



ESTUDIO :

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO



**PROYECTO INDECI – PNUD PER / 02 / 051
CIUDADES SOSTENIBLES**

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL
INDECI**

**PROYECTO INDECI – PNUD PER / 02 / 051
CIUDADES SOSTENIBLES**

JEFE DEL INDECI

**General de División EP “R”
LUIS FELIPE PALOMINO RODRIGUEZ**

DIRECTOR NACIONAL DEL PROYECTO PER / 02 / 051

**Coronel EP “R”
CIRO MOSQUEIRA LOVON**

**PROYECTO INDECI – PNUD PER / 02/ 051
CIUDADES SOSTENIBLES**

Asesor Técnico Principal
JULIO KUROIWA HORIUCHI

Asesor
ALFREDO PEREZ GALLEN

Responsable del Proyecto
ALFREDO ZERGA OCAÑA

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL
INDECI**

**DIRECCION REGIONAL DE DEFENSA CIVIL
MADRE DE DIOS**

Director

JAVIER PAREDES UGARTE

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL
INDECI**

EQUIPO TECNICO CONSULTOR

Coordinador – Responsable del Estudio

ERASMO MATOS ESPINOZA

Especialista en Hidrología

EFRAIN NOA YARASCA

Especialista en SIG

OSCAR GUZMAN CHARCAPE

COLABORADORES

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE TAMBOPATA

Alcalde Provincial de Tambopata

LUIS ALBERTO BOCANGEL RAMIREZ

ÍNDICE

INTRODUCCION

CAPÍTULO 0: RESUMEN EJECUTIVO

CAPITULO I: GENERALIDADES

- 1.1.- UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO
- 1.2.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO
- 1.3.- ANTECEDENTES DEL ESTUDIO
- 1.4.- FASES DE DESARROLLO DEL ESTUDIO
 - 1.4.1- FASE DE RECOPIACION DE INFORMACION EXISTENTE
 - 1.4.2- FASE DE INVESTIGACIONES DE CAMPO
 - 1.4.3.- FASE DE ENSAYOS DE LABORATORIO
 - 1.4.4- FASE DE GABINETE

CAPÍTULO II: INFORMACION BASICA DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO

- 2.1.- CREACION DE LA CIUDAD
- 2.2.- UBICACIÓN GEOGRAFICA
- 2.3.- VIAS DE TRANSPORTE
 - 2.3.1.- LA CARRETERA INTEROCEANICA
- 2.4.- CLIMA Y VEGETACION
- 2.5.- POBLACION
- 2.6.- ECONOMIA
- 2.7.- CARACTERISTICAS ESPACIALES
- 2.8.- INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS
- 2.9.- EQUIPAMIENTO URBANO
- 2.10.- VIVIENDAS

CAPITULO III: ESTUDIOS BASICOS

- 3.1.- CARTOGRAFIA, FOTOGRAMETRIA Y TOPOGRAFIA
- 3.2.- GEOLOGIA
 - 3.2.1.- UNIDADES GEOGRAFICAS
 - 3.2.2.- UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
 - 3.2.3.- UNIDADES LITOLÓGICAS
 - 3.2.4.- HIDROGEOLOGIA

3.2.5.- SISMICIDAD

3.2.5.1.- HISTORIA SISMICA

3.2.5.2.- PELIGRO SISMICO

3.2.5.3.- AMPLIFICACION SISMICA

3.2.6.- GEODINAMICA EXTERNA

3.3.- GEOTECNIA

3.3.1.- INVESTIGACION DE CAMPO

3.3.2.- ENSAYOS DE LABORATORIO

3.3.3.- CLASIFICACIÓN DE SUELOS

3.3.4.- CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS

3.3.5.- POTENCIAL DE EXPANSION Y COLAPSO DE LOS SUELOS

3.3.6.- ZONIFICACION GEOTECNICA

3.4.- HIDROLOGIA

3.4.1.- DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES CURSOS DE AGUA

3.4.2.- DELIMITACION DE LOS SECTORES URBANOS DE INTERES

3.4.3.- ANALISIS DE LA INFORMACION HIDROLOGICA

3.4.4.- DETERMINACION DE CAUDALES MAXIMOS.

3.4.5.- DURACIÓN DE LOS CAUDALES MÁXIMOS

3.5.- HIDRÁULICA FLUVIAL

3.5.1.- IDENTIFICACION DE MEANDROS

3.5.2.- CLASIFICACION DEL RIO MADRE DE DIOS Y TAMBOPATA.

3.5.3.- DESPLAZAMIENTO DE LAS RIBERAS DEL RIO MADRE DE DIOS Y TAMBOPATA

3.5.4.- DIMENSIONES Y EVOLUCION DE LOS MEANDROS

3.5.5.- CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE LOS RÍOS MADRE DE DIOS Y TAMBOPATA

3.5.6.- PROFUNDIDAD DE EROSION EN LAS RIBERAS DE LA CIUDAD DE PUERTO
MALDONADO

3.5.7.- ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LAS RIBERAS DE LA CIUDAD DE PUERTO
MALDONADO

3.6.- HIDROLOGIA E HIDRAULICA URBANA

3.6.1.- RED DE DRENAJE.

3.6.2.- IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE CÁRCAVAS

3.6.3.- CONTROL DE CÁRCAVAS

CAPITULO IV: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO

4.1.- MAPA DE PELIGROS GEOLOGICO – GEOTECNICOS

4.1.1.- FENOMENOS DE ORIGEN GELOGICO – GEOTECNICO

4.1.2.- ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLÓGICO-GEOTECNICOS

4.2.- MAPA DE PELIGROS CLIMATICOS

4.2.1.- FENOMENOS DE ORIGEN CLIMATICO

- 4.2.2.- ZONIFICACION DE PELIGROS CLIMATICOS
- 4.3.- MAPA DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICOS
- 4.3.1.- FENOMENOS DE ORIGEN GEOLOGICO-CLIMATICO
- 4.3.2.- ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICOS
- 4.4.- EVALUACION DE PELIGROS EN LINEAS VITALES Y DE ORIGEN ANTROPICO
- 4.4.1.- PELIGROS EN LA CARRETERA INTEROCEANICA
- 4.4.2.- PELIGROS DE ORIGEN ANTROPICO
- 4.5.- MAPA DE PELIGROS MULTIPLES

CAPITULO V: MEDIDAS DE MITIGACION ANTE LOS EFECTOS DE LOS PELIGROS DE ORIGEN NATURAL

- 5.1.- IDENTIFICACION DE AREAS SEGURAS
- 5.2.- PAUTAS TECNICAS
- 5.2.1.- PAUTAS TECNICAS DE HABILITACION URBANA
- 5.2.1.1.- PAUTAS TECNICAS DE HABILITACIONES URBANAS EXISTENTES
- 5.2.1.2.- PAUTAS TÉCNICAS DE HABILITACIONES URBANAS NUEVAS
- 5.2.2.- PAUTAS TÉCNICAS DE EDIFICACIONES
- 5.3.- PROYECTOS DE MITIGACION ANTE LOS EFECTOS DE LOS PELIGROS DE ORIGEN NATURAL

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

CUADROS

CUADRO Nº 01: Parámetros físicos y mecánicos del suelo de cimentación en “calicatas “
aperturadas

CUADRO Nº 02: Determinación de la capacidad portante del suelo de cimentación en “calicatas”
aperturadas (Presión actuante igual a Capacidad Portante).

CUADRO Nº 03: Estimación del Potencial de Expansión y Colapso del suelo de cimentación en
“calicatas” aperturadas.

CUADRO Nº 04: Características Geomorfológicas de los Ríos.

CUADRO Nº 05: Determinación de Caudales Máximos (Método Regional).

CUADRO Nº 06: Determinación de Caudales Máximos (Método de Creager)

CUADRO Nº 07: Curva de Gasto del Río Madre de Dios, Sección: Puerto La Pastora.

CUADRO Nº 08: Curva de Gasto del Río Madre de Dios, Sección: Cuartel del Ejército.

CUADRO Nº 09: Curva de Gasto del Río Tambopata, Sección: Puerto Cándamo.

CUADRO Nº 10: Clasificación de los Ríos Madre de Dios y Tambopata.

CUADRO Nº 11: Características Geométricas de las Formaciones Meándricas de los Ríos Madre de Dios y Tambopata.

CUADRO Nº 12: Desplazamiento de las Riberas de los Ríos Madre de Dios y Tambopata.

CUADRO Nº 13: Características Geométricas de Equilibrio de los Meandros.

CUADRO Nº 14: Evolución del Río Madre de Dios: Amplitud del Cuello entre los meandros La Pastora y Nuevo Amanecer.

CUADRO Nº 15: Determinación del coeficiente de resistencia al flujo según Cowan.

CUADRO Nº 16: Cálculo de la Erosión en las Curvas de los Meandros.

CUADRO Nº 17: Clasificación de Cárcavas.

FIGURAS

FIGURA Nº 01: Ruta de la Carretera Interoceánica de 2,593 Km., que unirá Perú y Brasil (Assis-Puerto Maldonado-Ilo-Matarani-Marcona)

FIGURA Nº 02: Distribución de Isoaceleraciones sísmicas para una probabilidad de excedencia de 10% durante una vida útil de 50 años

LAMINAS

LAMINA Nº 01: Ciudad de Puerto Maldonado y los Ríos Madre de Dios y Tambopata.

LAMINA Nº 02: Delimitación de Cuencas.

LAMINA Nº 03: Ubicación de Cárcavas.

LAMINA Nº 04: Delimitación de Sectores Urbanos

LAMINA Nº 05: Envolverte de Creager.

LAMINA Nº 06: Curva de Gasto del Río Madre de Dios, Sección: Puerto La Pastora.

LAMINA Nº 07: Curva de Gasto del Río Madre de Dios, Sección: Cuartel del Ejército.

LAMINA Nº 08: Comparación de Curvas de Gasto del Río Madre de Dios, Sección Puerto La Pastora y cuartel del Ejército.

LAMINA Nº 09: Curva de Gasto del Río Tambopata, Sección Puerto Cándamo.

LAMINA Nº 10: Secciones del Río Madre de Dios y Tambopata.

LAMINA Nº 11: Fotografía Aérea de la Ciudad de Puerto Maldonado (1961).

LAMINA Nº 12: Fotografía Aérea de la Ciudad de Puerto Maldonado (1991).

LAMINA Nº 13: Definición de las Formaciones de Meandros y Secciones de Análisis, sobre el Río Madre de Dios y Tambopata.

LAMINA Nº 14: Evolución del Río Madre de Dios y Tambopata.

PLANOS

PLANO Nº 01: UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

PLANO Nº 02: CARTOGRAFIA BASE

PLANO Nº 03: GEOMORFOLOGIA

PLANO Nº 04: GEOLOGIA

PLANO Nº 05: ACTIVIDAD GEODINAMICA EXTERNA

PLANO Nº 06: UBICACIÓN DE CALICATAS

PLANO Nº 07: ZONIFICACION DE SUELOS

PLANO Nº 08: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS

PLANO Nº 09: ZONIFICACION GEOTECNICA

PLANO Nº 10: ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICO-GEOTECNICOS

PLANO Nº 11: ZONIFICACION DE PELIGROS CLIMÁTICOS

PLANO Nº 12: ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMÁTICOS

PLANO Nº 13: ZONIFICACION DE PELIGROS MULTIPLES

PLANO Nº 14: UBICACION DE PROYECTOS DE MITIGACION DE DESASTRES

ANEXOS

ANEXO Nº 01: ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS

- Ensayos de caracterizaciones físicas: Análisis granulométrico por tamizado, Límite líquido, Límite plástico, Límite de contracción, Humedad natural, Clasificación SUCS (15 muestras).
- Ensayos de Corte Directo en suelos (05 muestras).
- Ensayo de Consolidación Unidimensional (02 muestras)
- Ensayo de Potencial de expansión (01 muestra)
- Ensayo de Peso volumétrico en suelos cohesivos (01 muestra)

ANEXO Nº 02: PANEL FOTOGRAFICO

CONTENIDO

INTRODUCCION

La gestión de desastres tiene como herramienta fundamental los denominados Mapas de Peligros, que permiten actuar directamente sobre una de las principales variables del riesgo a través de medidas estructurales y no estructurales; por lo que su utilización es cada vez más común en los programas de ordenamiento territorial y desarrollo urbano.

El Proyecto INDECI-PNUD PER 02/051 Ciudades Sostenibles, desarrolla el estudio: “Mapa de Peligros de la ciudad de Puerto Maldonado” a través de un equipo consultor especializado en las áreas de geología, hidrología y geotecnia; el cual, ha recopilado información de gabinete y campo para presentar el estudio en los capítulos siguientes:

Capítulo I : Generalidades

Capítulo II : Información básica de la ciudad de Puerto Maldonado

Capítulo III : Estudios Básicos

Capítulo IV : Mapa de Peligros de la ciudad de Puerto Maldonado

Capítulo V : Medidas de mitigación ante los efectos de los Peligros de origen natural

Capítulo VI : Conclusiones

Como resultado del estudio se ha llegado a determinar que la mayor parte de la ciudad de Puerto Maldonado se encuentra emplazada sobre una zona de peligro múltiple con calificación: Baja a Media. El peligro Alto a Muy Alto se debe a las inundaciones, erosión fluvial y la actividad geodinámica de las cárcavas que se concentran en el acantilado fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata; que afecta directamente a la población asentada en las inmediaciones de los acantilados y cárcavas, la de Pueblo Viejo y la de los alrededores del Puerto Pastora; por lo cual se plantean las medidas de mitigación necesarias y que han de evitar la posibilidad de ocurrencia de un desastre.

Dado que la movilidad fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata es un aspecto que en la teoría y en la práctica es difícil de estimar, es necesario efectuar anualmente un seguimiento a los cambios morfológicos de los mismos para retroalimentar la información contenida en el estudio y de esta manera validar las predicciones efectuadas y los proyectos de mitigación formulados.

Finalmente, es necesario mencionar el apoyo obtenido de parte del Alcalde, Funcionarios y Técnicos de la Municipalidad Provincial de Tambopata – Puerto Maldonado, particularmente de la Dirección de Desarrollo Urbano; en la recopilación de información existente, información de campo y en el intercambio de opiniones técnicas que han permitido tomar de manera mas realista, la magnitud y los daños probables que causarían los peligros de origen natural en la ciudad de Puerto Maldonado.

CAPITULO 0: RESUMEN EJECUTIVO

El presente Informe ha sido realizado dentro del marco del Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 – Ciudades Sostenibles, con la finalidad de establecer un documento técnico para el área de estudio, que comprende la ciudad de Puerto Maldonado, de la provincia de Tambopata del departamento de Madre de Dios, en donde se presente como producto final: la zonificación de peligros de origen natural asociado a la ocurrencia simultánea de fenómenos de origen geológico-geotécnico, climático y geológico-climático, la identificación de las áreas más seguras de la ciudad y la propuesta de Proyectos de mitigación de desastres.

La ciudad de Puerto Maldonado se encuentra emplazada sobre una colina baja ligeramente disectada de suelos residuales de la Formación Madre de Dios del tipo arcilloso a limo-arcilloso, que tiene un desnivel promedio de 20.0 m. con respecto al cauce de los ríos Madre de Dios y Tambopata; lo que ha posibilitado la aparición de veinte cárcavas a lo largo del perímetro del acantilado fluvial de dichos ríos y que es el mayor peligro que afronta actualmente la ciudad.

La ciudad se ubica dentro del del cuello del gran meandro que forma el río Madre de Dios antes de su confluencia con el río Tambopata; por lo que el crecimiento físico de la ciudad al Norte, Oeste y Este se encuentra limitado por el cauce de dichos ríos.

El cuello del gran meandro tiene una longitud de 1,413 m. y viene experimentando un lento estrechamiento a razón de 3 m. por año en promedio, por lo que su probable corte se daría en un tiempo mayor a 500 años. Las cárcavas Tropezón y Nuevo Amanecer están distanciadas 1,260 m. y vienen avanzando progresivamente, por lo que existe la posibilidad de que el agua del río Madre de Dios ingrese a éstas y provoque la ruptura del cuello del meandro, mucho más rápido que por el movimiento oscilatorio meándrico.

La ciudad de Puerto Maldonado se ha dividido en 05 niveles de peligros múltiples en función a la ocurrencia y magnitud de los fenómenos de origen geológico-geotécnico, climático y geológico-climático; según la descripción siguiente:

ZONA DE PELIGRO BAJO- MEDIO:

Terrenos sobre suelos arcillosos de baja a alta plasticidad, de pendiente muy suave a suave, con regular capacidad portante, media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico, libres de inundación en épocas de avenidas extraordinarias y en donde las precipitaciones intensas producen encharcamientos de agua leve y escorrentía de magnitud moderada que tienen un inadecuado drenaje en sitios críticos aislados. Terrenos alejados de la influencia de cárcavas, deslizamientos y erosión fluvial.

Corresponde a gran parte del área urbana consolidada y áreas de expansión urbana de la ciudad de Puerto Maldonado y que no presentan problemas de encharcamiento de aguas de lluvias por falta de drenaje natural.

Zona recomendada para usos urbanos de alta densidad y la ubicación de edificaciones indispensables como: Hospitales, Centros Educativos, Cuartel de Bomberos; etc.

ZONA DE PELIGRO MEDIO:

Terrenos sobre suelos arcillosos y limosos de media a alta plasticidad, de pendiente muy suave a suave, con regular capacidad portante, media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico, sujetos a inundación en avenidas extraordinarias y áreas sin drenaje de la ciudad inundables por lluvias intensas con nivel freático eventualmente superficial a poco profundo. Terrenos con débil influencia de la actividad de las cárcavas, erosión y deslizamientos.

Es una franja paralela al borde del acantilado fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata. También se ubica en la planicie de inundación de la margen izquierda del río Tambopata antes de su confluencia con el río Madre de Dios (Pueblo Viejo y alrededores de Puerto Tambopata), en los alrededores del Puerto Pastora y en el Asentamiento Humano El Triunfo.

Zona recomendada para usos urbanos de media densidad, después de realizar investigaciones geotécnicas normales.

ZONA DE PELIGRO MEDIO-ALTO:

Terrenos sobre suelos fluvioaluviales adyacentes a los ríos Madre de Dios y Tambopata de pendiente muy suave, que corresponde a las planicies de inundación de avenidas extraordinarias y antiguos cauces de ríos cubiertos por vegetación: Arcillas inorgánicas, Limos inorgánicos y Arenas Limosas de baja a media plasticidad, con baja a regular capacidad portante, media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico y nivel freático eventualmente superficial a poco profundo.

Zona recomendada para usos urbanos de media a baja densidad, luego de realizar investigaciones geotécnicas normales.

