# CONCEPTO TÉCNICO No CT - 5080
## Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas Artículo 7 - Decreto 193 de 2006

## 1 INFORMACIÓN GENERAL

| | |
|---|---|
| **ENTIDAD SOLICITANTE:** | Ing. José Joaquín Álvarez - Curaduría Urbana No 4 |
| **PROYECTO:** | **URBANIZACION LA ESPERANZA** |
| **LOCALIDAD:** | 09 Fontibón. |
| **UPZ:** | 115 Capellania. |
| **BARRIO:** | La Esperanza Sur. |
| **DIRECCIÓN:** | Esquinas noroccidental, nororiental y sur oriental de la Avenida Boyacá con la Avenida La Esperanza. |
| **TIPO DE RIESGO:** | Sísmico |
| **EJECUTOR:** | JEOPROBE Ltda. |
| **FECHA DE EMISION:** | Diciembre 18 de 2007 |

## 2 ANTECEDENTES

En el Decreto 193 del 08 de junio de 2006, por el cual se complementa y modifica el Código de Construcción de Bogotá, D.C., se adoptan los espectros de diseño y las determinantes del estudio de Microzonificación Sísmica, se establece que las construcciones y edificaciones nuevas de cualquier índole que se levanten en Bogotá Distrito Capital, deberán diseñarse y construirse dependiendo de la zona en la cual se encuentren según la zonificación sísmica adoptada a través de los artículos anteriores, acogiendo al efecto el espectro de diseño y sus coeficientes espectrales adoptados para cada zona.

Por otra parte, el artículo 5 del Decreto antes mencionado establece que podrán utilizarse espectros sísmicos de diseño diferentes a los definidos en dicho decreto, siempre y cuando se definan unos efectos locales particulares para el lugar donde se encuentra localizada la edificación, utilizando estudios de amplificación de las ondas sísmicas que se realicen de acuerdo con lo prescrito en los ordinales (e) a (i) de la sección A.2.9.3 del Decreto 33 de 1998, o estudios especiales referentes a efectos topográficos, cuando sea del caso.

Adicionalmente, el parágrafo único del artículo 7 del Decreto 193 de 2006, establece que la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias realizará la revisión de los Estudios Particulares de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas y emitirá concepto sobre el cumplimiento de los términos de referencia establecidos para la ejecución de dichos estudios.

El presente concepto técnico corresponde a la **primera revisión** realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, del informe *"Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Urbanización La Esperanza* elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, a construirse en el predio ubicado en las Esquinas noroccidental, nororiental y sur oriental de la Avenida Boyacá con la Avenida La Esperanza en la ciudad de Bogota D.C. El cual fue radicado el 23 de Noviembre de 2007 mediante oficio ER-15832, por el Ing. José Joaquín Álvarez de la Curaduría Urbana No.4, remitido como estudio sísmico local en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 193 de 2006.

## 3 GENERALIDADES DEL PROYECTO

De acuerdo con el consultor, el proyecto arquitectónico contempla la construcción de cuatro edificios de diez pisos cada uno con sótano común en el lote noroccidental, seis edificios de seis pisos con sótano en el lote nororiental y ocho edificios de diez con sótano en el lote sur occidental.

En la Figura 1 del presente concepto se ilustra la localización del lote del proyecto, que corresponde a las siguientes coordenadas planas aproximadamente:

107200 N 95800 E

El informe *"Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Urbanización La Esperanza* fue elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma LFO y Cia. (LFO-11441, LFO-11441-1 y LFO-11441-2), un ensayo Down Hole ejecutado por la firma AM Ingenieros y el apoyo del laboratorio de pruebas y ensayos de la Pontificia Universidad Javeriana.

