Coherencia de la información incluida en el documento con lo planificado y aprobado por la Gerencia para este lote de trabajo	-	-	-	

El revisor y los verificadores identificarán y marcarán con una X aquellos aspectos que tienen previsto revisar y verificar, dejando en blanco los que no se apliquen al tipo de documento, o que no sean de su responsabilidad.

Vo.Bo. Revisor Par	Vo. Bo. Director de División	Vo.Bo. Jefe de Lote de Control	Vo.Bo. Coordinador del Proyecto
Fecha: 2002-11-27	Fecha: 2002-11-27	Fecha: 2002-11-27	Fecha: 2002-11-27

EEPPM - DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III
REGISTRO DE REVISIÓN Y VERIFICACIÓN
LOTE DE TRABAJO No. 1.8 Hoja 1 de 2

PRODUCTO No. **P3 – 1.8/D4 – 179**	PREPARADO POR: **Fabio A. Sánchez C.**	TIPO	
NOMBRE DEL DOCUMENTO: **INFORME SISMOLÓGICO FINAL, LOTE DE TRABAJO 1.8**		Especificación	
		Informe	X
		Memoria de cálculo	
		Plano	
		Otro	

RESPONSABILIDADES					DOCUMENTOS RESULTANTES	
	REVISOR PAR	VERIFICADOR 1 Director de División	VERIFICADOR 2 Jefe Lote de Control	VERIFICADOR 3 Coordinador del Proyecto	Copias revisadas	
					Registro P6 – 3	X
Nombre	Alberto Marulanda	Fabio Amaya	Alberto Marulanda	Iván Pinto	Registro P6 – 4	X
Iniciación	2002-10-01	2002-10-01	2002-10-01	2002-10-01	Registro P6 – 5	
Finalización	2002-11-27	2002-11-27	2002-11-27	2002-11-27	Informe de revisión	X

	ASPECTOS POR REVISARSE Y VERIFICARSE	REVISOR PAR	VERIFICADOR 1 Director de División	VERIFICADOR 2 Jefe Lote de Control	VERIFICADOR 3 Coordinador del Proyecto
1	Coherencia con los criterios de diseño y sus correspondientes listas de verificación	NA	NA	NA	NA
2	Coherencia con las normas técnicas previstas	NA	NA	NA	NA
3	Revisión aritmética	NA	NA	NA	NA
4	Cálculo por métodos alternativos	NA	NA	NA	NA
5	Cálculo con software alternativo	NA	NA	NA	NA
6	Simulaciones virtuales	NA	NA	NA	NA
7	Comprobación con diseños ya probados	NA	NA	NA	NA
8	Ensayos de calificación	NA	NA	NA	NA
9	Adecuación al estado del arte y la tecnología	NA	NA	NA	NA
10	Economía durante la construcción y la operación	NA	NA	NA	NA
11	Aspectos legales	NA	NA	NA	NA
12	Aspectos ambientales	NA	NA	NA	NA
13	Apariencia estética de las obras derivadas	NA	NA	NA	NA
14	Facilidad del proceso constructivo y adaptabilidad a equipos convencionales de construcción	NA	NA	NA	NA
15	Facilidad de pre-ensamblaje en fábrica o en el sitio	NA	NA	NA	NA
16	Minimización de problemas de interfase entre Contratistas, Proveedores, Fabricantes y Montadores	NA	NA	NA	NA
17	Minimización de riesgos para el personal que intervendrá en los procesos de construcción, transporte, montaje y operación	NA	NA	NA	NA
18	Minimización de riesgos para el personal de la zona, los visitantes y los usuarios	NA	NA	NA	NA
19	Capacidad para operar correctamente bajo las condiciones preestablecidas	NA	NA	NA	NA
20	Capacidad para no sufrir daños por inadecuada manipulación o introducción de comandos erróneos	NA	NA	NA	NA

EEPPM - DISEÑOS DETALLADOS PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III
REGISTRO DE REVISIÓN Y VERIFICACIÓN

LOTE DE TRABAJO No. 1.8 Hoja 2 de 2

Continuación programa de revisión y verificación del Producto No. **P3 – 1.8/D4 – 179**

ASPECTOS POR REVISARSE Y VERIFICARSE		REVISOR PAR	VERIFICADOR 1 Director de División	VERIFICADOR 2 Jefe Lote de Control	VERIFICADOR 3 Coordinador del Proyecto
21	Capacidad de expansión	NA	NA	NA	NA
22	Confort para los operarios	NA	NA	NA	NA
23	Minimización de necesidades de entrenamiento a personal de LAS EMPRESAS para propósitos de operación	NA	NA	NA	NA
24	Facilidades implícitas para detectar y corregir eventuales fallas durante la operación	NA	NA	NA	NA
25	Facilidades implícitas de acceso, inspección, reparación y mantenimiento	NA	NA	NA	NA
26	Autosuficiencia de LAS EMPRESAS para efectos de mantenimiento	NA	NA	NA	NA
27	Previsiones de seguridad contra daño accidental o intencional, vandalismo, sabotaje o robo	NA	NA	NA	NA
28	Cumplimiento del objetivo del documento				
29	Profundidad del documento	NA	NA	NA	NA
30	Claridad del documento				
31	Organización del documento			NA	NA
32	Redacción del documento			NA	NA
33	Ortografía del documento				
34	Presentación del documento				
35	Aspectos dimensionales (planos)	NA	NA	NA	NA
36	Coherencia dibujo – memorias de cálculo (planos)	NA	NA	NA	NA
37	Cumplimiento de normas internas de calidad relacionadas con dibujo y/o texto				
38	Coherencia con las especificaciones técnicas, Términos de Referencia y otros productos asociados				
39	Cumplimiento contractual				
40	Otros: Coherencia de la información incluida en el documento con lo planificado y aprobado por la Gerencia para este lote de trabajo	-	-	-	

Una vez efectúen las actividades de revisión y verificación previstas, el revisor y los verificadores estamparán su firma en cada una de las casillas que previamente identificaron en el Formato P6 –1.

TODOS LOS ASPECTOS PROGRAMADOS COMPLETADOS Y ACEPTADOS COMO CONFORMES:

Vo.Bo. Revisor Par	Vo. Bo. Director de División	Vo.Bo. Jefe de Lote de Control	Vo.Bo. Coordinador del Proyecto
Fecha: 2002-11-27	Fecha: 2002-11-27	Fecha: 2002-11-27	Fecha: 2002-11-27