ZONA DE PELIGRO ALTO:

Terrenos sobre suelos fluvioaluviales adyacentes a los ríos Madre de Dios y Tambopata de pendiente muy suave, sujetos a inundación permanente en avenidas ordinarias. Terrenos con alta influencia de la actividad de las cárcavas, erosión y deslizamientos. En esta zona se encuentran arenas Limosas de baja a media plasticidad, con baja a regular capacidad portante, media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico, bajo potencial de expansión y nivel freático eventualmente superficial a poco profundo.

Comprende el barrio Pueblo Viejo que es inundado en avenidas ordinarias y el perímetro del acantilado fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata, donde llega la actividad geodinámica de las cárcavas y la erosión fluvial.

Zona recomendada para usos urbanos de baja densidad, luego de realizar investigaciones geotécnicas detalladas.

ZONA DE PELIGRO MUY ALTO:

Cauce de los ríos Madre de Dios y Tambopata y sus áreas adyacentes más próximas. Terrenos sobre suelos fluvioaluviales de pendiente muy suave, sujetos a inundación permanente en avenidas normales y a una intensa producción de deslizamientos, cárcavas, sedimentación y erosión en márgenes en áreas críticas como el Meandro Oeste y Este del río Madre de Dios y Meandro Herrera del río Tambopata. Terrenos que comprenden el acantilado de los ríos, donde hay una intensa producción de erosión marginal, deslizamientos, derrumbes y cárcavas.

En esta zona no se permite su uso para fines urbanos. Se recomienda su uso como reservas ecológicas, recreación abierta o para fines agrícolas.

Los Proyectos más importantes y que deben ser realizados en el área de estudio, para mitigar los efectos de los fenómenos naturales de origen geológico-geotécnico, climático y geológico-climático, son:

- PROYECTO Nº 01:** SISTEMA INTEGRAL DE DRENAJE PLUVIAL
- PROYECTO Nº 02:** CONTROL Y TRATAMIENTO DE CARCAVAS
- PROYECTO Nº 03:** SISTEMA INTEGRAL DE DEFENSA RIBEREÑA
- PROYECTO Nº 04:** SISTEMA DE DRENAJE SUB SUPERFICIAL
- PROYECTO Nº 05:** CAPACITACION EN TECNICAS CONSTRUCTIVAS

CAPITULO I : GENERALIDADES

1.1.- UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio tiene la siguiente ubicación política:

Lugar : Ciudad de Puerto Maldonado

Distrito : Tambopata

Provincia : Tambopata

Departamento : Madre de Dios

Presenta la siguiente ubicación planialtimétrica:

Coordenada Norte : De 8'602,000 m. a 8'613,000 m.

Coordenada Este : De 475,000 m. a 483,000 m.

Altitud : De 175.000 m.s.n.m. a 215.000 m.s.n.m.

Esta área abarca las zonas urbanas de la ciudad de Puerto Maldonado, que se encuentran limitadas físicamente por el curso de agua de los ríos Madre de Dios y Tambopata. También comprende las principales áreas de expansión urbanística de la ciudad: la primera ubicada al Oeste sobre terrenos próximos al Aeropuerto Internacional Padre Aldamiz y La Joya y la segunda al Norte desde la Av. Andrés Avelino Cáceres hasta los alrededores de la Av. Costanera Norte.

La ubicación del área de estudio se presenta en el **PLANO N° 01**.

1.2.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- a).- Conocimiento de las características topográficas, geológicas, geomorfológicas, sísmicas, geotécnicas, climatológicas, hidrológicas e hidráulicas del área de estudio.
- b).- Elaboración de Mapas Temáticos para el área de estudio, en donde se presente la zonificación de peligros asociado a la ocurrencia de diversos fenómenos; fundamentalmente de origen geológico-geotécnico, climático y geológico-climático.
- c).- Identificación de áreas más aptas para la expansión y densificación urbana de la ciudad de Puerto Maldonado, desde el punto de vista de la seguridad física del asentamiento y de la prevención de desastres de origen natural.
- d).- Establecimiento de pautas técnicas, recomendaciones de sistemas constructivos adecuados e identificación de proyectos de mitigación para los desastres de origen natural.

1.3.- ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

En el año 2001, la Municipalidad Provincial de Tambopata firmó un Convenio con el Instituto Nacional de Desarrollo Urbano (INADUR) con la finalidad de desarrollar el Estudio denominado: "Plan Director de la ciudad de Puerto Maldonado (2001-2012)", el cual fue culminado a satisfacción del Municipio en Setiembre del año 2002.

Este documento sirve desde esa fecha hasta la actualidad, para el ordenamiento territorial de la ciudad de Puerto Maldonado y sus áreas de expansión, así como para la formulación de Proyectos de Inversión Urbana y acciones prioritarias para el corto, mediano y largo plazo.

El Estudio en su Capítulo III contiene información relacionada a los peligros de origen natural, la vulnerabilidad y los riesgos de desastres a los cuales se encuentra expuesta la ciudad de Puerto Maldonado y que han sido formulados bajo un procedimiento racional y técnico de acuerdo a los lineamientos y la Normatividad vigente en la fecha de elaboración del Estudio; la cual, aún puede extenderse, complementarse y actualizarse para obtener una más sólida y detallada.

En el año 2005, personal técnico del “Proyecto Ciudades Sostenibles” del INDECI-PNUD, empezó a desarrollar los primeros trabajos de campo y gabinete destinados a obtener para la ciudad de Puerto Maldonado su Mapa de Peligros de origen natural. Desde esa fecha se ha venido acumulando información de campo y gabinete de temas cartográficos, geológicos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, etc. que permiten en la actualidad disponer de una amplia base de datos.

Bajo esta situación; es que dentro del marco del Proyecto INDECI-PNUD PER 02/051 – CIUDADES SOSTENIBLES para el año 2006, se da continuidad a los trabajos de campo y gabinete iniciados el 2005, lo que permite desarrollar el presente estudio denominado: “**MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO**”.

1.4.- FASES DE DESARROLLO DEL ESTUDIO

El presente estudio ha sido desarrollado en cuatro grandes fases, que se indican a continuación:

Recopilación de información existente: Consiste en la recopilación de información contenida en Estudios existentes, relacionada a cartografía, geología, geotecnia, hidrología, mecánica de suelos y otros del área de interés.

Investigaciones de campo: Son trabajos que se desarrollan en el área de interés, con la finalidad de obtener información “in situ”, referida a aspectos geológicos, geomorfológicos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulica fluvial y otros.

Ensayos de Laboratorio: Son trabajos que se desarrollan en un Laboratorio y que tienen como objetivo principal determinar las propiedades físicas, geomecánicas y químicas de los suelos de cimentación y otros, del área de interés.

Trabajos de gabinete: Son aquellos que tomando como información base la recopilada en las fases de Campo y Laboratorio, permiten desarrollar los Estudios Básicos correspondientes y finalmente elaborar los Mapas de Peligros.

1.4.1.- FASE DE RECOPIACION DE INFORMACION EXISTENTE

La información cartográfica y aerofotogramétrica recopilada es la siguiente:

- Cartas Nacionales del área de interés a escala 1:100,000 (Hoja 26-y; IGN).
- Fotografías aéreas de vuelo alto realizadas por el SAN en los años 1961 y 1991.
- Imágenes Satelitales de la ciudad de Puerto Maldonado del año 2002.

Para desarrollar el Estudio Geológico se ha recopilado la información siguiente:

- Geología Regional del Cuadrángulo de Puerto Maldonado – Boletín N° 123 del INGEMMET (Hoja 26 y)
- Características de la Sismicidad en la región Sur del Perú del Instituto Geofísico del Perú (IGP)
- Estudios previos del Mapa de Peligros de la ciudad de Puerto Maldonado del INDECI-PNUD (Año 2005)
- Plan Director de la ciudad de Puerto Maldonado de la Municipalidad Provincial de Tambopata-INADUR (Año 2001-2002).

En esta primera gran fase del estudio; es de gran interés la información relacionada a geotecnia y mecánica de suelos, que comprende básicamente parámetros del suelo en un punto de investigación específico, tales como: perfil estratigráfico, clasificación SUCS, propiedades índice, parámetros de esfuerzo-deformación, estado de compacidad y otros.

La información recopilada del INDECI-PNUD, ha comprendido 30 puntos de investigación ubicados en la ciudad de Puerto Maldonado; la cual, ha sido analizada y procesada sistemáticamente para su posterior uso. De ésta, se ha seleccionado todas para su utilización en el presente Estudio; quedando como labor complementaria la validación en campo, a partir de un Programa de Investigación propio del presente estudio.

Para desarrollar el Estudio Hidrológico y de Hidráulica Fluvial, se ha recopilado la información siguiente:

- Información Pluviométrica de la Estación Puerto Maldonado de Madre de Dios para el periodo comprendido entre 1965 al 2002 en forma interrumpida (Fuente: SENAMHI).

1.4.2.- FASE DE INVESTIGACIONES DE CAMPO

Para realizar el Estudio Geológico y Geotécnico se ha desarrollado el siguiente Programa de Investigación de campo:

- Reconocimiento de la litología, estructuras, geomorfología y fenómenos de origen geológico y geológico-climático de mayor incidencia en la zona.
- Levantamiento geológico de las zonas urbanas, adyacentes y de expansión urbanística, a la escala 1:10,000.
- Apertura de 12 “calicatas” de 2.50 m. a 3.0 m. de profundidad.

- Determinación del Perfil Estratigráfico en las “calicatas” aperturadas.
- Toma de muestras inalteradas en las “calicatas” aperturadas.
- Selección de áreas de menor y mayor peligro ante fenómenos de origen geológico y geológico-climático.

Para realizar el Estudio Hidrológico y de Hidráulica Fluvial se ha desarrollado las siguientes investigaciones de campo:

- Reconocimiento del área de estudio con la finalidad de definir en campo los cursos de agua de mayor importancia desde el punto de vista de peligro o amenaza de origen climático.
- Entrevistas testimoniales a lugareños con la finalidad de establecer los antecedentes y el tipo de fenómeno que con mayor frecuencia ocurre en cada una de los cursos de agua de interés (flujo de lodo, erosión, migración del río, transporte de sedimentos, inundaciones, etc.).
- Determinación en campo de la red de drenaje y caracterización de los sectores de mayor peligro dentro del área de estudio.
- Levantamiento catastral de puntos críticos en las zonas urbanas, adyacentes y de expansión urbanística, en los cuales ocurren fenómenos de origen climático que constituyen un peligro físico de relativa importancia.
- Levantamiento Batimétrico de los ríos de interés y mediciones de corrientes superficiales.
- Levantamiento Topográfico de los ríos de interés.
- Inventario de la infraestructura de drenaje urbano existente.
- Identificación de zonas de menor nivel expuestas a inundaciones por desborde de los ríos Madre de Dios y Tambopata y por acumulación de precipitaciones pluviales.
- Evaluación hidráulica de los cauces de los ríos Madre de Dios y Tambopata.
- Toma de muestras de sedimentos acarreados por los ríos de interés.
- Identificación de los niveles de agua subterránea y la red de flujo existente y su influencia en la amenaza o peligros de origen natural.

1.4.3.- FASE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Esta fase se desarrolla para las muestras inalteradas extraídas en las “calicatas” aperturadas y está destinada a conocer las propiedades índices y geomecánicas de los materiales encontrados mediante la ejecución de Ensayos de Laboratorio, que se indican a continuación:

NOMBRE DEL ENSAYO

NORMA USADA

Descripción visual – manual	ASTM D 2488
Contenido de humedad natural	ASTM D 2216
Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D 422
Límite líquido y Límite plástico	ASTM D 4318

Clasificación unificada de Suelos	ASTM D 2487
Límite de Contracción	ASTM D 427
Corte Directo	ASTM D 3080
Consolidación Unidimensional	ASTM D 2435
Potencial de Colapso	ASTM D 4546

Los Ensayos se han efectuado en el Laboratorio del CISMID ubicado en la ciudad de Lima.

1.4.4.- FASE DE GABINETE

Esta fase se desarrolla después de haber culminado las Fases de recopilación de información, Investigaciones de campo y Ensayos de Laboratorio. La Fase de gabinete analiza minuciosamente los resultados de las anteriores, con la finalidad de garantizar la bondad y calidad de la información obtenida de manera que permita definir resultados para al área de estudio, tales como: geología superficial, geomorfología, sismicidad, clasificación de suelos, capacidad portante, potencial de colapso y expansión, zonificación geotécnica, zonificación hidrológica y otros; con los cuales se procederá a determinar los fenómenos de origen geológico-geotécnico, climático y geológico-climático de mayor importancia, para luego definir el Mapa de Peligros de origen Múltiple de la ciudad de Puerto Maldonado.

Con la información proporcionada por el Mapa de Peligros se procede a identificar aquellas áreas más aparentes para la expansión y densificación urbana de la ciudad de Puerto Maldonado; considerando además la presencia de zonas con ocurrencia de peligros de origen antrópico y la identificación de amenazas sobre líneas vitales.

Finalmente, se ha establecido de manera genérica pautas técnicas y recomendaciones en sistemas constructivos y se han identificado variados proyectos de mitigación ante los efectos de los peligros de origen natural.

CAPITULO II : INFORMACION BASICA DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO

2.1.- CREACION DE LA CIUDAD

En 1901 se formó la Junta de Vías Fluviales, con el fin de estudiar el aprovechamiento por las comunidades de los ríos del Oriente; por disposición de esta entidad se designa primer comisario de la región a Don Juan S. Villacorta, quien al momento de colocar el primer horcón de la casa que sería la Sede Oficial del Gobierno Peruano por él representado, el día 10 de Julio de 1902, denomina "Puerto Maldonado", a la población ubicada en la confluencia de los ríos Tambopata y Madre de Dios.

La principal vía de penetración y exploración de la región la constituye el río Madre de Dios, y el área donde se ubica Puerto Maldonado es punto de unión de los ríos Tambopata, Madre de Dios y las Piedras, el último de los cuales, penetra en las zonas de explotación cauchera y maderera ubicada en el sector Norte, constituyendo pues un emplazamiento estratégico para acceder a las zonas explotables y punto más apropiado para la instalación de la sede administrativa de la región.

Por Ley N° 1782 del 26/12/12 se crea el departamento de Madre de Dios, estableciéndose sus límites y designando a Puerto Maldonado como la Capital.

Al término de la Primera Guerra mundial, disminuye la rentabilidad del caucho circunstancia que aunada a la explotación de este producto en territorio asiático (Ceylan), afecta la economía departamental, desapareciendo los intercambios comerciales y Puerto Maldonado declina, convirtiéndose en un simple caserío.

Sin embargo, el descubrimiento de oro aluvial en las playas del Madre de Dios y el Tambopata atrae una inmensa población interesada en hacer fortuna; así como la castaña como una nueva base económica extractiva ligando al departamento con los mercados internacionales y propiciando el nuevo crecimiento de Puerto Maldonado.

El año 1923, se produjo una gran inundación que invadió todas las casas de Puerto Maldonado (Pueblo Viejo), la cual quedó materialmente envuelta en fango y con sus casas desniveladas, según narra don Carlos León Velarde, a la sazón Prefecto del Departamento y a cuya iniciativa se dispuso el traslado de la población a una zona mas elevada, en el área denominada Bellavista. Sin embargo sólo la casa del industrial Andrés Mallea y el cuartel Tarapacá fueron las únicas construcciones en la nueva ubicación, permaneciendo los demás pobladores en el emplazamiento original.

En el mes de Enero de 1925 una nueva y mayor inundación vuelve a devastar Puerto Maldonado (Pueblo Viejo) con pérdidas más numerosas. Ante esta experiencia y esta vez con apoyo de toda

la población, se procedió a efectuar el roce del bosque en la nueva ubicación, haciéndose la demarcación de los lotes que se iban solicitando por los vecinos para el traslado de sus casas, desde su ubicación original.

En 1937, el Prefecto del Departamento propicia la construcción de un Aeropuerto, el cual se inaugura en 1943 iniciándose oficialmente, el transporte aéreo hacia esta región.

En el año 1944 se inicia frente a Puerto Maldonado la construcción de la carretera que lo uniría al Cusco, empalmando la carretera iniciada en Urcos en el año 1922, lográndose un avance de 80 Km. en esta obra, Suspendida la construcción por razones presupuestales, esta se reinicia en el año 1957, culminándose la carretera Cusco-Quincemil- Puerto Maldonado en 1962. Sin embargo no se inaugura hasta el año 1965, luego de construirse los puentes Inambari y Loromayo.

En los años 80, la construcción de la carretera Puerto Maldonado-Iberia-Iñapari, y la construcción de un nuevo aeropuerto con capacidad de recibir niveles internacionales, producto de la preocupación por los territorios fronterizos que se refuerza en aquellos años con la política de modernización y reformas ocasiona el surgimiento de pequeños poblados en el eje nor-oriental, paralelo a la frontera con Bolivia, reforzando la posición estratégica de la ciudad de Puerto Maldonado como centro articulador de los principales ejes poblacionales de ocupación territorial del Departamento.

2.2.- UBICACIÓN GEOGRAFICA

El departamento de Madre de Dios está situado en el sur oriente del Perú; limita por el norte con el departamento de Ucayali y la república de Brasil, por el este con las repúblicas de Brasil y Bolivia, al Sur con los departamentos de Cusco y Puno y al oeste con el departamento de Cusco.

Se encuentra ubicado en la zona de contacto con la cordillera de los Andes y la llanura amazónica y presenta un territorio que desciende progresivamente de Sur a Norte.

La ciudad de Puerto Maldonado del Distrito de Tambopata se encuentra dentro de la delimitación del departamento de Madre de Dios, es la capital de la provincia de Tambopata.

Las coordenadas geográficas de la ciudad de Puerto Maldonado son:

Longitud	69°10'04" W
Latitud	12°30'34" S
Altitud	210.000 m.s.n.m.

Se encuentra dentro del cuello del Meandro que forma el río Madre de Dios antes de su confluencia con el río Tambopata; por lo que el crecimiento físico de la ciudad al Norte, Oeste y Este se encuentra limitado por el cauce de dichos ríos.

El centro poblado se encuentra emplazado sobre un terreno subhorizontal, de pendiente suave con un valor medio de 5.0% hacia el río Madre de Dios, con presencia de depresiones ondulares hacia la zona Sur.

2.3.- VIAS DE TRANSPORTE

La ciudad de Puerto Maldonado se interconecta con el departamento de Cusco a través de la carretera Cusco-Urcos-Quincemil con una longitud de 567.00 Km.; sin embargo en épocas de lluvias intensas es interrumpida hasta por semanas; debido a la frecuente ocurrencia de deslizamientos, derrumbes, flujos de lodo y otros fenómenos de origen geológico-climático.