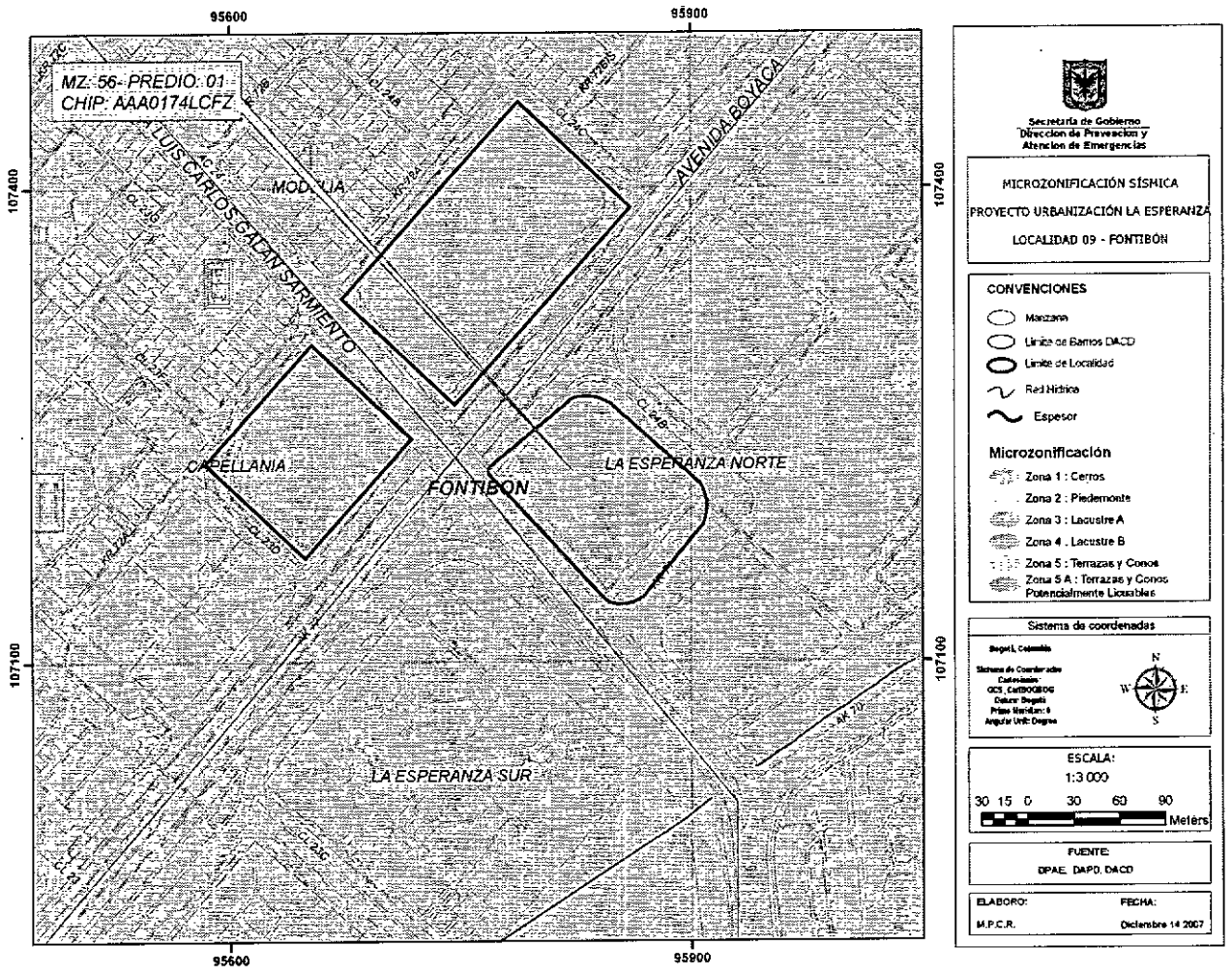


**Figura 1. Localización del Proyecto Urbanización La Esperanza.**

## 4 REVISIÓN DEL ESTUDIO

La revisión del informe presentado para el proyecto Urbanización La Esperanza en Bogotá D.C., se hace a la luz de los requerimientos consignados en el Decreto 193 de 2006 para este tipo de estudios.

El propósito de la revisión es verificar que el estudio cumpla con los requerimientos del decreto, de manera que se pueda verificar de manera razonable la validez del espectro de diseño recomendado, cuando dicho espectro es diferente al espectro de diseño definido por el Decreto 193.

El concepto técnico relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo se presenta, con referencia a los requerimientos pertinentes del decreto antes mencionado que se listan a continuación.

**4.1 Asignación de la zona del proyecto con respecto a la Microzonificación Sísmica de Bogotá.**

En el numeral 1.1 y 3.2, se indica que el sitio del proyecto se encuentra localizado en la franja de transición entre las Zonas 3 y 4 de la microzonificación sísmica según el decreto 193 de 2006, lo cual es consistente con la localización presentada en la Figura 1 del presente concepto.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

**4.2 Para estos estudios, todos los datos de campo deben provenir de mínimo una perforación de 50 m en suelos blandos y se debe realizar un número suficiente de ensayos para caracterizar el perfil. Para complementar la información del perfil del subsuelo, cuando la profundidad de sedimentos sea mayor a 50 m, se puede consultar: estudios geofísicos, estudios geotécnicos, ensayos de campo y laboratorio y los estudios de zonificación incluidos en el proyecto de Microzonificación Sísmica de Bogotá.**