De igual manera su vinculación internacional con los países de Brasil y Bolivia se da a través de la carretera de Puerto Maldonado-Iberia-Iñapari con una longitud total de 241.50 Km. y es la que permite articular el espacio provincial del área de estudio con los otros centros poblados de la Región. Esta red vial se inicia en el centro poblado El Triunfo ya que a la fecha no existe comunicación a través de un Puente sobre el río Madre de Dios y se encuentra en buenas condiciones debido a que su mantenimiento forma parte de las acciones rutinarias que desarrolla el Proyecto Especial Madre de Dios y a que en este Tramo se ha iniciado la construcción de la Carretera Interoceánica.

Asimismo, existen vías de comunicación interurbanas que parten de la ciudad de Puerto Maldonado hacia distintos centros poblados y caseríos: Chorrillos, Tres Islas, La Cachuela, Rompeolas, El Prado, Isuyama e Infierno.

El sistema vial de la ciudad de Puerto Maldonado tiene una longitud de 122 Km.; de la cual sólo 13.80 Km. se encuentran pavimentadas, con secciones viales amplias que permiten un tránsito en doble sentido pero, que sin embargo son limitantes en algunos casos al no estar tratadas adecuadamente en lo que se refiere a la superficie de rodadura.

Las vías de la ciudad de Puerto Maldonado presentan peligros debido al tipo de suelo, la erosión, la falta de drenaje pluvial, el tránsito pesado y la falta de mantenimiento preventivo y correctivo.

Las vías urbanas principales de la ciudad son: Av. Dos de Mayo, Av. León Velarde, Av. Ernesto Rivero, Av. Fitzcarrald, Av. Tambopata, Av. Madre de Dios.

Las vías urbanas secundarias se caracterizan por ser el enlace articulador entre las vías principales, comunicando a distintas áreas de la ciudad. Las vías secundarias son las siguientes: Av. 28 de Julio, Jr. Pardo de Miguel, Av. Alameda, Jr. José María Arguedas.

El transporte fluvial es importante en la ciudad por la presencia de los embarcaderos: La Pastora, Tambopata, Turístico y el Puerto Capitanía.

El transporte aéreo es de vital importancia en las épocas de lluvia pues se constituye en el único medio de transporte de carga y pasajeros; su vinculación se da con el departamento del Cusco y la ciudad de Lima.

2.3.1.- CARRETERA INTEROCEANICA

La carretera Interoceánica unirá al Perú y Brasil mediante una vía completamente asfaltada de 2,593 Km. Esta vía parte desde la ciudad de Iñapari del departamento de Madre de Dios fronteriza con la ciudad brasilera de Assis (KM 00+000) y llega hasta los puertos peruanos de Ilo, Matarani y San Juan de Marcona al Sur (KM 2593+000), tal como se observa en la **FIGURA Nº 01**.

La carretera interoceánica es la obra de ingeniería en infraestructura vial mas grande que se haya ejecutado en el Perú, con una inversión de US \$ 892 millones se convertirá en ejemplo vivo de la integración física sudamericana.

En esta ruta se encuentran también dos importante obras: El Puente de la integración sobre el río Acre que delimita al Perú con Brasil y el Puente Billinghamst sobre el río Madre de Dios, postergado por más de 25 años y que se construirá para convertirse en el "Puente más grande del Perú".

El Puente Billinghamst sobre el río Madre de Dios viene siendo ejecutado por el Consorcio CONIRSA (Año 2006), tiene una longitud total estimada de 500.0 m. y se ubica sobre el eje de la Av. León Velarde en la margen derecha y sobre la prolongación de la misma en El Triunfo (Margen Izquierda), por lo que constituye una obra física que se encuentra sujeta a variados peligros que predominan en dicha ciudad, particularmente los de origen climático en los ríos.

El 23 de Junio del 2005 se entregaron en concesión los tramos 2, 3 y 4 de la Carretera Interoceánica, que parte de Iñapari (Madre de Dios) que tiene frontera común con la ciudad brasilera de Assis; hasta los puertos peruanos de San Juan de Marcona (Ica), Matarani (Arequipa) e Ilo (Moquegua).

El Tramo 2 y 3 (Urcos-Inambari e Inambari-Puerto Maldonado) está siendo ejecutado por el Consorcio Concesionario Interoceánico (Odebrecht, Graña y Montero, JJ Camet e IICSA) y el Tramo 4 (Inambari-Azángaro) por el Consorcio Intersur (Brasileñas Andrade Gutiérrez y Queiroz Galvao).

La carretera interoceánica cruzará la ciudad de Puerto Maldonado siguiendo la ruta siguiente:

- El Triunfo (Margen Izquierda)-A. León Velarde (Margen Derecha)- Av. Dos de Mayo- Av. Andrés Avelino Caceres hasta la altura de Puerto La Pastora – Carretera Puerto Maldonado a Cusco.

En el tramo Puerto Pastora-Estación PETROPERU ubicado en la Av. Andrés Avelino Caceres, la carretera se acerca peligrosamente al acantilado ubicado en la margen derecha del río Madre de Dios, hasta una distancia mínima de aproximadamente 25.0 m. y que ha venido acortándose rápidamente en los últimos años.

Esta obra permitirá una contribución anual de 1.5% del Producto Bruto Interno (PBI), generará 6 mil puestos de trabajo mensuales, promoverá el desarrollo económico de la zona sur del país (equivalente a 32% del PBI nacional), entre otras bondades.

Un punto debil de la construcción de esta carretera lo constituye la falta de estudios medioambientales y que hasta la fecha no han permitido definir situaciones concretas de riesgo al medio ambiente que podrían producirse por la construcción de la misma. Esta situación tambien se extiende a los aspectos relacionados a Gestión del Riesgo de Desastres de origen natural; que se agudiza aún más si se toma en cuenta los peligros a los que se encuentra expuesta a su paso por la ciudad de Puerto Maldonado, que la aprobación de la carretera no pasó por las Normas del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) y que su alto costo no queda claramente justificado frente a los bajos niveles de tráfico mínimo que se tiene a lo largo de la carretera.

2.4.- CLIMÁ Y VEGETACION

El clima de la ciudad de Puerto Maldonado corresponde al tipo definido según la clasificación de Holdridge por: Trópical Cálido y Húmedo: Bosque Húmedo Trópical.

Las características de los principales parámetros climáticos, obtenidas en base a los registros de la Estación Climatológica de Puerto Maldonado, son las siguientes:

a).- Temperatura :

La Temperatura promedio mensual es de 24 °C a 26 °C; la Temperatura máxima mensual es de 29 °C a 40 °C; la Temperatura mínima mensual es de 18 °C a 20 °C durante los meses de Agosto y Setiembre. La variación diaria de temperatura es de 5 °C a 6°C. El "Friaje " o "Surazo" se da entre los meses de Mayo a Setiembre y es un fenómeno por el cual las masas de aire del Anticiclón Polar marítimo penetran al continente sudamericano y son canalizados por los Andes desplazándose hasta Bolivia. El "Surazo" levanta el aire trópical caliente y liviano generando frentes frios y nubosos en la ciudad de Puerto Maldonado.

b).- Precipitación :

La Precipitación total anual media es de 2,000.00 mm. , la Precipitación total mínima anual es de 1,000.00 mm.. Las lluvias se dan entre los meses de Diciembre a Marzo y los meses sin lluvias son Junio, Julio y Agosto.

c).- Horas de Sol:

El promedio de horas de sol durante el año es de 2031 Horas; de lo cual se obtiene que en promedio existe entre 6 a 7 Horas diarias de sol sobre el centro poblado de Puerto Maldonado y que no es perturbada por la escasa vegetación existente.

d).- Vientos:

La velocidad promedio de los vientos es de 12 Kph entre las 15:00 a 16:00 Horas; lo que corresponde a una brisa suave que recorren de Sur-Este a Nor-Este preferentemente sobre el cauce del río Madre de Dios y en las calles longitudinales del centro poblado.

e).- Humedad Atmosférica:

La Humedad relativa ambiental promedio anual es de 70.00 % a 85.00 %.

La vegetación del área circundante a la ciudad de Puerto Maldonado, consiste en bosques de segundo brote con presencia de Pacas Asociación Pacal con pasto Yaragua y especies arbustivas de menor tamaño; además, se tiene la presencia de Asociación de Pacales sobre los Aguajales, con especies de Chonta en menor cantidad. Sobre el área urbana, en las manzanas podemos observar que las habilitaciones para vivienda han sido cubiertas con pasto Yaragua y especies arbustivas pequeñas, con presencia de árboles para dar sombra en los predios.

2.5.- POBLACIÓN

Según el Censo Nacional de 1972 la población de la ciudad de Puerto Maldonado era de 5,309 habitantes equivalentes al 25% de la población total del Departamento de Madre de Dios y al 43% de la población total del distrito de Tambopata.

Según el Censo de 1981, la ciudad de Puerto Maldonado contaba con 11,279 habitantes que representaba el 34% de la población del departamento y el 55% de la población del distrito de Tambopata.

Según el censo de 1993 la población de Puerto Maldonado alcanzaba a 27,354 Hab. y constituía el 41% del total de la población departamental y el 74% de la población del distrito de Tambopata.

De los datos proporcionados por el INEI desde el Censo del año 1927 hasta el del año 1993 y de los datos del Municipio Distrital de Tambopata se determina que acorde a una tasa de crecimiento anual del orden de 4.5% la población urbana de Puerto Maldonado para el año 2006 es aproximadamente 50,000 habitantes y al año 2010 será de aproximadamente 60,000 habitantes. (Fuente: Plan Director de la ciudad de Puerto Maldonado).

2.6.- ECONOMIA

La economía distrital se sustenta fundamentalmente en actividades primario extractivas, donde la agricultura, caza y silvicultura constituye el 32% del PBI Distrital, en tanto que la minería lo hace con el 15%. Otras actividades importantes en la dinámica económica distrital son las actividades terciarias cuyo aporte al PBI alcanza al 41%.

La participación de Madre de Dios en la economía del país durante las últimas tres décadas se ha mantenido casi constante entre 0.25% y 0.4%, demostrando con ello poca incidencia en la economía nacional, en comparación con las economías departamentales vecinas (Cusco con el 2.8% y Puno con el 2%).

La actividad agrícola, ganadera y silvícola es la más importante que se realiza en la economía distrital desde el punto de vista ocupacional, pues involucra cerca del 25% de la población.

La actividad agrícola se realiza utilizando tecnología tradicional predominando la agricultura migratoria que es una forma de cultivo que deteriora los frágiles suelos. Los principales cultivos corresponden al arroz, maíz, yuca, frijol, plátano.

La actividad ganadera se desarrolla básicamente en el nivel, extensivo, sin tener cuidado del manejo y recuperación de pasturas. La población pecuaria corresponde a vacunos, porcinos, ovinos y aves.

La actividad forestal a pesar de contar con ingentes recursos se ha visto limitada por diversos factores como el agotamiento como consecuencia de la sobreexplotación, así como por la extracción selectiva de especies de alto valor comercial sin la reposición adecuada. El predominio de la transformación primaria sin valor agregado es otra característica de la actividad forestal.

La Minería es otra de las actividades económicas importantes por su participación en el PBI; sin embargo por la falta de control y la informalidad en la que se encuentra genera una serie de problemas como su impacto negativo en el ambiente por la deforestación de aproximadamente 400 Has. de bosques al año, la contaminación por mercurio de las aguas de los ríos, inestabilidad de taludes ribereños y cambio de cauce de los ríos por el movimiento de tierras.

Esta actividad se encuentra localizada en el río Madre de Dios a su paso por la ciudad de Puerto Maldonado. La producción de Madre de Dios según información oficial en el año 1999 alcanzó a 10,598 Kg y ocupaban a 893 trabajadores; sin embargo dada la informalidad de esta actividad se estima que el número de trabajadores en ese año era de 13,000 y se tuvo una producción de 20,000 Kg.

La actividad industrial es de especial importancia en el Distrito de Tambopata donde se localizan aproximadamente el 90% de los establecimientos industriales que por lo general se desenvuelven utilizando tecnología inadecuada de tipo artesanal. Las principales actividades industriales son aserraderos, carpinterías de madera, piladoras de arroz, molinos de maíz, yuca, plátano, panaderías, fábricas de ladrillos.

La actividad comercial se caracteriza por ofertar al mercado externo productos primarios (materias primas) o con escaso valor agregado; así como demandar bienes de capital y de consumo final. Los canales de comercialización involucran a los productores, intermediarios, mayoristas y consumidores.

Una de las actividades económicas que viene cobrando especial importancia en el Distrito de Tambopata es la turística; debido a la gran demanda por parte de extranjeros de Circuitos Turísticos de carácter ecológico, paisajístico, vivencial y de aventura; que posee con variedad y amplitud el Distrito.

2.7.- CARACTERÍSTICAS ESPACIALES

La morfología urbana de la ciudad de Puerto Maldonado está determinada por las siguientes condiciones:

- La presencia de los ríos Madre de Dios y Tambopata que delimitan el territorio en sus frentes N.E y S.E, así como en el Sector N.O, ya que la ciudad se ubica en la confluencia de los mismos.
- Una terraza alta donde está ubicada la ciudad a unos 25 m aproximados de altitud respecto al nivel de los ríos que son límites físicos.
- Una terraza plana al Sur- Oeste de la ciudad, conformada por terrenos agrícolas, bosques secundarios o sin uso; los mismos que se expanden en dirección a los terrenos donde está ubicado el actual Aeropuerto Internacional Padre José Aldamiz.
- El recorrido natural que realiza el río Madre de Dios en el sector Norte de la ciudad (Meandro), origina un estrechamiento de la terraza alta de 1.2 Km. de ancho, en su parte más angosta, es por eso que la ciudad tiene dos vistas diferentes del mismo río.

Todo ello ha definido la forma urbana irregular actual de la ciudad de Puerto Maldonado, con las limitaciones de crecimiento hacia el Este por la presencia de los ríos, la cual se orienta más bien con dirección Norte, Oeste y Sur oeste principalmente; la estructura urbana de la ciudad se origina a partir de la terraza o zona baja más próxima a la confluencia de los ríos Madre de Dios y Tambopata, lo que es hoy llamado Pueblo Viejo.

Para la ciudad de Puerto Maldonado, según el Estudio: "Plan Director de la ciudad de Puerto Maldonado" (Fuente: Municipalidad Provincial de Tambopata), se han identificado 02 grandes áreas de expansión urbanística:

- **Area I** : Al Sur Oeste de la ciudad, sobre terrenos próximos al Aeropuerto Internacional Padre Aldamiz y La Joya.
- **Area II** : Al Norte de la ciudad, desde la Av. Andrés Avelino Caceres hasta los alrededores de la Av. Costanera Norte.

La ciudad de Puerto Maldonado en sus inicios estaba habitada por una pequeña población entre los años 1912 al 1925, ubicada en la parte baja donde se unen los ríos Madre de Dios y Tambopata (Pueblo Viejo).

En una segunda etapa en los años siguientes entre 1926 al 1961 la ciudad de Puerto Maldonado ocupa la zona alta inmediata, luego de las inundaciones producidas en el año 1925, con una población de 3,267 habitantes, organizándose a partir de un modelo de asentamiento tipo "damero", ortogonal con un ancho de vías típica de 25.00 m. y un manzaneo de 100.00 m. x 100.00 m. (una hectárea), con una sub división de lotes de 1,000.00 m² (20.00 m. x 50.00 m), ocupando un área similar de manzana para la Plaza de Armas de la ciudad, alrededor de la cual se ubicaron posteriormente los locales institucionales como la Municipalidad Provincial de Tambopata; con la apertura de las nuevas calles y principalmente de la hoy denominada Av. León

Velarde como eje dinamizador de la ciudad, que funciona de nexo entre los dos puertos (Capitanía y Tambopata) como también el ex Hotel de Turistas hoy Hotel San Carlos.

Una tercera etapa en los años siguientes entre 1962 a 1972 en que la ciudad se expande en dirección Norte, debido a la construcción de la vía regional Cusco - Puerto Maldonado, que hacia su ingreso a través de la Av. 28 de Julio, generó la ocupación en áreas de influencia inmediata a dicha vía, con una población de 6,292 habitantes, siguiendo el mismo patrón de ocupación de manzanas ortogonales de una hectárea del periodo anterior.

Una cuarta etapa los años siguientes entre 1973 al 1984 la ciudad se sigue expandiendo en dirección Norte. Debido a la construcción del nuevo aeropuerto, se modificó la vía regional Cusco - Puerto Maldonado, ingresando a la ciudad a través de la Av. 2 de Mayo, generando igualmente, la ocupación de áreas de influencia inmediata a dicha vía; con una población de 17,000 habitantes, manteniéndose en gran parte el patrón de ocupación de manzanas ortogonales de una hectárea, con la inclusión de nuevas formas de ocupación como es el caso del conjunto habitacional Fonavi, Instituto Superior Tecnológico Jorge Basadre, el Colegio Fitzcarrald y el Cuartel.

Una quinta etapa en los años siguientes entre 1985 al 2005 en que la ciudad se expande en dirección Norte-Oeste, ocupando áreas próximas al antiguo aeropuerto teniendo, como límite la vía de ingreso a dicho aeropuerto hoy Av. Circunvalación y hacia el Oeste ocupando áreas próximas al actual cementerio y cárcel de la ciudad en dirección al centro poblado menor La Joya; ocupación conformada por asentamientos humanos y asociaciones de vivienda en su mayoría.

Actualmente, Puerto Maldonado soporta una población de 50,000 habitantes aproximadamente, constituida en alto porcentaje por gente que viene de distintos puntos del país: Arequipa, Lima, Puno, Cusco. Es así como su crecimiento se ha visto acelerado por diversas causas, principalmente las que se refieren a la subsistencia, al buscar los pobladores alternativas para la ocupación, el empleo y mejores condiciones de vida.

2.8.- INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS

a).- Sistema de Agua Potable

El servicio de agua potable y alcantarillado en la ciudad de Puerto Maldonado, está administrado por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tambopata S.R. Ltda.-EMAPAT.

En la actualidad, cuenta con un Plan Maestro operativo, que se inició en 1998 (etapa preparatoria) y concluirá en 2028 (etapa definitiva), el cual contempla el mejoramiento y ampliación de los

sistemas de agua potable y alcantarillado, que ya se ha empezado a ejecutar a partir de éste año a través de la ayuda financiera de la KFW de Alemania.

El Sistema de agua potable de la ciudad está compuesto por las siguientes obras:

- Captación

La captación, se realiza a través de una "balsa cautiva" ubicado en la margen derecha del río Madre de Dios, donde están instaladas la maquinaria y equipo de bombeo capacidad de 50 L.p.s. y 30 L.p.s., funcionando alternadamente casi interrumpidamente, permitiendo impulsar agua del río a la Planta de Tratamiento. Las condiciones de operación de la actual "balsa cautiva", ha mejorado sustancialmente sin embargo se tiene previsto que la ésta sea instalada sobre la margen derecha del río Madre de Dios muy cerca del Puerto Pastora ("Rompe Olas"), ya que actualmente existe problemas en la captación de agua, por contaminación con desechos orgánicos (basura), la existencia de algunas descargas de desagües clandestinos y la presencia de la "cárcava" próxima a la toma de agua, sucede que en épocas de lluvias las aguas pluviales que recolecta dicha "cárcava" va directamente a la toma de agua, originando la interrupción del servicio, ya que esa agua es contaminada por la cantidad de desechos que acarrea.

.- Planta de Tratamiento

La Planta de Tratamiento ubicada muy próximo a la captación de agua, tienen operativo dos unidades que producen agua tratada; una planta del tipo convencional con filtros rápidos ascendentes de filtración directa, con procesos complementarios de floculación y sedimentación, con capacidad máxima de producción de 70 L.p.s..

.- Reservoirio de Almacenamiento

El agua clorada y potabilizada es recepcionada en un tanque cisterna de forma circular de 180 m³ de capacidad efectiva; y de allí, es bombeada a la red en forma directa y al reservoirio principal de la Av. Ernesto Rivero a través de una línea de impulsión.

El reservoirio de almacenamiento se ubica en las actuales instalaciones de EMAPAT, tiene una altura de 35 m. y una capacidad de 1,500 m³, desde allí se distribuye por gravedad el agua potable a toda la ciudad.

b).- Sistema de Alcantarillado y Tratamiento de aguas servidas

La recolección y evacuación final de las aguas servidas de las conexiones prediales en la ciudad de Puerto Maldonado, son trasladadas mediante redes de colectores que atraviesa la trama urbana de la ciudad de Norte a Sur, y ésta corre en función de la topografía del terreno donde está asentada la ciudad; la misma que favorece una evacuación por gravedad.

El Sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas está compuesto por las siguientes obras:

- Red Colectora

El sistema cuenta con tres emisores, uno de los cuales descarga directamente al río Tambopata, y dos emisores al río Madre de Dios (por el lugar denominado Pueblo Viejo); los emisores que descargan en el río Madre de Dios atienden parte de la zona Norte y Nor-oeste de la ciudad; y el emisor del Tambopata atiende la zona Sur y Sur-oeste de la ciudad. Estos emisores con diámetros de 10" y 12" se encuentran en la etapa final de su vida útil.

En ambos casos las descargas de las aguas residuales se realiza sin ningún tratamiento, causando impacto negativo en las zonas de descarga, el caudal aproximado de los tres emisores es de 20 lts./seg. de aguas servidas, siendo diluidas rápidamente en los ríos receptores cuyos caudales superan las 1,500 m³/seg. en época de estiaje.

- Tratamiento de Aguas Residuales

No existe actualmente un Tratamiento de las aguas residuales, ya que actualmente el manejo de ellas es inadecuado, originando un daño al medio ambiente y un serio riesgo a la salud humana. Se tiene previsto construir una Planta de Tratamiento de aguas servidas que ha de verter las aguas tratadas al río Tambopata.

Es importante resaltar que la principal causa del mal estado y deficiente funcionamiento del sistema se debe a la falta de mantenimiento de las redes, sobre todo en época de lluvia que arrastra consigo material de suspensión; y al incremento del caudal a través del sistema, al incorporar volúmenes de agua de lluvia (a pesar de la prohibición normativa); presentándose atoros, inundaciones y colapso de las tuberías por saturación en diversos sectores de la ciudad.

c).- Sistema de Energía Eléctrica

La Empresa Electro Sur Este S.A. a través de la Gerencia Sub-Regional Madre de Dios, es la institución encargada de la administración y venta de la energía eléctrica a los centros poblados de los Distritos de Tambopata, Laberinto y Las Piedras; incluyendo a la ciudad de Puerto Maldonado.

La fuente de generación eléctrica es una Central Térmica; la misma se encuentra ubicada en la Av. Ernesto Rivero, con una potencia instalada de la planta de 4.80 MW., cuya instalación actualmente cuentan con siete (07) grupos térmicos instalados.

d).- Sistema de Servicio Telefónico

La red de telefonía en la ciudad de Puerto Maldonado, como en el resto del país, es administrado y suministra el servicio la Empresa Telefónica del Perú S.A., la misma en esta última década ha

mejorado notablemente el sistema y expandido el servicio domiciliario al 50.0% del área urbana de la ciudad de Puerto Maldonado.

e).- Servicio de Limpieza Pública

La administración del servicio de limpieza pública está a cargo de la Municipalidad Provincial a través la Dirección de Medio Ambiente y Limpieza Pública. El servicio de limpieza pública comprende: el barrido de las principales vías, la recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos.

2.9.- EQUIPAMIENTO URBANO

a).- Equipamiento de Educación

El sistema educativo en la ciudad de Puerto Maldonado se organiza en 04 niveles: Inicial, Primaria, Secundaria y Superior, y esta a cargo de la Dirección Regional de Educación de Madre de Dios.

Puerto Maldonado por ser capital de la Provincia de Tambopata concentra el mayor número de locales educativos, funcionando en la ciudad un total de 49 centros educativos, de los cuales el 81.25 % son centros estatales y el 18.75% privados.

De acuerdo a la información en el Plan Director de la ciudad se tiene registrado 63 Centros de educación: 20 en el nivel inicial (17 en la modalidad de jardín, 3 en la modalidad de cuna); 28 en el nivel básico (15 en la modalidad de primaria 13 en la modalidad de secundaria menores), 5 en la modalidad de secundaria mayores, 01 en la modalidad de educación especial, 01 en la modalidad de educación ocupacional y 6 en el nivel de educación superior, (02 en la modalidad de instituto superior, 04 en la modalidad de universidad).

La composición de la población educativa en los diferentes niveles al año 2002 está constituida por 13,771 estudiantes (sin considerar la población que corresponde al nivel superior), de los que (13.8%) alumnos pertenecen al nivel inicial, 5,979 (43.41%) son del nivel primario, 5,883 (42.71%) alumnos pertenecen al nivel secundario.

b).- Equipamiento de Salud

Las necesidades de salud de la población de Puerto Maldonado, son atendidas a través de la Dirección Subregional de Salud (Hospital Santa Rosa), la Gerencia Departamental del IPSS (Centro de Salud), la Sanidad de las Fuerzas Policiales (Posta Sanitaria).

El Hospital Santa Rosa presta servicio de Cirugía, Medicina General, Pediatría Ginecología, Obstetricia, Odontología etc.; además de medicina preventiva mediante vacunación. Su radio de acción es de carácter provincial y departamental, siendo éste el único Centro Hospitalario en todo el ámbito.

El Centro de Salud del IPSS presta servicios de Medicina General, Cirugía, Ginecología, Pediatra, Odontología etc, a los pobladores que están asegurados.

La Posta Sanitaria de las Fuerzas Policiales, presta servicio asistencial a los miembros de la Policía Nacional así como a la población en general.

El número total de camas disponibles en la actualidad es 114 entre las tres instituciones; 90 camas del hospital Santa Rosa, 20. Camas de ESSALUD, y 4 camas de la Policía Nacional.

c).- Equipamiento de Recreación y Espacios Públicos

En la ciudad de Puerto Maldonado existe el siguiente equipamiento de recreación activa y pasiva:

- Estadio Municipal que tiene un campo de fútbol reglamentario y una pista de atletismo.
- El Coliseo Municipal que se ubica en un área de 10,000 m² y cuenta con una cancha múltiple, una piscina no reglamentaria e instalaciones insuficientes.
- Complejo Dos de Mayo
- Coliseo Cerrado, ubicado en el asentamiento humano "La Selva" en un terreno de 6,000 m².
- Parques infantiles ubicados en el Jr. Puno y en el AA.HH. "Huerto Familiar".
- Plaza de Armas, Plaza Bolognesi, Parque Grau, Parque de la Juventud, Mirador de la Av. 26 de Diciembre.
- Cine Madre de Dios 720 m²
- La Biblioteca Municipal con un área de 60 m².

d).- Equipamiento de Comercialización

En la Ciudad de Puerto Maldonado existen tres mercados que abastecen a casi el total de la población: el denominado Mercado Central Fray Martín, Mercado Modelo y el Mercado de Productores (José Aldamiz)

El mercado modelo cuenta con infraestructura incompleta para el comercio de los productos al menudeo, y su abastecimiento describe un circuito de tránsito entre la Av. Fitzcarrald y el puerto Tambopata. El abastecimiento de los productos hacia el mercado de Fray Martín no cuenta con un circuito definido de abastecimiento, y para el caso del mercado de productores por el pequeño volumen de comercialización que viene principalmente de la zona sur este (aguas arriba del río Tambopata) éste se efectúa desde en los embarcaderos de Tambopata y Puerto Pastora

2.10.- VIVIENDA

El déficit cuantitativo de viviendas acumulado al año 2002 en la ciudad de Puerto Maldonado (Fuente: Plan Director de la ciudad de Puerto Maldonado) se ha estimado en 524 viviendas.

Para el año 2002 las viviendas inadecuadas se ha estimado en 800 unidades, por lo que se tiene un déficit total de 1,324 unidades y el requerimiento de un área de expansión urbanística igual a 32 hectáreas.

CAPITULO III : ESTUDIOS BASICOS

3.1.- CARTOGRAFIA , FOTOGRAMETRIA Y TOPOGRAFIA

La información cartográfica y fotogramétrica existente para el área de estudio, ha sido colectada en el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y en el Servicio Aerofotográfico Nacional (SAN), cuyas oficinas se encuentran ubicadas en la Ciudad de Lima, de acuerdo al detalle siguiente:

- Cartas Nacionales del área de interés a escala 1:100,000 (IGN): Iñapari (Hoja 22-x), 2948 (Hoja 23-x), Alegría (Hoja 25-y) y Puerto Maldonado (Hoja 26-y).
- Fotografías aéreas de vuelo alto realizadas por el SAN en los años 1961 y 1991.
- Imágenes Satelitales de la ciudad de Puerto Maldonado del año 2002.

La información Topográfica existente para el área de estudio comprende un Plano catastral realizado por la Municipalidad Provincial de Tambopata-Puerto Maldonado en el año 2000 para su uso en la elaboración del Plan Director de la Ciudad. Este ha sido elaborado a escala 1:10,000 y con curvas de nivel a cada 5.00 m., que se ha venido afinando sucesivamente hasta la fecha por Personal Técnico del Municipio; contando finalmente, con una información fidedigna y adecuada para efectos de los trabajos del presente Estudio.

Para aquellas zonas de interés en donde haya sido necesario extender, afinar o complementar la información topográfica; como es en el caso específico de las áreas que corresponde al meandro del Río Madre de Dios, cochas, aguajales, cárcavas y otros, se ha efectuado un levantamiento catastral con el apoyo de un GPS Navegador de precisión, que ha permitido definir con suficiente precisión la información requerida en un sistema georeferenciado.

La Cartografía Base para efectos de materializar los Mapas Temáticos del presente estudio se presenta en el **PLANO Nº 02**.

3.2.- GEOLOGIA

El objetivo del presente ítem es determinar las diferentes formaciones geológicas existentes en la ciudad de Puerto Maldonado, describiendo sus características litológicas, estructurales, geomorfológicas y geodinámicas.

3.2.1.- UNIDADES GEOGRAFICAS

a).- Llanura Madre de Dios:

Se trata de una planicie extendida con suave inclinación al Sur Este desde el arco de Fitzcarrald hasta la frontera con Bolivia, alcanzando alturas promedio de 400.00 m. a 200.00 m. Se caracteriza por su poca variación topográfica, tiene un relieve suave a ligeramente ondulado con

pendientes de 0.0% a 8.0% Está constituido por sedimentos horizontales a subhorizontales del Neógeno y depósitos fluviales, aluviales del Cuaternario que conforman terrazas bajas y altas. Presenta un modelado fluvio-aluvial donde los ríos discurren con lentitud formando una red de drenaje extendida y meandriforme que disecta suave a profundamente la superficie. Se forman planicies de inundación, complejos de orillares, barras de arena y pequeños lagos. Si bien es cierto presenta áreas inundables y pantanosas se tiene también extensas superficies de terrazas altas con sistemas de colinas donde hoy se ubican y desarrollan grandes grupos humanos como ocurre con el Centro Poblado de Puerto Maldonado.

3.2.2.- UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

El valle del área de estudio se ha formado por dos procesos. el río Madre de Dios va excavando la secuencias de estratos de la Formación Madre de Dios (Qp-md) y de éste modo produce un perfil en “U” con una sección amplia debido a que al disminuir la velocidad del agua la erosión lateral ensancha el fondo del valle. En su estadio avanzado el río Madre de Dios discurre lentamente sobre un llano aluvial en el que el material depositado forma diques laterales ya sea barras longitudinales o “point bar”.

Las características morfológicas, de altitud, hidrográficas, agradacionales y degradacionales, permiten diferenciar las siguientes unidades geomorfológicas para la ciudad de Puerto Maldonado y sus áreas de expansión; cuya zonificación se presentan en el **PLANO Nº 03**, de acuerdo al detalle siguiente:

a).- Colinas:

Son elevaciones del terreno cuyas laderas pueden divagar en varias direcciones a partir de su cima como también pueden formar series lineales encontrándose profundamente disectadas en ambos casos por numerosas quebradas.

a.1).- Colinas bajas ligeramente disectadas (Cbl):

Son colinas bajas que se observan como ondulaciones sinuosas y alargadas del terreno cuyas altitudes raras veces sobrepasan los 50.0 m., presentan varios kilómetros de extensión y se ubican distante de las márgenes de los ríos. Estas colinas están cubiertas por bosques de fisonomía heterogénea.

a.2).- Colinas bajas fuertemente disectadas (Cbf):

Son colinas bajas que se observan como ondulaciones sinuosas y alargadas del terreno cuyas altitudes raras veces sobrepasan los 50.0 m., presentan varios kilómetros de extensión y se ubican cerca de las márgenes de los ríos. Estas colinas están cubiertas por bosques de fisonomía heterogénea.

a.3).- Cimas de Lomas:

Corresponde a la parte más alta de una Colina baja.

La ciudad consolidada y en actual crecimiento de Puerto Maldonado se encuentra asentada sobre una amplia colina que en algunos sectores se encuentra fuertemente disectada por la presencia de cursos de agua y depresiones que dan lugar a ondulaciones importantes. Se caracteriza por presentar superficies onduladas de altura variable y de contornos muy suaves.

La colina donde se asienta la ciudad tiene un desnivel con respecto al cauce promedio del río Madre de Dios, de aproximadamente 35.0 m.; por lo que la descarga de aguas de escorrentía pluvial hacia los cursos de agua, se dá con un alto poder erosivo.

b).- Llanuras de Inundación:

Son terrenos inundables que tienen un drenaje pobre. Son depósitos mayormente argilíticos producto de los procesos de intensa erosión fluvial lateral. Los cursos de estos ríos tienden a migrar periódicamente y forman depósitos de playas, terrazas y por lo general se desbordan y depositan sedimentos arcillosos, limosos o limoarenosos producto de la erosión de las secuencias de las formaciones Ipururo y Madre de Dios. Estas inundaciones forman extensas áreas de pantanos.

Las llanuras de inundación comprenden:

b.1).- Meandros y Playas (Me):

Es frecuente encontrar meandros abandonados y depósitos de playa a lo largo del curso del río Madre de Dios. En estas áreas se observan diseños de meandros; reconociéndose el del tipo de estriaciones, del tipo media luna, semiconcéntricas, de formas de abánico y otras completamente irregulares. La formación de meandros abandonados así como de playas en las riberas se debe al descenso del nivel de las aguas en el periodo de vaciantes.

b.2).- Complejos de orillares o restringas (Co):

Estas formas se reconocen en el curso meandriforme del río Madre de Dios. Se presentan como una serie de cadenas longitudinales con anchos variables que se producen por la migración del curso del río durante la formación de una nueva playa. La altura de estos complejos puede alcanzar hasta los 3.0 m. de altura.

b.3).- Barras e Islas Fluviales:

Tienen formas elípticas y alargadas en dirección a la corriente. En los periodos de lluvias pueden estar totalmente sumergidas.

b.4).- Cochas de aguas negras:

Pobres en sedimentos suspendidos, pero muy ricas en sustancias húmedas las cuales les dan el color característico, son aguas acidas y contienen poca cantidad de elementos nutritivos.

b.5).- Cochas de agua clara:

Se trata de aguas con pocos sedimentos en suspensión.

b.6).- Aguajales o pantanos (Ag):

Por el estancamiento de aguas pluviales y desborde de ríos debido al incipiente drenaje existente.

En el área de emplazamiento de la ciudad de Puerto Maldonado se puede apreciar claramente los paisajes siguientes: Llanuras de inundación definidas por las crecidas del río Madre de Dios a su paso por las zonas oeste, este y sur-este de la ciudad y en el abanico fluvial formado por el río Tambopata en su confluencia con el Madre de Dios y Playas de los ríos en aquellas zonas que actualmente son usadas como Puertos Fluviales; tal es el caso del Puerto Pastora y Puerto Capitania sobre el río Madre de Dios y el Puerto Tambopata sobre el río del mismo nombre.

c).- Terrazas:

c.1).- Terrazas bajas inundables (Tb):

Periódicamente se ven afectadas por inundaciones en épocas de lluvias. Tienen sedimentos finos, limo-arcillosos y arenosos, la mayoría tiene poca altitud pero se pueden formar depósitos de hasta 8.0 m. de altura (desde el nivel de agua hasta el nivel superior del cauce); aún así el desborde de estos ríos es tan intenso que afecta a las comunidades nativas que se ubican en sus riberas.

Se distinguen los siguientes tipos en relación a su drenaje:

- Terrazas medias planas con buen drenaje (Tm1)
- Terrazas medias con drenaje moderado (Tm2)
- Terrazas medias con Drenaje moderado a malo (Tm3)

Las terrazas bajas inundables se ubican a lo largo de los ríos Madre de Dios y Tambopata; para los cuales se ha determinado la existencia de los tres tipos de terraza en función a los distintos niveles de agua que se presentan a lo largo del año; siendo la Terraza 3 aquella inundada solamente en épocas de intensas crecidas de los ríos y la Terraza 1 la que se inunda durante periodos normales de lluvias. La terraza inundable de mayor importancia en la ciudad de Puerto Maldonado es aquella en la cual se encuentra asentada el barrio denominado Pueblo Viejo; el cual es recurrentemente inundado en épocas de avenidas ordinarias y ha motivado la atención de emergencias por inundación hasta medidas de gestión del riesgo, que a la fecha no han dado resultados del todo satisfactorios.

c.2).- Planicies

Son terrazas de morfología plana no inundables, localizadas sobre el nivel de colinas bajas ligeramente disectadas y generalmente se encuentran a 400.00 m.s.n.m.. Están constituidas por capas delgadas de suelos arcillosos, sedimentos cuaternarios de la formación Madre de Dios. En el área se pueden reconocer:

- Planicies estructurales ligeramente onduladas (Peo)
- Planicies estructurales planas (Pep)

3.2.3.- UNIDADES LITOLÓGICAS

Para el desarrollo de este ítem se ha utilizado la Cartografía Base a escala 1:10,000 de la ciudad de Puerto Maldonado; la cual ha permitido ir delineando en base a las observaciones de campo en sitios tales como cortes de quebradas, afloramientos rocosos, zanjas de cimentación, zanjas de drenaje y trincheras artificiales, el límite de contorno de las formaciones geológicas. Previamente a este trabajo, la Cartografía Base ya contenía en forma expeditiva la información referida a la clasificación SUCS de los suelos encontrados en cada una de las “calicatas” de investigación; de manera que ha permitido confirmar la información mediante indicadores geológicos de campo y toma de muestras para su estudio y comprobación en Laboratorio; además de reconocer y complementar la misma en las áreas nuevas de expansión urbanística.