De acuerdo con los Numerales 1.3.2 y 3.2, para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el lote del proyecto, la firma LFO y Cia. realizó 35 sondeos los cuales fueron realizados con tres equipos, uno motorizado de broca helicoidal y muestreo continuo cuyos resultados se complementaron con ensayos de resistencia al corte con veleta in-situ, otro de penetración estática tipo cono holandés cuyos resultados se complementaron con ensayos de resistencia de penetración del cono CPT y el tercer equipo fue de percusión y lavado cuyos resultados se complementaron con ensayos de resistencia a la penetración estándar SPT. Los sondeos alcanzaron profundidades de 52 m. Adicionalmente, se ejecutó una perforación que alcanzó los 52 metros en la que se realizó el ensayo Down Hole. De esta perforación se obtuvieron muestras inalteradas para los ensayos dinámicos de laboratorio.

Los registros de las perforaciones y el plano de localización se presentan anexos en el informe.
Según el numeral 3.1 del estudio de suelos, la investigación de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio realizados permitieron una caracterización de la estratigrafía en el sitio de proyecto hasta la profundidad explorada como se describe a continuación:

- De 0 - 0.2/0.9 m: Rellenos heterogéneos puestos en el sitio durante la etapa de construcción.
- De 0.2/0.9 a 0.8/2.1 m: Capa vegetal con espesores en conjunto con los rellenos.
- De 0.8/2.1 a 2/4,2 m: Arcilla café a café oscura orgánica de consistencia media.
- De 2/4.2 a 5/7.8 m: Arcilla gris a gris vetada de consistencia media a plástica.
- De 5/7.8 m hasta la profundidad de exploración (52) metros: Limos arcillosos de color café con lentes de arena entre 21 y 23 metros y entre 34 y 39 metros de profundidad.

Después de los 52 m y hasta los 75 m de profundidad el consultor asume la presencia de la zona de transición entre las Formaciones Sabana y Subachoque. Desde los 75 m hasta 285 m, donde el consultor indica que se encuentra el contacto del depósito de suelo con la roca (basado en el mapa de espesores de sedimentos del estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá), se asume la presencia de la Formación Subachoque. Esta estratificación se hace de acuerdo con los resultados del estudio de riesgo sísmico para la cuenca del Salitre (HMV, 2003).

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

### 4.3 Realizar ensayos de velocidad de onda de corte, Vs, por medio de métodos de campo como down hole, cross hole y otros equivalentes.

Según el numeral 3.2 en el sitio del proyecto se realizó un ensayo Down Hole, a una profundidad de 52 m, en los anexos se presenta el registro de dicho ensayo realizado por la firma AM Ingenieros Ltda. En la figura 3.5 se indican los resultados de los ensayos Down Hole ejecutados en el lugar del estudio y en los proyectos Puente calle 26 con Avenida Boyacá, puente Calle 26 con Avenida 50, y proyectos ubicados en la calle 26 entre carreras 54 y 57 comparados con correlaciones hechas a partir del ensayo SPT de acuerdo con el GEC del 2002. El perfil de Vs desde 52 m hasta 285 m de profundidad se adopta aumentando la velocidad en proporción a un exponente de n con la profundidad, para tener en cuenta el efecto del confinamiento. En la siguiente tabla se resumen los valores del perfil de velocidad de onda, determinado a partir de los resultados de la prueba Down-Hole. Así

mismo, se incluyen los valores de la relación de Poisson, obtenidos de los datos de Vs y Vp de campo.

| Profundidad (m) | Vs (m/s) | ν |
|---|---|---|
| 0-5 | 101.7 | 0.45 |
| 5-20 | 88.6 | 0.46 |
| 20-39 | 116 | 0.47 |
| 39-52 | 100 | 0.47 |

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

**4.4 Realizar ensayos dinámicos para determinar módulos de corte, G, y relaciones de amortiguamiento, D, sobre muestras inalteradas que cubran todo el intervalo de deformaciones (Velocidad de onda de corte en laboratorio, columna resonante, corte simple cíclico, triaxial cíclico, etc.).**

Se realizaron ensayos dinámicos a muestras obtenidas con tubo Shelby a 10, 20, 30, 40 y 50 m, en el sondeo 6. Para cada profundidad se ejecutaron pruebas triaxiales cíclicas de esfuerzo controlado y de bender element, cuyos resultados se presentan anexos al informe y hay concordancia entre los datos obtenidos y las figuras 3.7 y 3.8.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