Como resultado del levantamiento geológico de la ciudad de Puerto Maldonado, se pudo determinar que las rocas existentes son de origen sedimentario con una edad que corresponde al Cuaternario reciente y antiguo; las cuales están definidas por las unidades litológicas siguientes:

- Depósito actual fluvial – Terraza T0 (Qa – fl).
- Depósito cuaternario reciente fluvio aluvial – Terraza T1 (Qr-flal)
- Depósito cuaternario reciente palustre – Terraza T1b (Qr-pa).
- Depósito cuaternario holoceno fluvio aluvial – Terraza T2 (Qh-flal).
- Formación Madre de Dios – Terraza T3 (Qp-md).

Las unidades litológicas, de la más reciente a la más antigua, se distribuyen en el área de estudio tal como se presenta en el **PLANO Nº 04**, de acuerdo a la descripción siguiente:

a).- Unidad Litoestratigráfica : Cuaternario Actual Fluvial – Terraza T0 (Qa-fl)

Eratema: Cenozoica

Sistema: Cuaternario

Serie: Holocena

Son acumulaciones de arena fina con estratificación cruzada, que se observan a lo largo de las riberas de los ríos en épocas de estiaje.

Esta unidad se desarrolla a lo largo de los ríos Madre de Dios y Tambopata y se hallan generalmente sobre las terrazas bajas inundables periódicamente situadas hacia las márgenes de ambos ríos y en los meandros abandonados como ocurre en aquellos que forma el río Madre de Dios a su paso por la zona Oeste y Este de la ciudad y en la margen izquierda del río Tambopata en su encuentro con el curso principal. Los suelos de esta unidad están compuestos por arenas y limos con estratificación laminar y son medianamente ácidos. En algunas zonas, estos suelos son empleados eventualmente durante ciertos meses del año en la agricultura.

b).- Unidad Litoestratigráfica : Cuaternario Reciente Fluvio Aluvial - Terraza T1 (Qr-flal)

Eratema: Cenozoica

Sistema: Cuaternario

Serie: Holocena

Se trata de depósitos fluviales recientes a lo largo de los ríos Madre de Dios y Tambopata. Se hallan expuestos en forma discontinua hacia ambas márgenes de los ríos y comprenden arenas finas de granos subredondeados a redondeados con abundante cuarzo que presentan estratificación cruzada y hacia la parte superior son limos arenosos de color gris. Esta unidad es característica de ríos de desarrollo meandriforme, como lo son el Madre de Dios y el Tambopata. Corresponde al emplazamiento del denominado Pueblo Viejo en la confluencia de ambos ríos.

c).- Unidad Litoestratigráfica : Cuaternario Reciente Palustre - Terraza T1b (Qr-pa)

Eratema: Cenozoica

Sistema: Cuaternario

Serie: Holocena

Depósitos fluviales encontrados a lo largo de los paleocauces de los cursos de agua que cortan la ciudad de Puerto Maldonado; particularmente la quebrada incipiente ubicada al Sur; por lo que origina materiales arcillosos en las terrazas medias a bajas cercanas al cauce de dicha quebrada. Son suelos marcadamente ácidos y se hallan generalmente cubiertos por árboles.

d).- Unidad Litoestratigráfica : Cuaternario Holoceno Fluvio Aluvial - Terraza T2 (Qh-flal)

Eratema: Cenozoica

Sistema: Cuaternario

Serie: Holocena

Depositos aluviales mas jóvenes que cubren la Formación Madre de Dios y alcanzan entre 20.0 m. a 30.0 m. de espesor, litológicamente están compuestos por arenas de grano fino, color gris con estratificación cruzada y hacia el tope por arenas limosas. Algunas veces presentan restos de materia orgánica y plantas.

e).- Unidad Litoestratigráfica : Formación Madre de Dios (Qp-md : Terraza T3)

Eratema: Cenozoica

Sistema: Neogeno

Serie: Pliocena – Pleistocena

Sobreyace en discordancia erosional a la Formación Ipururo. Son tres miembros A, B y C que se refieren a tres distintos ciclos de sedimentación o parasecuencias.

Miembro A : Es la unidad basal y son depósitos de conglomerado con clastos de arcilla y líticos. Estos materiales se hallan endurecidos y cementados por óxidos de hierro (hematina), siendo producto de la lixiviación de sedimentos superiores o también pueden presentar un paleocanal estratificado compuesto por arenas igualmente endurecidos por los óxidos. Sobre estos materiales se hallan arenas de grano medio a fino, mal clasificadas, con o sin estratificación cruzada, en las que se hallan clastos subredondeados a redondeados de arcilla. Esta unidad basal pasa gradualmente hacia el tope a limos y arcillas, conteniendo a veces fragmentos de plantas en proceso de fosilización

Miembro B: Presentan en la base una delgada capa de hematita y está compuesta por arenas, limonitas arcillosas y arcillas con escasos restos de turba.

Miembro C: Compuesto por arenas limosas y limos arcillosos. En la base pueden encontrarse lentes de conglomerado constituidos por clastos líticos de una matriz arenosa.

El área consolidada y las propuestas para la expansión urbana de la ciudad de Puerto Maldonado, se encuentran emplazadas sobre la Formación Madre de Dio; en donde se muestra como depósito sedimentario antiguo ubicado en las terrazas altas de topografía plana a ligeramente ondulada que se caracteriza por presentar buen drenaje y estar constituido por materiales arcillosos. Se presentan cubiertas por árboles.

Con la finalidad de definir el Perfil Estratigráfico predominante en la ciudad de Puerto Maldonado en base a la Litología existente y la topografía del terreno, se han utilizados un total de catorce columnas estratigráficas para su análisis correspondiente en campo y que se presentan adjunto.

Hacia el Este de la ciudad de Puerto Maldonado en la margen derecha del río Madre de Dios se encuentran las cárcavas de Jr. Cusco y Puno, Cuartel, Balcón-Dos de Mayo, Orquídeas, Plaza Ruiz y otros; hacia el Oeste de la ciudad se encuentran las cárcavas de Petro Perú, Brombus; así como también algunas escarpas y barrancos fluviales que han servido para el levantamiento de las columnas estratigráficas; cuya ubicación se presenta también en la **LAMINA N° 04**.

A partir del análisis sedimentológico de las columnas estratigráficas se ha determinado que secuencialmente en la zona de Puerto Maldonado y alrededores se encuentra distribuido en dos unidades de la Formación Madre de Dios, los que alcanzan aproximadamente 25 m. de espesor, habiéndoseles denominado de abajo hacia arriba como unidad I y II.

La unidad I en la mayoría de las columnas en la base presenta un nivel de conglomerados fluviales de color grisáceo con manchas rojizas por la oxidación de la hematita que sirve de cemento; la matriz es arenosa y los clastos son de hasta 6.5 cms de diámetro ($\Phi >$), litológicamente están constituidos de cuarcita, areniscas y algunos intrusivos,

sedimentológicamente dentro de los niveles de canales fluviales meandriformes y barras de arena se presentan capas lenticulares de arcilla orgánica gris media a oscura que corresponden a medios palustres con restos vegetales fósiles de plantas subacuáticas en forma de turba o lignito, pudiendo presentar también niveles de arcillas rojizas altamente cementados por el óxido férrico y ferroso formando nódulos de la hematita, que corresponden a grandes llanuras de inundación expuestas a oxidación.

La Unidad II en la mayoría de las columnas está constituida por arcilla limosa roja, con intercalaciones de limo arcilloso que llegan a alcanzar un espesor de 7.00 m.

En la columna estratigráfica levantada en la cárcava Las Orquídeas se observa este nivel arcilloso como un suelo rojo ferruginoso cuyo medio de sedimentación se le atribuye a un intenso intemperismo químico que ha afectado a las rocas graníticas principalmente en la zona subandina de la cordillera de los Andes; lo que ha generado suelos residuales con alto contenido de minerales ferríferos, generando disoluciones del tipo adecuado para la precipitación del hierro depositándose junto con el cuarzo intemperizado; luego estos han sido erosionados, transportados y depositados por los ríos de la cuenca amazónica de Madre de Dios en forma de sedimentos limo-arcillosos de cuarzo y óxidos férricos hidrosolubles estabilizado por coloides orgánicos o sales ácidos orgánicos de hierro.

El clima cálido genera concentraciones y soluciones en un medio acuoso reductor-palustre y luego se da la precipitación química de los óxidos férricos en el limo cuarzoso en forma de hematita diseminada, la calidad de la hematita precipitada depende primordialmente del potencial de oxidación-reducción y la forma en la cual se precipita el hierro es una función del subambiente sedimentario de bajíos pantanosos de llanuras de inundación fluviales con bosques, con sedimentación de arena fina, limos, lodo fangoso y arcillas rojas y soluciones de óxidos férricos y orgánicos en estado coloidal generando alto potencial oxidación-reducción, ya que los ácidos orgánicos ayudaron a reducir los minerales ferrosos generando niveles diferentes colores desde rojos parduscos hasta grises, las condiciones del clima cálido (36° hasta 40° C) y húmedo (Precipitación mayor a 1000 mm. al año), incrementa el potencial de oxidación.

Estos suelos rojos ricos en hierro contienen hematita en gran cantidad precipitados tienen formas de capas delgadas desde 0.05 m. a 0.25 m., de diámetro, de formas lenticulares alcanzando longitudes desde 50.00 m. hasta 100.00 m., y anchos de hasta 5.00 m.

3.2.4.- HIDROGEOLOGIA

En el área de estudio existen una serie de Cochas y Aguajales o Pantanos. Las cochas de mayor importancia son aquellas ubicadas sobre la parte Sur Oeste de la ciudad sobre la margen derecha del río Madre de Dios.

La evaluación geológica indica que el suelo de la ciudad de Puerto Maldonado está constituido fundamentalmente por material sedimentario antiguo, en diferentes espesores y de características semipermeables en la base que corresponde a la cota del nivel del río Madre de Dios y de características impermeables en su parte superior, por lo que el flujo del agua del río puede darse a través del suelo desde la margen derecha del río ubicado en la zona Oeste de la ciudad hasta la margen derecha en la zona Este y que corresponde prácticamente al cuello del Meandro que tiene una longitud no mayor de 1.20 Km.

Existe la posibilidad de que se haya formado una red de flujo de agua subterránea permanente en el tiempo y que está de alguna manera incidiendo en una mayor desestabilización del acantilado fluvial; ya que los procesos de erosión fluvial se inician en la base de este y se desarrolla hacia la parte superior.

Se ha efectuado una minuciosa evaluación en campo del área de estudio con la finalidad de identificar los afloramientos de agua subterránea comúnmente llamados “ojos de agua”, que permitan definir aproximadamente la cota del nivel freático en el subsuelo. Durante la ejecución de los trabajos de campo y en la inspección de las “calicatas” no se han encontrado afloramientos de agua subterránea a excepción de aquellas zonas en donde quedan definidas claramente ya que corresponden al mismo cauce del río, sus planicies de inundación y las cochas o aguajales.

De lo anterior se desprende que el nivel freático en el área de emplazamiento de la Ciudad de Puerto Maldonado corresponde a los niveles de agua del río Madre de Dios, por lo que en condiciones normales se encuentra a una profundidad mayor a 20.0 m. medida con respecto del terreno natural y existiría un flujo de agua subterránea a través de la ciudad que se da de Oeste a Este y que está condicionado por la presencia de material semipermeable en la base que corresponde al cauce del río.

3.2.5.- SISMICIDAD

En el Perú, la Cordillera Andina es un claro ejemplo de cordillera formada como resultado del proceso de subducción de una placa oceánica bajo la placa continental. Esta cordillera se extiende desde Venezuela hasta el sur de Chile y en el Perú presenta un ancho que oscila entre 250 Km. en la región central y 500 Km. en la región sur.

Desde el punto de vista estructural, la cordillera andina se divide en 05 zonas morfológicas paralelas a la fosa peruano chileno. De Oeste a Este se puede identificar las siguientes unidades:

- La Zona Costanera
- La Cordillera Occidental
- La Zona del Altiplano
- La Cordillera Oriental
- La Zona subandina

El Departamento de Madre de Dios se encuentra ubicado en la Zona Subandina, la que corresponde al Pie de Monte amazónico de los Andes, limitando al Oeste con la Cordillera Oriental y al Este con el escudo brasileño. La zona subandina tiene una anchura variable y una gruesa serie continental; la misma que varía de Norte (10 Km.) a Sur (5 Km.). Esta unidad presenta terrenos sedimentarios afectados por pliegues de gran longitud de onda.

Esta unidad al igual que las otras es producto de la subducción de la placa oceánica bajo la placa continental, proceso que ha originado un progresivo engrosamiento de la corteza y plegamiento de los sedimentos.

La evolución tectónica en Perú, se ha realizado acompañada de un proceso de deformación que ha generado en superficie la presencia de importantes sistemas de fallas. Estos sistemas, se distribuyen principalmente en los altos andes y en la zona subandina de Norte a Sur: sin embargo en el departamento de Madre de Dios no se tiene la presencia de ningún sistema de falla lo que se traduce en una baja actividad sísmica por factores netamente tectónicos.

De acuerdo a los datos telesísmicos de la Red Mundial para el periodo de 1970 a 1995 (Boletín del Nacional Earthquake Information Center, NEIC) se analiza las características de la actividad sísmica en el área de estudio, considerando únicamente sismos con magnitudes mayores a 4.0 mb., debido a que a partir de esta magnitud los errores en la localización y profundidad son menores.

Para este efecto, primero se procede a clasificar los sismos según la profundidad de su foco, de acuerdo a lo siguiente:

- | | |
|-------------------------------|--|
| - Sismos con Foco superficial | Profundidad focal menor a 60.0 Km. |
| - Sismos con Foco intermedio | Profundidad focal entre 60.0 Km. a 300.0 Km. |
| - Sismos con Foco profundo | Profundidad focal mayor a 300.0 Km. |

La escasa actividad sísmica que ha ocurrido cerca del área de estudio corresponde a sismos con foco profundo que se encuentra mayormente distribuidos en la parte oriental del Perú concentrada en la frontera Perú-Brasil (entre 19° y 11°S) siguiendo un lineamiento Norte-Sur aproximadamente y la segunda en la frontera Perú-Bolivia (entre 13° y 15°S) alineada horizontalmente en dirección Este-Oeste.

3.2.5.1.- HISTORIA SISMICA

Los pocos sismos ocurridos cerca del área de estudio corresponden a sismos con foco profundo con una profundidad focal mayor a 300.0 Km. y de una magnitud no mayor a 5.0 mb.; por lo que la historia sísmica es prácticamente nula y no se registran mayores daños por los sismos ocurridos en el departamento de Madre de Dios y en la ciudad de Puerto Maldonado.

3.2.5.2.- PELIGRO SISMICO

Según el Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú (Fuente: Dr. Jorge E. Alva Hurtado) en el área de estudio se pueden presentar sismos con intensidad hasta de V en la Escala de Mercalli Modificada (MM).

Según el Mapa de Zonificación Sísmica del Perú (Fuente: Norma E030 Diseño Sismorresistente) el área de estudio se encuentra en la Zona I, de actividad sísmica baja y con probabilidad de ocurrencia de sismos leves (IV a V en la Escala de Mercalli Modificada).

Según el Mapa de Isoaceleraciones Sísmicas del Perú para un 10% de excedencia durante una vida útil de 50 años y que se presenta en la **FIGURA Nº 02** (Fuente: Dr. Jorge E. Alva Hurtado), en el área de estudio se pueden presentar sismos con aceleraciones máximas hasta de 0.11 cm/s^2 . Este valor determina que el Peligro Sísmico en la ciudad de Puerto Maldonado sea Bajo.

3.2.5.3.- AMPLIFICACION SISMICA

Los Perfiles estratigráficos encontrados para la ciudad de Puerto Maldonado, determinan que la Formación Basal Madre de Dios predomina desde el nivel del terreno natural; que corresponde a conglomerados con clastos de arcilla y líticos que pasan gradualmente hacia el tope a limos y arcillas compactas a muy compactas.

Este perfil corresponde a la de un Suelo Intermedio según la Norma E 030 - Diseño Sismorresistente (Amplificación Sísmica Media), por lo que los parámetros locales que se deben tomar en cuenta en el diseño sísmico son los siguientes:

- Periodo predominante del Suelo : 0.6 Segundos
- Factor de amplificación del Suelo : 1.20

3.2.6.- GEODINAMICA EXTERNA

Debido a la erosión fluvial que ejerce sobre sus márgenes, el río Madre de Dios y el Tambopata; éstos se ensanchan en medio de la llanura, formando islas, caños, esteros, cárcavas, deslizamientos, cochas y zonas inundadas interiores.

La identificación de áreas con actividad geodinámica externa, se ha realizado en base a trabajos de campo, que han consistido en la evaluación de las diferentes unidades geomorfológicas, unidades litológicas y los diversos procesos geodinámicos a los que se encuentran sujetos, definiendo como zonas críticas aquellas ubicadas en el denominado Meandro Este y Meandro Oeste del río Madre de Dios y Meandro del río Tambopata, cuya actividad geodinámica externa predominante está relacionada al sistema meandriforme de los ríos, tal como se describe a continuación:

a).- Meandro Este

El río Madre de Dios en esta zona ejerce una gran erosión marginal y forma gran escarpas, barrancos de erosión fluvial y cárcavas; entre las que destacan: Jr. Cusco-Puno, El Balcón, Cuartel, Orquídeas, Puerto Chipre, Parque Ruiz entre otras.

El río Madre de Dios luego de unirse con el río Tambopata que es su afluente sigue una dirección hacia el Este. Al frente de las Orquídeas constituye una amplia playa de gran curvatura en los frentes de acresión lateral, formando depósitos de arena y limos (Point Bar), las mismas que se forman por migraciones temporales de los sedimentos transportados en épocas de avenidas, cuando estos pierden su velocidad de flujo para formar una sedimentación progresiva en forma de barras de punta, siendo estas formas apreciadas y diferenciándose sus partes tales como: cabeza, cuerpo y cola; las barras que se forman en el meandro ocupan la margen cóncava del río, tomando forma de media luna.

Estratigráficamente en la zona de Puerto Maldonado afloran los sedimentos de la formación Madre de Dios, que se observa a lo largo de los cortes de cárcavas, barrancos y escarpas de erosión.

b).- Meandro Oeste

Este meandro se forma en las inmediaciones del Puerto La Pastora hasta Castañuelas con una gran actividad geodinámica debido a procesos de erosión fluvial, cárcavas e inundaciones. El meandro sigue una dirección predominante de Sur a Norte y sus principales Barrancos y Cárcavas son denominadas Brombus, Petro Perú y Puerto La Pastora.

El frente de erosión se presenta en el talud de la zona exterior-convexa del meandro causando una intensa erosión marginal y lateral del talud, originando deslizamientos y avance frontal de erosión fluvial, esto es incrementado por la erosión de cárcavas de las aguas de escorrentía superficial.

c).- Meandro del río Tambopata

La parte exterior del meandro del río Tambopata, desde el punto de vista de la sedimentología de los ríos, corresponde a un sistema fluvial de tipo meandriforme originando una erosión marginal que origina barrancos de erosión fluvial y cárcavas, siendo las zonas de mayor actividad geodinámica las siguientes zonas: Puerto Tambopata y Barranco de Tambopata – Candamo.

En los meandros antes citados la mayor actividad geodinámica se desarrolla en las veinte cárcavas existentes y que se encuentran ubicadas a lo largo de éstos. A continuación se hace una descripción sucinta de las cárcavas más importantes:

a).- Cárcava Las Orquídeas del Meandro Este

En el corte de la cárcava Las Orquídeas se ha elaborado una estratigrafía secuencial, donde se ha determinado que la capa inferior denominada la Inidad I está conformado por conglomerado basal de clastos de cuarcita redondeados, en una matriz arenosa, cementado por hematita, de color

pardo rojizo, intercalados con capas de arenas de grano fino, limosos, también presentan niveles de arcilla orgánica de color gris medio a oscuro de composición orgánica turbácea, arcillas rojas ferruginosas hematíticas correspondiente a antiguos pantanos, en la parte superior la Unidad II corresponde a capas de arcilla limosa roja con intercalaciones de arcillas grises y niveles de arenas limosas.

La capa inferior de conglomerados tiene buena resistencia mecánica y a la erosión marginal.

La canalización central contra la erosión vertical, ha detenido la profundización del cauce de la quebrada y evita la inestabilidad de los taludes laterales pero se tiene erosión regresiva de cárcavas laterales generando pequeños deslizamientos.

La erosión marginal en aguas ordinarias es contrareestado por la capa del conglomerado basal altamente cementado con hematita, pero si los niveles son extraordinarios alcanzan a los niveles arenosos de alta friabilidad, deleznable y de alta erosionabilidad; que es donde se inicia el proceso de corrimiento lateral de la escarpa y que es agudizado por los procesos de erosión en surcos y cárcavas que se dan en época de lluvias intensas.

El tratamiento de la cárcava Las Orquídeas se ha efectuado contra la canalización a base de sacos de concreto de las siguientes dimensiones 0,90 x 0,60 x 0,15 m.

b).- Cárcava El Balcón – Dos de Mayo

Es una cárcava formada por acción erosiva marginal del río que ha originado deslizamiento y desprendimiento de masas de suelo; en el talud escarpado del río Madre de Dios y que tiene una altura aproximada de 20.00 m. de altura

Se ha determinado que en la parte basal se encuentra un conglomerado cementado por óxidos de hierro denominado como la Unidad I, interestratificado con capas de arena fina a media con paleo microcanales de grava fina y paleo canales gruesos de grava media, niveles de arcilla orgánica que corresponde a un medio palustre de color gris medio a oscuro, en la parte superior se encuentra la Unidad II una capa de arcilla limosa denominado y finalmente la capa orgánica y vegetal en la parte superior.

c).- Cárcava PETROPERU del Meandro Oeste

Se encuentra a la altura de las instalaciones de Petro Perú, en los cortes de la quebrada se observa una erosión marginal, de cárcavas y surcos que han generado deslizamientos y desprendimiento de masas de suelo; el talud escarpado por la erosión fluvial del río Madre de Dios tiene una altura aproximada de 23.00 m.

Estratigráficamente presenta una secuencia inferior denominada Unidad I que esta constituido por capas de arenas con microconglomerados, grava arenosa, cuyos clastos de la grava son de cuarcita redondeada, como clasto mayor 0.035 m de diámetro, niveles de arena fina gris clara; la

Unidad II está constituida por arcilla limosa roja, con intercalaciones de limo y algunos niveles de arcillas.

La mayor actividad geodinámica externa en el área que comprende la ciudad de Puerto Maldonado se debe a la formación de surcos de agua por la presencia de lluvias intensas y que paulatinamente se convierten en cárcavas al desfogar las aguas de escorrentía pluvial hacia el río Madre de Dios, a través de un acantilado de una altura no menos de 20.0 m. y que origina altas velocidades del flujo de agua (No menos de 3.0 m/s) y una profundización del surco inicialmente formado. En aquellas zonas por donde se evacúa el flujo de agua hacia el río ya sea en forma natural o dirigida por el hombre, se ha dado origen a una cárcava que viene avanzando regresivamente y lo seguirá haciendo si es que no se realizan acciones correctivas destinadas a disminuir los intensos procesos erosivos que se producen en la descarga libre del agua al río Madre de Dios.

El río Madre de Dios es una cuenca sedimentológica de la mayor importancia que tiene un curso navegable, con un ancho medio de 250.00 m. y una profundidad media de 50.00 m.. Debido a lo plano y bajo de las tierras que recorre el río se ensancha en medio de la llanura, formando islas, caños, esteros, lagunas y zonas inundadas interiores; en donde la de mayor importancia por su magnitud y recurrencia, corresponde a la zona denominada Pueblo Viejo que en menos de 50 años se ha inundado totalmente hasta en 04 oportunidades y que determina una zona de alto peligro y sobre la cual se deben aplicar las acciones correctivas del caso.

Las inundaciones están controladas por la sedimentología y geodinámica del río Madre de Dios, relacionados al comportamiento fluvial del río en los meandros y principalmente a las Terrazas T1 en aguas ordinarias y Terrazas T2 en inundaciones extraordinarias.

Los acantilados de las terrazas fluviales en los meandros antes citados, son más susceptibles a deslizamientos y colapso ante la ocurrencia de un sismo.

En el **PLANO Nº 05** se muestra la identificación de zonas sujetas a actividad geodinámica externa importante, en la ciudad de Puerto Maldonado.

Las áreas de mayor actividad geodinámica externa son:

- Las Terrazas T1 que se encuentran en las inmediaciones a la parte cóncava del denominado Meandro Este y Oeste del río Madre de Dios, el Meandro del río Tambopata y la confluencia del río Madre de Dios y Tambopata (Pueblo Viejo) sobre las cuales se producen erosiones fluviales e inundaciones desde las zonas de erosión meándrica hasta el embarcadero de los Puertos Pastora, Capitanía y Tambopata, con erosión en la escarpa fluvial de la planicie donde se asienta la ciudad de Puerto Maldonado
- Las veinte cárcavas activas de la ciudad de Puerto Maldonado y que se ubican a lo largo de los Meandros Este y Oeste de Puerto Maldonado y el meandro del río Tambopata y que representan el mayor problema de actividad geodinámica externa que enfrenta la ciudad.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA Nº 03

UBICACION : Cárcava El Balcón – Dos de Mayo

COORDENADAS UTM :
479,863 m. Este
8'609,262 m. Norte

ALTITUD : 180.00 m.s.n.m.

NIVEL FREATICO : Nivel de aguas del río Madre de Dios

TIPO DE CORTE : Cárcava natural

PROFUNDIDAD DEL CORTE : 19.00 m.

PROF.	COLOR	GRAFICA	ARENAS (%)	ENERGIA (cms)	DESCRIPCION LITOLOGICA	ESTRATO	ESPESOR	U	Fm	E
0.00					Suelo vegetal	a	0.35	O	T	R
0.35										
0.35					Arcilla limosa roja	b	2.40	I		Qs
2.75					Limo arcilloso	c	0.70	I		Qs
3.45										
3.45					Arcilla limosa roja	d	2.65	I		Qs
6.10										
6.10					Limo arcilloso	e	1.10	I		Qs
7.20										
7.20					Gravas (50%) en una matriz arenosa (50%), redondeados de Cuarzita diám. > 0.04 m.	f	2.60	II		Qs
9.80										
9.80					Arena gravosa de grano creciente	g	0.40	II		Qs
10.20										
10.20					Arena limosa	h	0.20	II		Qs
10.40										
10.40					Grava arenosa	i	2.70	II		Qs
13.10										
13.10					Arena grano fino gris oscura con oxidaciones	j	0.30	III		Qs
13.40										

MADRE DE DIOS

COLUMNA ESTRATIGRAFICA N° 03

UBICACION : Cárcava El Balcón – Dos de Mayo

COORDENADAS UTM :
479,863 m. Este
8'609,262 m. Norte

ALTITUD : 180.00 m.s.n.m.

NIVEL FREATICO : Nivel de aguas del río Madre de Dios

TIPO DE CORTE : Cárcava natural

PROFUNDIDAD DEL CORTE : 19.00 m.

PROF.	COLOR	GRAFICA	ARENAS (%)	ENERGIA (cms)	DESCRIPCION LITOLOGICA	ESTRATO	ESPEJOR	U	Fm	E
13.40					Arena pardo rojiza con intercalaciones de arcilla gris clara	k	0.25	III	MADRE DE DIOS	Qs
13.65										
13.65					Arena pardo amarillento moderadamente cementado	l	0.45	III		Qs
14.10										
14.10					Arcilla gris clara	m	1.30	IV		Qs
15.40										
15.40					Arena grano medio moderadamente cementado	n	2.40	IV		Qs
17.80										
17.80					Arcilla gris clara	o	1.20	IV	Qs	
19.00										

3.3.- GEOTECNIA

3.3.1.- INVESTIGACION DE CAMPO

Las 10 “calicatas” aperturadas en el año 2006 se han ubicado estratégicamente, tomando en cuenta la información geológica y aquellas zonas en donde sea posible validar, complementar y extrapolar la información geotécnica existente, para así extenderla a toda el área de estudio y aquellas zonas de probable expansión urbanística (Áreas I y II).

La ubicación de las 10 “calicatas” realizadas para el presente Estudio (Año 2006) y las 30 que fueron aperturadas para los estudios previos en el año 2005, se presenta en el **PLANO N° 06**.

Asimismo, para determinar el Perfil estratigráfico del acantilado fluvial en el río Madre de Dios se ha utilizado dos cortes naturales; ambos ubicados sobre la margen derecha del Meandro Oeste y Este; en Puerto Pastora y en la Cárcava Nuevo Amanecer, respectivamente.

La exploración de suelos no sólo se ha limitado a puntos específicos en donde se haya tenido una “calicata” sino también, se ha extendido a toda el área de estudio, mediante el uso de un GPS Navegador para dar posición a cortes naturales o artificiales que en la fecha de elaboración de los trabajos de campo se encontraban visibles, los cuales han permitido identificar el tipo y características cualitativas del suelo, por medio de una auscultación visual y manual.

En las “calicatas” aperturadas se ha efectuado la toma de muestras de los estratos que conforman el subsuelo. Debido a que los suelos encontrados en la ciudad de Puerto Maldonado son finos, del tipo Arcilloso a Limo-Arcilloso, es que se ha extraído muestras inalteradas en Tubos **(mit)**.

3.3.2.- ENSAYOS DE LABORATORIO

Los resultados obtenidos en los ensayos de Laboratorio de Suelos a las muestras extraídas en cada una de las “calicatas” aperturadas, se presentan en el **ANEXO N° 01**.

Los parámetros físicos y mecánicos del suelo de cimentación del **ANEXO N° 01** y los obtenidos en los estudios previos desarrollados el año 2005, son los siguientes:

- Clasificación SUCS.
- Humedad natural.
- Densidad natural húmeda y seca.
- Límites de Atterberg: Límite líquido, Límite plástico e Índice de plasticidad.
- Límite de Contracción
- Peso específico las partículas sólidas.
- Parámetros de esfuerzo-deformación: Angulo de fricción interna y cohesión aparente para condiciones críticas a corto plazo.

- Parámetros de Consolidación unidimensional: Presión de preconsolidación, Índice de compresión e Índice de expansión para condiciones críticas saturadas
- Potencial de expansión;

los cuales se se presentan resumidamente en el **CUADRO N° 01**.

3.3.3.- CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Como resultado de las investigaciones de campo y laboratorio, así como trabajos de gabinete con uso de la información topográfica disponible se ha desarrollado la zonificación de clasificación de suelos según el Sistema Unico de Clasificación de Suelos (SUCS) para el área de estudio, tal como se presenta en el **PLANO N° 07**.

La mayor parte de la ciudad de Puerto Maldonado se encuentra asentada sobre suelos arcillosos inorgánicos de baja a media plasticidad (CL), de consistencia suave a media. Se trata de suelos residuales ligeramente húmedos de la Formación Madre de Dios. En algunos sitios aislados se tiene suelos arcillosos de alta plasticidad (CH), de consistencia suave a muy suave, muy húmedos a saturados.

En aquellas zonas de la ciudad que se encuentran sujetas a procesos de inundación permanente y deposición de sedimentos finos provenientes del arrastre de los ríos Madre de Dios y Tambopata; se tienen suelos desde Limosos a Arenos-Limosos (ML, SM), de baja a media plasticidad, de consistencia suave, ligeramente húmedos a saturados; como es en la planicie de inundación de la margen izquierda del río Tambopata antes de su confluencia con el río principal (Barrio Pueblo Viejo, Puerto Tambopata, etc.) y en la planicie de inundación sobre el Meandro Oeste a la altura del Puerto Pastora.

El área que se encuentra fuera de la ciudad de Puerto Maldonado y de sus zonas de expansión urbanística, se encuentra cubierta de suelos provenientes de depósitos fluviales recientes y antiguos con vegetación propia de la Selva Baja: Arcillas inorgánicas, Limos inorgánicos y Arenas limosas de baja a media plasticidad (CL, ML, SM), de consistencia suave a media, muy húmedos a saturados.

3.3.4.- CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS

Con la información colectada anteriormente se efectúa el cálculo de la capacidad portante de los suelos del área de Estudio, tomando en cuenta los procedimientos geotécnicos usuales y el criterio ingenieril, común en este tipo de análisis.

El cálculo de la capacidad portante está basado en el conocimiento que se tiene de las propiedades geomecánicas de las unidades geológicas y suelos determinadas con base a la

información antes descrita y en la interpretación realizada; el cual, se efectuará utilizando la Teoría de Meyerhof para la obtención de la capacidad de carga última por falla al corte del suelo de cimentación sobre el cual se asienta una zapata aislada. ⁽¹⁾

El cálculo de capacidad de carga admisible se ha efectuado para un tipo de edificación urbana, que corresponde a una casa-habitación de hasta 03 niveles sobre un área total de 160 m² a 200 m² y que transmite al suelo de cimentación una carga máxima de 30.0 Tn. por zapata.

Por la altura del edificio y las características geomecánicas típicas del suelo de cimentación de la ciudad de Puerto Maldonado; se determina una profundidad de cimentación mínima de 1.00 m. y dimensión mínima de la zapata cuadrada aislada igual a 1.40 m.

Los parámetros geomecánicos del suelo de cimentación necesarios para la determinación de la capacidad portante y que se encuentran involucrados en la Teoría de Meyerhof; se refieren al peso volumétrico del suelo de cimentación por debajo y por encima del nivel de cimentación y a los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante tales como el ángulo de fricción interna y la cohesión aparente, para la condición crítica a corto plazo.

Los valores de peso volumétrico seco, saturado y sumergido se obtienen de los valores presentados en el **CUADRO Nº 01**. Con los parámetros de resistencia máxima al esfuerzo cortante obtenidos para los suelos de 05 "calicatas"; es que se ha determinado para cada uno de los puntos de investigación, valores del ángulo de fricción interna y la cohesión aparente, debiendo precisar que estos se han tomado de manera conservadora.

La capacidad de carga admisible por falla al corte o capacidad portante se ha calculado para la probabilidad de ocurrencia de una falla de tipo "general", "local" o "intermedia" en función a su densidad relativa y considerando un factor de seguridad igual a 3; para el caso de zapatas aisladas en las cuales la presión actuante es igual a la capacidad portante.

El cálculo ha sido efectuado para el suelo de cimentación promedio de cada uno de los puntos de investigación y sus resultados se presentan en el **CUADRO Nº 02**.

Con la finalidad de estimar el asentamiento en el suelo de cimentación de Puerto Maldonado que corresponde a una arcilla (CL,CH), se ha procedido a determinar el asentamiento de una zapata cuadrada asentada sobre suelo cohesivo, tomando en cuenta la situación geológica desfavorable existente dentro del área de estudio que corresponde a tener una matriz arcillosa de baja a media compresibilidad, en condiciones saturadas y en estado preconsolidado; utilizando para tal efecto, las fórmulas dadas en la Teoría de Consolidación Unidimensional desarrollada por Karl Terzaghi⁽²⁾.

De acuerdo a los valores presentados en el **CUADRO Nº 01**, para el suelo del área de estudio (CL, CH), se tiene los siguientes parámetros:

- Índice de compresión = 0.228
- Índice de expansión = 0.019
- Carga de Preconsolidación = 1.040 Kg/cm²
- Densidad natural seca = 1.50 Tn/m³
- Humedad natural = 21.30%
- Densidad natural húmeda = 1.820 Tn/m³
- Relación de vacíos = 0.790
- Gravedad Específica de los sólidos = 2.69
- Ancho de la zapata = 1.40 m.
- Presión transmitida al terreno = 1.50 Kg/cm²
- Presión inicial de confinamiento = 0.44 Kg/cm²
- Carga de la estructura = 30 Tn.
- Profundidad de cimentación = 1.00 m.
- Asentamiento total permisible = 2.5 cm.

De la aplicación de las fórmulas de asentamiento en suelos arcillosos preconsolidados con los datos anteriores, se obtiene que para una presión actuante promedio de 1.50 Kg/cm² y una profundidad de cimentación de 1.00 m. el asentamiento total es igual a 0.90 cm., por lo que la capacidad portante establecida anteriormente para los suelos de la ciudad de Puerto Maldonado es conforme.

Con los valores de capacidad portante obtenidos en cada punto de investigación y ploteados adecuadamente en el Plano Topográfico Base; se ha desarrollado una zonificación que toma en cuenta las formaciones geológicas existentes, la zonificación de suelos según SUCS, la presencia del agua subterránea y el criterio ingenieril en cuanto al trazado de curvas de iguales valores de capacidad portante. Este trabajo se ha efectuado para el caso de zapatas cuadradas aisladas con ancho mínimo de 1.40 m., cimentadas a una profundidad de 1.00 m. y con una carga máxima de 30 Tn. y cuyo resultado se presenta en el **PLANO N° 08**.