**4.5 Utilizar todos los acelerogramas del proyecto de microzonificación sísmica de Bogotá, en la obtención del espectro de respuesta en superficie.**

En el estudio se utilizaron un total de 14 acelerogramas de los sismos alternativos aprobados por la DPAE y el acelerograma de sismo de México empleado en el estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá, acogiéndose a lo establecido en el numeral 3 del artículo 7 del decreto 193 de 2006.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

**4.6 Realizar mínimo un análisis unidimensional (SHAKE, EERA, etc), para todas las zonas de la microzonificación, siempre y cuando la pendiente del terreno sea inferior a 10 grados.**

En el estudio se realizan análisis unidimensionales mediante la utilización del programa EERA (Bardet et al, 2000), que considera la propagación unidimensional de ondas de corte horizontal con un método lineal equivalente para tener en cuenta las variaciones del amortiguamiento y el módulo de corte con la deformación en los suelos del perfil. Los datos de los análisis se presentan en las Tablas 3.1 y 3.2, mientras que las características de los materiales se indican gráficamente en la Figura 3.9.
Dentro del modelo unidimensional planteado por el consultor, se efectúa un análisis de sensibilidad de la respuesta sísmica local mediante la variación del perfil de velocidades de onda con valores mínimos y máximos típicos. Por otro lado, dentro de los análisis se consideran cinco (5) diferentes tipos de materiales y 62 estratos de suelo, desde superficie hasta 285 m de profundidad donde el consultor consideró que se localiza en contacto con el basamento rocoso.

El criterio utilizado para la asignación de las curvas dinámicas a los diferentes materiales del modelo se presenta a continuación:

- La curva 1 se obtuvo a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio para muestras obtenidas a 4 m de profundidad en estudios ejecutados en la Avenida 62 con Calle 21 y en la Calle 43 con Avenida 68 que corresponden a las arcillas preconsolidadas de la Formación Chía.
- La curva 2 de degradación del módulo se obtuvo a partir de los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras de 10, 20 y 30 m. Para la curva de amortiguamiento se tuvieron en cuenta los datos reportados por Vucetic y Dobry en 1991. Este material corresponde a la Formación Sabana.
- Las curvas 3 y 4 de degradación del módulo se obtuvo utilizando las fórmulas de Ishibashi y Zhang 1993 y los datos reportados por Kokoshu 1980. Para la curva de amortiguamiento se tuvieron en cuenta los datos reportados por Vucetic y Dobry en 1991, Ishibashi y Zhang 1993, y Kokoshu 1980. Este material corresponde a la Formación Subachoque.
- La curva 5 corresponde a una arena fina con algo de limo que se obtuvo a partir de los datos reportados por Kokoshu en 1980 y los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras de 30 y 40 metros de profundidad.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

## 4.7 Evaluación del potencial de licuación en los suelos susceptibles a licuarse.

Debido a que durante la exploración del subsuelo no se identificaron superficialmente capas de arenas sueltas, limpias y saturadas, no es necesaria la evaluación del potencial de licuación.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

## 4.8 Para todas las zonas, el espectro de diseño obtenido no puede ser menor que el espectro mínimo establecido para cada zona en la Microzonificación Sísmica de Bogotá.

Con base en los resultados de la modelación, el consultor recomienda utilizar como espectro de diseño el mostrado en la figura 3.22 de estudio, el cual es presentado en la Figura 2 del presente concepto.

El espectro propuesto inicia con una Sa de 0.2 g, continuando con este valor hasta 0.15 segundos, luego asciende de forma lineal hasta llegar a un valor de 0.325 g en 0.5 segundos, continuando con este valor hasta 3.6 segundos, donde desciende siguiendo los valores del espectro mínimo de zona 4 hasta 2.1 segundos, donde asciende de manera suavizada hasta 0.289 g en 2.2 segundos para nuevamente seguir los valores del espectro mínimo de zona 4 dados en el decreto 193 de 2006.