De acuerdo a los resultados presentados tanto en el **PLANO N° 04**, **PLANO N° 07** como en el **PLANO N° 08**, se desprende lo siguiente:

En aquellas zonas donde se encuentra predominantemente suelos arcillosos inorgánicos de baja a media plasticidad (CL), de consistencia media, ligeramente húmedos, residuales de la formación Madre de Dios, con nivel freático profundo; como las que se ubican desde la parte central (A la altura del cuello del Meandro) hacia el sur de la ciudad de Puerto Maldonado hasta el Aeropuerto (Area de Expansión I) la capacidad portante está entre 1.50 Kg/cm² a 2.00 Kg/cm².

En aquellas zonas donde se encuentra predominantemente suelos arcillosos inorgánicos de baja a alta plasticidad (CL, CH) y arenas limosas (SM), de consistencia media, ligeramente húmedos, residuales de la formación Madre de Dios, con nivel freático profundo; como las que se ubican desde la parte central (A la altura del cuello del Meandro) hacia el norte de la ciudad de Puerto Maldonado hasta poco más de la Av. Costanera Norte (Area de Expansión II) la capacidad portante está entre 1.00 Kg/cm^2 a 1.50 Kg/cm^2 .

En aquellas zonas donde se encuentra predominantemente suelos arcillosos y limosos inorgánicos de baja a media plasticidad (CL, ML), de consistencia suave a muy suave, muy húmedos, que provienen de depósitos de origen sedimentario recientes, con nivel freático eventualmente dentro de la zona activa de presiones; como las que se ubican en la planicie de inundación sobre la margen izquierda del río Tambopata antes de su confluencia con el río Madre de Dios y el Asentamiento Humano El Triunfo, la capacidad portante es igual a 1.00 Kg/cm^2 .

Aquellas zonas que se encuentra fuera de la ciudad de Puerto Maldonado y están cubiertas por suelos provenientes de depósitos fluviales recientes y antiguos, tales como arcillas, limos y arenas limosas, de consistencia suave a media, muy húmedos a saturados; la capacidad portante es de 0.75 Kg/cm^2 a 1.00 Kg/cm^2 .

3.3.5.- POTENCIAL DE EXPANSION Y COLAPSO DE LOS SUELOS

Para efectos de estimar el potencial de expansión de los suelos del área de estudio en base a la información colectada en las Fases de Campo y Laboratorio, se ha tomado en cuenta las clasificaciones basadas en las propiedades índices y parámetros de clasificación usuales para suelos arcillosos, tales como: Límite Líquido, Límite Plástico, Índice de Plasticidad, Humedad Natural, Límite de Contracción y Contracción Líneal, los resultados del Ensayo de Potencial de Expansión; así como en las condiciones geológicas y climatológicas propias de la ciudad de Puerto Maldonado.

Las clasificaciones que se han utilizado son las siguientes:

- Holtz y Gibbs (1956): Clasificación basada en el contenido coloidal, Índice de plasticidad y Límite de contracción.
- Altmeyer (1955): Clasificación basada en el Límite de contracción y Contracción líneal
- Chen (1956): Clasificación basada en el Porcentaje que pasa la Malla N° 200, Límite Líquido y Resistencia a la penetración estándar (SPT)
- Snethen et al (1977): Clasificación basada en el Límite líquido, Índice de plasticidad y Succión "in situ"
- Vijayvergiya y Ghazzaly (1973): Clasificación basada en la Humedad natural y Límite líquido.
- Cuellar (1978): Clasificación basada en la Humedad natural y Límite plástico.

Para efectos de estimar el potencial de colapso de los suelos del área de estudio en base a la información colectada en las Fases de Campo y Laboratorio, se ha tomado en cuenta la Clasificación basada en la Densidad natural seca y el Límite Líquido⁽³⁾; así como en las condiciones geológicas y climatológicas propias de la ciudad de Puerto Maldonado.

Tomando en cuenta los valores dados en el **CUADRO Nº 01** y las Clasificaciones antes indicadas es que se ha estimado el potencial de expansión y colapso para cada uno de los puntos de investigación de la ciudad de Puerto Maldonado tal como se presenta en el **CUADRO Nº 03**; y del cual se desprende que no hay presencia de suelos colapsables ni expansivos; sin embargo, existen algunas zonas puntuales de la ciudad, en las cuales podría darse la posibilidad de cambios volumétricos por variación en el contenido de humedad; pero por tratarse de casos aislados y manejables con un tratamiento particular cuando se requiera, no representan mayor problema en general para el área de la ciudad.

3.3.6.- ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

Para el área de estudio se ha elaborado una zonificación geotécnica tomando en cuenta las características siguientes:

- Geología
- Geomorfología
- Presencia de nivel freático
- Amplificación de las ondas sísmicas
- Falla por corte y asentamiento del suelo (Capacidad Portante)
- Cambios de volumen por cambios en el contenido de humedad
- Potencial de expansión
- Potencial de colapso

Dicha zonificación se presenta en el **PLANO Nº 09** y comprende la presencia de hasta 05 tipos de zonas en función de las características antes citadas, de acuerdo a la descripción siguiente:

ZONA I : Asentada sobre suelos arcillosos inorgánicos de baja a media plasticidad, residuales de la formación Madre de Dios, terrenos de pendiente muy suave a suave (0° a 10°), con regular capacidad portante (1.50 Kg/cm^2 a 2.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo potencial de expansión y colapso y nivel freático profundo (Mayor a los 10.0 m.). Se ubica desde la parte central (A la altura del cuello del Meandro) hacia el sur de la ciudad de Puerto Maldonado hasta el Aeropuerto (Area de Expansión I).

ZONA II : Asentada sobre suelos arcillosos inorgánicos de baja a alta plasticidad, residuales de la formación Madre de Dios, terrenos de pendiente muy suave (0° a 5°), con regular capacidad

portante (1.00 Kg/cm^2 a 1.50 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo potencial de expansión y colapso y nivel freático profundo (Mayor a los 10.0 m.). Se ubica desde la parte central (A la altura del cuello del Meandro) hacia el norte de la ciudad de Puerto Maldonado hasta poco más allá de la Av. Costanera Norte (Area de Expansión II).

ZONA III : Asentada sobre suelos arcillosos y limosos inorgánicos de baja a media plasticidad provenientes de formaciones sedimentarias recientes, terrenos de pendiente muy suave (0° a 5°), con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo potencial de expansión y colapso y nivel freático superficial a poco profundo (Entre 0.0 m. a 5.0 m.). Se ubica sobre las planicies de inundación de la margen izquierda del río Tambopata antes de su confluencia con el río Madre de Dios agua arriba del Puerto Pastora y en sitios de la ciudad con presencia de nivel freático superficial (Zona de humedales y cauce de quebradas).

ZONA IV : Asentada sobre suelos arcillosos y limosos inorgánicos de baja a media plasticidad provenientes de formaciones sedimentarias recientes, terrenos de pendiente muy suave a suave (0° a 10°), con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo potencial de expansión y colapso y nivel freático superficial a poco profundo (Entre 0.0 m. a 5.0 m.). Se ubica sobre la planicie de inundación de la margen izquierda del río Madre de Dios antes de su confluencia con el río Tambopata (Zona donde se asienta El Triunfo y sus áreas de expansión urbana).

ZONA V : Asentada sobre suelos de Depósitos Fluvioaluviales recientes y antiguos (Terrazas bajas inundables) cubiertos por vegetación propia de la Selva Baja: Arcillas inorgánicas, Limos inorgánicos y Arenas Limosas de baja a media plasticidad, terrenos de pendiente muy suave (0° a 5°), con baja a regular capacidad portante (0.75 Kg/cm^2 a 1.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo potencial de expansión y colapso y nivel freático eventualmente superficial a poco profundo (Entre 0.00 m. a 5.0 m.). Se ubica fuera del área de la ciudad de Puerto Maldonado.

3.4.- HIDROLOGIA

3.4.1.- DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES CURSOS DE AGUA

La Ciudad de Puerto Maldonado se ubica entre los ríos Madre de Dios y Tambopata. El primero rodea la ciudad llegando a aproximarse en dos zonas (Noroeste y Noreste de la Ciudad), mientras que el río Tambopata, constituye el límite de la parte sureste de la Ciudad (**LAMINA Nº 01**).

El río Madre de Dios se aproxima a la ciudad de Puerto Maldonado por el lado Noroeste (Puerto La Pastora), luego haciendo un flujo curvo hacia el norte se aleja, después de un recorrido meándrico de aproximadamente 30 Km, retorna hacia la ciudad por el lado Noreste para nuevamente alejarse con dirección Este, hacia territorio Boliviano. En el recorrido meándrico ($L \approx$

30 Km), al norte de la ciudad de Puerto Maldonado, recibe las aguas del río Las Piedras, importante tributario del Madre de Dios.

a).- Cuenca del río Madre de Dios

El río Madre de Dios pertenece a la vertiente del Océano Atlántico, y constituye un importante tributario del río Amazonas. Es el principal curso de agua dentro del departamento del mismo nombre. El río tiene características meándricas, pero su principal curso es de Oeste a Este, y cruza por la mitad de la geografía del departamento de Madre de Dios (**LAMINA Nº 02**).

El río Madre de Dios hasta el puerto la Pastora tiene un área de cuenca de 55,012 Km², tiene como orígenes 5 ríos principales: El Manu, Los Amigos, El Alto Madre de Dios, el río colorado y el río Inambari. El primero nace en el límite del departamento de Cuzco y Madre de Dios, y toda su área se encuentra en una zona tropical. El río Los Amigos constituye el 6 % del área de la Cuenca del río Madre de Dios (320 Km²) y está ubicado completamente dentro del departamento de Madre de Dios. Mientras que los otros afluentes tienen su origen en la cordillera oriental del sur del país, en los nevados del Carabaya y Auzangate

En las márgenes del río, se han implementado tres Puertos de navegación fluvial: El primero, denominado Puerto "La Pastora", ubicado hacia el Noroeste de la Ciudad. El segundo Puerto o embarcadero turístico, cuya infraestructura fue construida el año 2002, con fines turísticos. Finalmente el Puerto denominado Capitanía, constituye el Puerto más empleado y se ubica al Este de la ciudad antes de la confluencia con el río Tambopata, a 350 m. aproximadamente aguas abajo del embarcadero turístico.

Al referirnos a la cuenca del río Madre de Dios en su interacción con la ciudad de Puerto Maldonado, se deberá distinguir la sección y/o ubicación, pues la sección en el Puerto La Pastora no incluye la cuenca del Río Las Piedras, mientras que la sección en el Puerto Capitanía o sección del Cuartel del Ejército, incluye esta importante área.

La forma de la cuenca del río Madre de Dios es alargada e irregular, con ríos tributarios de gran recorrido; ello se refleja en un alto valor del índice de compacidad. Por lo que habría que asumir menores oportunidades de crecientes. **CUADRO Nº 04.**

b).- Cuenca del río Las Piedras

El río Las Piedras constituye el principal afluente del río Madre de Dios, se une a este último a mitad del recorrido que hace entre el puerto La Pastora y Puerto Capitanía. La cuenca tiene un área de 20,770 Km² y constituye el 27 % de la cuenca del río Madre de Dios. El río tiene características meándricas, pero la dirección principal del flujo es de Noreste a Suroeste.

La cuenca del río Las Piedras tiene una forma muy alargada, lo que hace, que la respuesta de las precipitaciones sea tardía.

La cuenca del río Las Piedras nace en el sector denominado Sungaro, en el límite entre los departamentos de Ucayali y Madre de Dios, toda la cuenca pertenece a zona boscosa tropical de densa vegetación, en donde las lluvias se presentan a lo largo de todo el año, siendo altas en los meses de octubre a abril.

c).- Cuenca del río Tambopata

El río Tambopata constituye el segundo afluente más importante del Madre de Dios, se une a este último a 700 m. aguas abajo del Puerto Capitanía. Su curso tiene características meándricas, pero la dirección principal del flujo discurre hacia el Noreste

El río Tambopata se forma con la unión de los ríos Carama y Tambopata Alto, el primero que nace en el límite entre los departamentos de Puno y Madre de Dios, pertenece a una cuenca tropical, mientras que el río Tambopata Alto, nace en el Departamento de Puno, en niveles correspondientes a la región Rupa-Rupa o Selva Alta. Desde las nacientes hasta la desembocadura en el río Madre de Dios, drena una cuenca de 13,521 Km².

Lo que se describe a continuación no son exactamente cursos de agua permanente, sino flujo intermitentes pero de grandes magnitudes, que ocasionan el mayor peligro en la ciudad en su interacción con los Ríos. En los últimos años, la ciudad de Puerto Maldonado, viene experimentando la formación acelerada de cárcavas. Estas se han originado como pequeños surcos, que apenas se mostraban en el terreno y con el paso del tiempo, y debido a la escorrentía superficial de agua de lluvia, fueron ampliándose tanto en área como en profundidad, llegando a constituir el principal problema para la ciudad (**LAMINA Nº 03**). Actualmente algunas de las cárcavas están dentro de la clasificación de cárcavas grandes, Alves (1978) y están fuera de control. Entre las principales cárcavas tenemos:

a).- Cárcava Herrera

Se ubica aguas arriba del Puerto Tambopata, a 1.2 Km aproximadamente. Se trata de una de las cárcavas más grandes y debe ser considerada como quebrada. Su cauce se ha ido prolongando en tres quebradas, llegando hasta la zona denominada La Joya, cruza la carretera a Chonta y llega a las proximidades del Terminal Aéreo. Uno de los ramales conecta a la laguna artificial, ubicada en la zona Oeste de la Ciudad (**Ver Fotografías Nº 01 y Nº 02 del Panel Fotográfico**).

El tratamiento de esta cárcava debe ser inmediata, a fin de evitar se siga abriendo la brecha y pueda conectarse el Río Tambopata con el Madre de Dios. Además, en su incremento de las dimensiones, trae al colapso viviendas asentadas en las márgenes.

b).- Cárcava Tambopata

La cárcava se ubica aguas arriba del Puerto Tambopata, y evacua las aguas pluviales precipitadas sobre un área de 1.9 Km². La longitud de su cauce llega a 365 m, con anchos promedio de 61 m. y alturas de 23 m., por lo que debe tomarse como quebrada.

Debido a las constantes lluvias, actualmente ha comprometido importante infraestructura pública, como el colector de evacuación de aguas servidas del hospital Santa Rosa que hoy se encuentra en riesgo de colapso, así mismo 2 cuadras de la prolongación Av. León Velarde están expuestas al deslizamiento y la base del sistema de tratamiento de la cárcava se encuentra expuesta al colapso.

En las márgenes de la quebrada existen 27 viviendas construidas de material noble y madera que están en riesgo inminente de colapso y otras 12 se encuentran comprometidas al desborde. Las condiciones de habitabilidad son inapropiadas, en temporadas de lluvia la población vive en zozobra y riesgo físico permanente. La cárcava ha llegado a formar dos ramales y llegan hasta las avenidas Ernesto Rivero y María Fakhyd Vda. de Herrera (**Ver Fotografías N° 03 y N° 04 del Panel Fotográfico**).

c).- Cárcava Camal Municipal de Pueblo Viejo

Constituye la principal cárcava dentro de la zona denominada Pueblo Viejo, se extiende paralelo a la Calle Los Pioneros (Pueblo Viejo), esta cárcava se ubica a 600 m antes de la confluencia del Río Tambopata en el Madre de Dios, recibe las aguas pluviales precipitadas sobre un área de 0.3 Km².

d).- Cárcava Muyuna (4º Cuadra del Jr. Cuzco)

Se ubica en las márgenes del río Madre de Dios a 1 Km. aguas arriba de la confluencia con el río Tambopata, actualmente se extiende hasta el Jr. Cuzco (4ta cuadra). Esta cárcava concentra los flujos de una cuenca de 0.5 Km². Los caudales que se han presentado en esta cárcava han superado la capacidad de las estructuras construidas. Los canales de evacuación y emisores han quedado dañados por partes (**Ver Fotografías N° 05 y N° 06 del Panel Fotográfico**).

e).- Cárcava del Cuartel del Ejército

Se ubica en el río Madre de Dios a 300 m. aguas arriba de la cárcava Muyuna, su cauce se extiende hasta el Jr. Cuzco atravesando terrenos del Cuartel del Ejército. Esta cárcava no solo viene avanzando en área y profundidad sino también contribuye a la erosión de la ribera del Río, como se muestra en las **Fotografías N° 07 a N° 10 del Panel Fotográfico**.

La cárcava recibe las aguas pluviales precipitadas sobre un área de 0.85 Km².

f).- Cárcava Balcón (2 de Mayo)

Se ubica aguas arriba de la cárcava de cuartel del Ejército. Se extiende entre el Jr. José María Grain y la Av. La Cultura, hasta la Av. Dos de Mayo. Recibe las aguas pluviales de un área de 1.2 Km². A pesar de los sistemas de protección realizadas con Bolsacretos, no fue posible contener el avance, en el último año llegó a cruzar a la Av. Dos de Mayo (**Fotografías N° 11 a N° 13 del Panel Fotográfico**).

g).- Cárcava Nuevo Amanecer

Se ubica aguas arriba de la cárcava Balcón (2 de Mayo), a 1 Km aproximadamente, y se extiende hasta la Av. Las Chimicuas. El flujo principal de esta cárcava es de Suroeste a Noreste, dirección opuesta al flujo del río Madre de Dios en esta parte. En los últimos años, las dimensiones de la cárcava ha incrementado aceleradamente, poniendo en alto riesgo de colapso a las viviendas aledañas. El área de drenaje es de 0.5 Km², (**Fotografías N° 14 y N° 15 del Panel Fotográfico**).

h).- Cárcava Villa María

Se denomina villa María en función a su ubicación, en la asociación de vivienda Villa Maria la misma esta ubicada en la zona Noroeste de la ciudad. Recibe las aguas de lluvia precipitadas sobre un área de 0.60 Km², y actualmente vienen aproximándose a lo que sería la Av. Poma Rosa.

i).- Cárcava Tropezón

Se ubica en la parte noroeste de la ciudad, en la margen derecha del río Madre de Dios, a 1.5 Km. aproximadamente aguas abajo del Puerto La Pastora. Se extiende paralelo a la Av. Andrés Avelino Cáceres, llega a cruzar la Av. Poma Rosa. La dirección del cauce, en el cual viene avanzando, coincide con la dirección del flujo del río Madre de Dios.