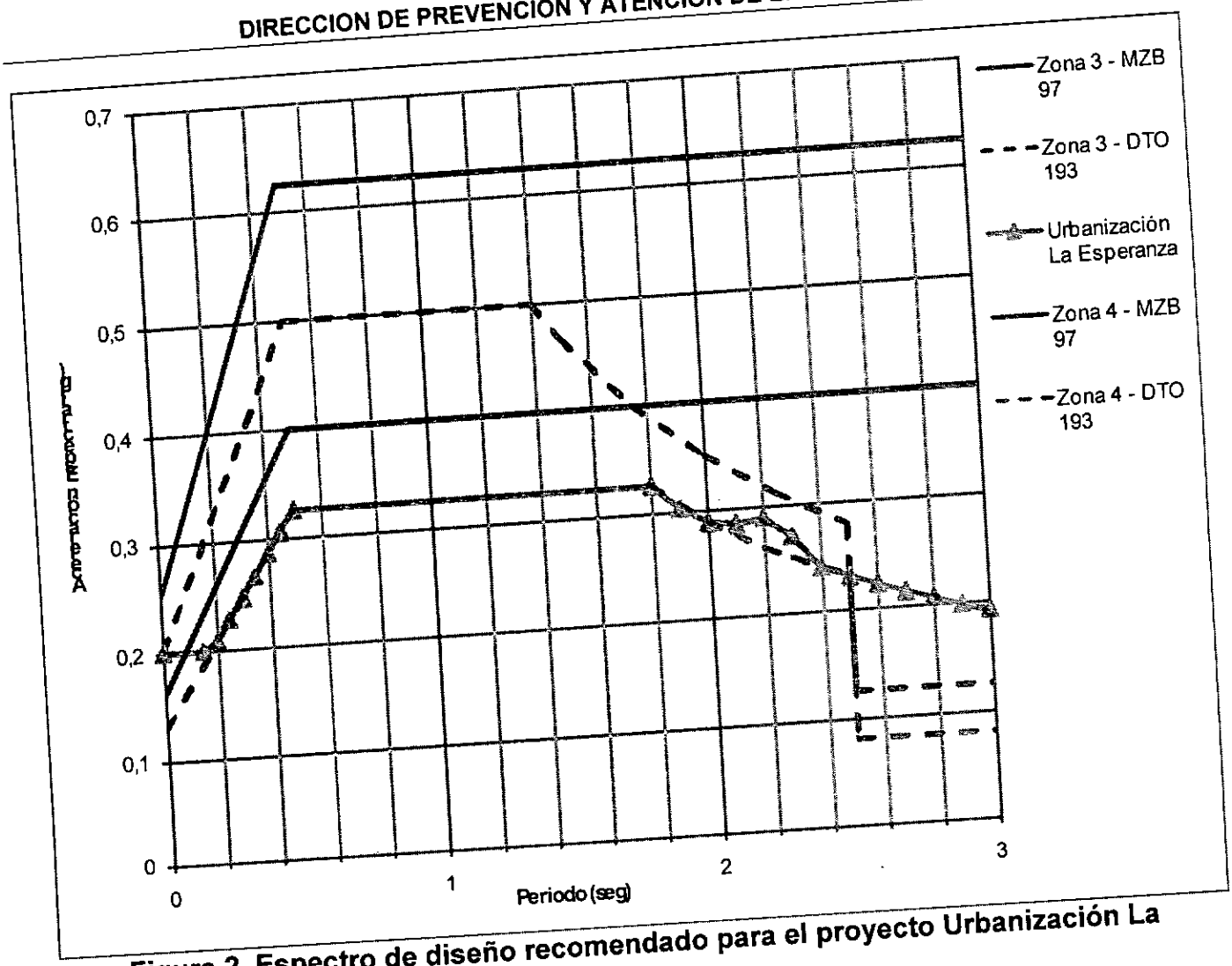


**Figura 2. Espectro de diseño recomendado para el proyecto Urbanización La Esperanza.**

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de la presente revisión, se concluye que el estudio de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas del proyecto en referencia, cumple con los requerimientos mínimos consignados en el Decreto 193 de 2006.

Se debe aclarar que, el alcance del concepto técnico es la verificación de los aspectos contemplados en el Decreto 193 de 2006 con fundamento en el informe suministrado y no implica hacer un juicio de valor sobre la validez de los sondeos, ensayos, parámetros adoptados, el empleo de software, los análisis de respuesta, los resultados de los análisis y el espectro de diseño recomendado, por lo que la responsabilidad de los mismos recae en el consultor como lo refrenda con su firma en el informe del estudio, limitándose la revisión a verificar el cumplimiento del Decreto.

Elaboró

**CARLOS JAVIER PEDRAZA A.**
Ingeniero Civil, MSc Geotecnia
M.P. 15202098211BYC

Revisó

**FERNANDO JAVIER DÍAZ PARRA**
Coordinación Estudios Técnicos

Aprobó

**GUILLERMO ÁVILA ÁLVAREZ**
Subdirector Investigación y Desarrollo

Vo.Bo.

**DIANA MARCELA RUBIANO VARGAS**
DIRECTORA