Las direcciones de las cárcavas Tropezón y Nuevo Amanecer vienen alineándose, y avanzando en sentidos contrarios, la distancia que los separa es de 1260 m. Según la tendencia del avance de ambas cárcavas, podría provocarse la conexión entre ambas, permitiendo el ingreso del flujo del río y originando la ruptura del cuello de meandro (Cut Off). Es necesario tomar acciones inmediatas sobre estas dos cárcavas, por el peligro que se comenta.

La cárcava Tropezón tienen un área de drenaje pluvial de 1.2 Km² (**Fotografías N° 16 y N° 17 del Panel Fotográfico**).

j).- Cárcava La Pastora 1

Se ubica en la parte Oeste de la ciudad, a pocos metros aguas arriba del Puerto La Pastora, y se prolonga hasta la Av. Andrés Avelino Cáceres, por esta cárcava drenan las precipitaciones de un área de 1.5 Km². (**Fotografías N° 18 y N° 19 del panel Fotográfico**).

Entre las cárcavas de menores dimensiones se tiene: Cárcava Unión, C. Puerto Cándamo, C. Villa Naval, C. Los Pioneros, C. Calle las margaritas, C. Costanera Norte, C. Las Garzas, C. Cachuela Baja, C. Los Ceticos, C. Pastora 2; las cuales parecen tener menor tiempo que las anteriores descritas, pero no menos importantes. (**Fotografías N° 20 a N° 22 del Panel Fotográfico**). En la **LAMINA N° 03**, se muestran la ubicación de las cárcavas citadas.

3.4.2.- DELIMITACION DE LOS SECTORES URBANOS DE INTERES

Debido a que la ciudad de Puerto Maldonado corresponde a una zona tropical, con un clima húmedo, donde las lluvias intensas se presentan a lo largo todo el año, el drenaje de estas precipitaciones constituye uno de los mayores problemas para la ciudad.

La topografía plana de la ciudad, no permite una rápida evacuación de las precipitaciones. Los escurrimientos de las aguas pluviales hacia las quebradas y cárcavas son lentos, llegando a formar charcos de agua y lodo dentro de gran parte de la ciudad.

A fin de describir mejor los problemas de origen climático dentro de la ciudad de Puerto Maldonado y sus áreas de expansión, se han identificado 4 sectores, las mismas que se muestran en la **LAMINA N° 04** y se describen a continuación:

a).- Sector 1 (Pueblo Viejo)

Se ubica en la parte oriental de la ciudad, corresponde a una terraza de menor nivel topográfico con respecto a toda la ciudad, se extiende desde el Puerto Candamo en la margen izquierda del Río Tambopata, hasta el Puerto Capitanía en la margen derecha del río Madre de Dios. El sector de Pueblo viejo, altitudinalmente se ubica entre las cotas de 172 a 175 m.s.n.m., y constituye una zona vulnerable a inundaciones por desborde de los ríos.

b).- Sector 2

Constituye la mayor parte del territorio de la ciudad de Puerto Maldonado, son territorios cuyos niveles topográficos son mayores a los de la zona de Pueblo Viejo. En este sector, no se tienen problemas de inundación por desborde de los ríos, sino por acumulación de las aguas pluviales, la evacuación de estas precipitaciones son lentas, por lo que llegan a formarse charcos de variada magnitud.

c).- Sector 3

Dentro de esta zona se ha delimitado e incluido la franja de la ciudad que da hacia los ríos Tambopata y Madre de Dios, donde el principal problema, viene a ser las cárcavas.

d).- Sector 4

En esta zona se ha delimitado aquellas áreas de la ciudad que tienen niveles topográficos menores, pero no constituyen orillas de río, ni planicies de inundación. Son zonas que presentan como principal problema grandes acumulaciones de agua pluvial y llegan a generar inundaciones. Esta zona o sector se extiende desde el lago artificial, hasta el Instituto Tecnológico Jorge Basadre, al Norte de la Av. Aeropuerto. Son áreas muy húmedas casi todo el año.

3.4.3.- ANÁLISIS DE LA INFORMACION HIDROLOGICA

El análisis hidrológico tiene por objeto estimar las descargas del río Tambopata y Madre de Dios, a fin de analizar los procesos dinámicos del mismo, y establecer las zonas de peligro de expansión urbana.

La cuenca del río Madre de Dios y Tambopata constituyen cuencas que se extienden hasta la cordillera Oriental, dentro de su ámbito se tienen una diversidad de sub cuencas cuyas características fisiográficas, geológicas y ecológicas, difieren entre sí en mayor o menor grado, dando lugar a comportamientos hidrológicos también diferentes. De esta manera los caudales en las secciones laterales a la ciudad de Puerto Maldonado, son los resultantes de la integración de varios regímenes parciales y concurrentes de escorrentía.

Los cambios locales de características físicas y/o hidrológicas, en forma permanente o temporal, tendrán un reflejo inmediato del comportamiento hidrológico local, estas variaciones afectarán en alguna medida (proporcional a la incidencia hidrogeológica del área parcial con respecto al de la cuenca total) al régimen de caudales en el punto de control de interés.

Ante la falta de información de registro de caudales en los ríos Tambopata y Madre de Dios y de información detallada de precipitaciones, la estimación de los caudales de avenidas se realizaron mediante el método regional de avenidas en los Ríos del Perú (Trau, 1979) y el método de la envolvente de Creager, este último no tiene una relación con el período de retorno, pero se conoce de su utilidad en el diseño de obras muy importantes como presas, por lo que se asignará un período del orden o superior a los 10,000 años, que es el orden de magnitud utilizado en el diseño de este tipo de obras.

Aplicando los métodos mencionados se tienen los resultados mostrados en el **CUADRO N° 05 y N° 06**.

Los estimados mediante la envolvente de Creager nos dan valores muy conservadores, tomando como referencia los estimados con el método regional. A fin de definir los caudales de máximas avenidas, se recurre a la curva de gastos, elaborada en el presente estudio, para el río Tambopata en la sección de la prolongación de la Calle los Pioneros y en el río Madre de Dios en las secciones del Cuartel del Ejército, y Puerto La Pastora, los cuales se describen con mayor detalle en **ítem 3.5.5**.

Los parámetros para el método regional son el área de la cuenca, período de retorno y los coeficientes regionales, según la zonificación establecida por Trau (1979). La zona de estudio corresponde a la zona 7.

3.4.4.- DETERMINACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS

El cálculo de los caudales máximos está orientado a determinar los niveles de agua de los escurrimientos superficiales para determinar las áreas de inundación por desborde de los ríos o acumulación de las descargas pluviales, y evaluar la movilidad de los ríos Madre de Dios y Tambopata, en las cercanías de la ciudad de Puerto Maldonado.

Para los efectos de estimar el riesgo de ocurrencia del caudal de diseño dentro de la vida del Proyecto se aplica la siguiente ecuación:

$$R = 1 - e^{-N_r/T_r}$$

Donde: N_r corresponde a los años de vida; T_r el período de retorno y R , el porcentaje de riesgo.

Adoptando un 20 % de riesgo, para una vida de 20 años, se tiene un período de retorno de 100 años. Extraordinariamente se consideraría un Período de retorno de 500 años.

Para determinar los caudales máximos se recurre a analizar los resultados obtenidos con el método regional, la envolvente de creager y una contrastación de los niveles de máximas avenidas

registrados en las márgenes del río, junto a la curva de gastos elaboradas (**CUADRO Nº 07, Nº 08 y Nº 09 y LAMINA Nº 06 a Nº 09**).

Una comparación de los valores obtenidos con el método regional y Creager, nos indica que este último arroja valores muy conservadores, en todo caso, para períodos de retorno similares (10,000 años) equivale a usar un valor de C entre 30 y 50 (**LAMINA Nº 05**), lo cual sería compatible con las características hidrológicas del área, y verificadas con los estimados por el método regional.

Por otro lado se han hecho averiguaciones en los pobladores, respecto a los niveles máximos de inundación, ellos manifiestan que el año 1960, se produce la inundación de la planicie del sector Pueblo Viejo y del Puerto La Pastora. Verificando topográficamente se ha deducido que los niveles alcanzados por dicha avenida, corresponderían a una cota de 178.20 msnm y 197.00 msnm respectivamente (**LAMINA Nº 10**). Estas cotas llevadas a las curvas de gasto correspondientes, dan un caudal de 10,330 m³/s en el Madre de Dios y 6,770 m³/s en el río Tambopata.

Los caudales estimados de la avenida de 1960 corresponden entonces a un período de retorno de 500 años en el río Madre de Dios, mientras para el río Tambopata, la avenida de 1960 corresponde a un período de retorno superior a los 1,000 años.

El caudal de avenidas en el río Madre de Dios, aguas abajo de la unión con el río Las Piedras podría enfocarse de los siguientes modos: analizar la cuenca como un todo cuya área es de 75,782 Km², o en forma independiente (Cuencas del río Madre de Dios antes de la unión con el río Las Piedras (Área = 5,5012 Km²), y la cuenca del río Las Piedras (Área = 20,771 Km²)), en el primer caso se obtienen los siguientes caudales: $Q_{tr=100} = 8,554 \text{ m}^3/\text{s}$ y $Q_{tr=500} = 11,544 \text{ m}^3/\text{s}$, y en el segundo caso tendríamos $Q_{tr=100} = 12,087 \text{ m}^3/\text{s}$ y $Q_{tr=500} = 16,312 \text{ m}^3/\text{s}$. La factibilidad que se diera el segundo caso, depende de la probabilidad de coincidencia de los tiempos de concentración, de los flujos de los tributarios en la sección de confluencia. Esta incertidumbre quedará como tal mientras no existan metodologías más desarrolladas, para el cálculo de caudales máximos en cuencas amazónicas, de grandes extensiones de área; o mientras no exista registro de caudales en aquellos ríos. Por tanto, tendremos un rango de caudales probables. (**LAMINA Nº 08**).

El caudal de diseño del Río Madre de Dios, en la sección de la Pastora se establece como sigue: Debido a la coincidencia del caudal de la avenida de 1960, con el estimado con el método regional para el mismo período de retorno, asumiremos, el caudal de diseño $Q_{tr=500} = 10,330 \text{ m}^3/\text{s}$, y con la misma relación tendremos $Q_{tr=100} = 7,600 \text{ m}^3/\text{s}$

El caudal en la sección del Cuartel del Ejército, tomaremos la media del rango de caudales precisados en la **LAMINA Nº 08**. Finalmente se tiene $Q_{tr=100} = 10,600 \text{ m}^3/\text{s}$ y $Q_{tr=500} = 14,000 \text{ m}^3/\text{s}$.

En el río Tambopata, el caudal de la avenida de 1960 habría alcanzado un tirante de 15 a 16 m; recurriendo a la curva de gastos elaborada para la sección del Puerto Cándamo (**LAMINA Nº 09**), se tiene un caudal de 5,750 m³/s, correspondiente a un caudal cuyo período de retorno es de 1,000 años según el método regional. Tomando valores conservadores, establecemos los siguientes caudales: $Q_{tr=100} = 4,000 \text{ m}^3/\text{s}$ y $Q_{tr=500} = 5,800 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.4.5.- DURACIÓN DE LOS CAUDALES MÁXIMOS.

La duración de los hidrogramas de los caudales máximos, depende del tiempo de la duración de las precipitaciones y del tiempo de concentración de los flujos hasta las secciones de análisis.

Por otro lado, como se trata de cuencas, de grandes extensiones, que involucran una diversidad de subcuencas, cuyas características fisiográficas y ecológicas difieren entre sí, dan lugar a comportamiento hidrológicos diferentes, por lo que estimar el tiempo de duración de las avenidas requiere un análisis profundo y detallado de la simulación hidrológica distribuida de la cuenca.

Recurriendo a la siguiente regla, muy utilizada en cuencas de esta magnitud:

$$N = 0.8 A^{0.2}$$

Donde: N, es el tiempo de la duración de la curva de descenso y agotamiento de los hidrogramas (en días); y A, Área de drenaje en kilómetros cuadrados, se puede tener una idea de la duración de las avenidas.

Según la ecuación descrita, se tiene: para el río Madre de Dios una duración de 5 a 8 días, mientras para el río Tambopata, la duración estaría entre 4 y 6 días.

Según manifestación de los pobladores del Sector de Pueblo Viejo, durante la avenida del año 1960, el ascenso y descenso del nivel de agua fue lenta, dando lugar y tiempo a la evacuación de los habitantes y sus bienes, la duración de dicha avenida fue de 5 días, valor que está dentro del rango estimado.

3.5.- HIDRÁULICA FLUVIAL

3.5.1.- IDENTIFICACION DE MEANDROS

Para este análisis, la información más antigua y confiable disponible, data de 1961 y 1991, Fotografías Aéreas del Servicio Aerofotográfico Nacional (**LAMINAS Nº 11 y Nº 12**), así también, se cuenta con imágenes satelitales del año 2002, además de la información recogida en la visita de campo (Octubre de 2006).

En la **LAMINA Nº 13**, que corresponde a la información de octubre de 2006, se ha identificado y se indica tres formaciones de curvas o meandros en el río Madre de Dios y una en el río Tambopata. En el primero, comenzando con el denominado Meandro La Pastora por su cercanía al Puerto del mismo nombre, luego los meandros Cachuela Baja y Meandro Nuevo Amanecer también ubicados sobre el río Madre de Dios, a su retorno después de recibir las aguas del río Las Piedras. En el río Tambopata, se identifica el Meandro Herrera, el cual está ubicado aguas arriba del Puerto Tambopata. De este modo, se hace un análisis de un tramo de 16 Km del río Madre de Dios y 9 Km del río Tambopata.

Durante la inspección de campo, realizada en Octubre del 2006, se han hecho trabajos de taquimetría y batimetría a fin de obtener la gradiente hidráulica de los Ríos y las secciones del cauce. Como resultado, se ha obtenido en el río Madre de Dios una gradiente de la superficie de agua igual a 0.000125 y en el río Tambopata de 0.0002.

3.5.2.- CLASIFICACIÓN DE LOS RÍOS MADRE DE DIOS Y TAMBOPATA

Los coeficientes de sinuosidad para los ríos Madre de Dios y Tambopata fueron calculados en 2.38 y 1.89 respectivamente. Recurriendo a la clasificación en función a los patrones del flujo, establecida por Leopold et al ⁽⁴⁾ mediante el parámetro de la sinuosidad, ambos ríos estarían clasificados como ríos meándricos – entrelazados.

Dado que una formación en meandros es lo más aproximado a un estado de equilibrio, acercándose a la condición más probable de pérdida de energía uniforme por unidad de longitud⁽⁴⁾, en equilibrio debe tener una línea de gradiente aproximadamente constante.

Según la condición de la gradiente, como se cita en la referencia ⁽⁴⁾, las formaciones meándricas se encuentran en valles con pendientes menores a $S = 0.0017/Q^{1/4}$, siendo una condición intermedia o de transición aquellos con pendientes entre $S = 0.0017/Q^{1/4}$ y $S = 0.10/Q^{1/4}$. En las que las que Q es la descarga del río en pies³/seg y S es adimensional.

Los resultados se presentan en el **CUADRO Nº 10** y de éste se verifica que los ríos Madre de Dios y Tambopata, estarían muy próximos a alcanzar el equilibrio.

3.5.3.- DESPLAZAMIENTO DE LAS RIBERAS DEL RÍO MADRE DE DIOS Y TAMBOPATA

A fin de evaluar la movilidad y el desplazamiento de las riberas de los Ríos Madre de Dios y Tambopata, se ha elaborado el **CUADRO Nº 11 y Nº 12**, donde se muestran las características geométricas de las formaciones meándricas, y se cuantifican los desplazamientos de las márgenes, entre los años 1961 y 1991, y entre 1991 y 2002.

Conforme se observa en la **LAMINA Nº 14**, y el **CUADRO Nº 12**, ambos ríos en los últimos 32 años (1961-2002), presentan un único patrón. Es decir, la divagación del cauce fue relativamente pequeña.

En la formación del Puerto la Pastora, se tiene un desplazamiento general del Río en la dirección E-SE. Desde el año 1961 a 1991 el desplazamiento fue uniforme y global, mientras que de 1991 al 2002 el desplazamiento fue mayor en la dirección de la Cárcava Tropezón (Rumbo S 50° E) y en las direcciones S 80° E. En estos últimos años, se observa un incremento de los bancos de arena en la parte cóncava del Meandro, lo que hace suponer que el talweg también viene desplazándose hacia la derecha (tomando como referencia la dirección del flujo), lo que confirma la tendencia del río Madre de Dios en esta parte. Según estas medidas de desplazamiento la margen derecha (la parte convexa) estaría avanzando entre 2 a 4 metros por año.

La formación Cachuela Baja, de menor importancia por la lejanía a la ciudad, relativamente ha mantenido su cauce, los desplazamientos observados están dentro de una amplitud de 85 metros, sin embargo en los últimos años pareciera haberse mantenido más estable.

La Formación Nuevo Amanecer, viene desplazándose hacia el Oeste, siendo la sección de la Cárcava Nuevo Amanecer que mayor desplazamiento ha experimentado. Las velocidades de desplazamiento encontradas en esta sección, han alcanzado en promedio 2 metros por año, en el período 1961 a 1991, y 1 metro por año en el período 1991 a 2002. En los últimos años se han observado mayores bancos de arena en la parte cóncava del meandro.

En la sección del río a la altura del cuartel del Ejército y Muyuna, la tendencia de desplazamiento es hacia la margen derecha, aunque en el período de 1991 a 2002 este desplazamiento tiene menor magnitud al del período 1961 a 1991. Sin embargo en los últimos años 2002 a 2006 se ha notado un desplazamiento acelerado del río, como se muestra en la **Fotografía N° 07 del Panel Fotográfico**. Lo cual se debe a factores diferentes a la oscilación de un río.

En el río Tambopata, la Formación Herrera viene a ser el único meandro próximo a la ciudad de Puerto Maldonado. Esta formación tiene un desplazamiento general en la dirección W-NW. Los desplazamientos observados en el período 1961 a 1991 alcanzan a 2.3 m por año en la margen izquierda y 10 m en la margen derecha, mientras que en el período de 1991 a 2002 el desplazamiento es menor a 0.5 m/año. Se observan formación de bancos de arena en la parte cóncava del meandro, en el tramo desde la Cárcava Herrera hasta el Puerto Tambopata, lo que hace que se concentre en flujo en la margen izquierda, de tal forma se incrementen los esfuerzos cortantes y provoquen el desplazamiento del río hacia la izquierda en el tramo indicado.

En la Sección del Puerto Cándamo, se ha experimentado un desplazamiento hacia la izquierda en el período de 1961 a 1991, mientras que en el segundo período (1991 a 2002), este se mantiene estable.

En la visita a campo realizada en Octubre del 2006, se han observado desplazamientos del río Madre de Dios y Tambopata, no solo por el fenómeno de divagación de meandros, sino por desprendimiento de los taludes, erosión de las riberas, y flujo en las cárcavas.

3.5.4.- DIMENSIONES Y EVOLUCIÓN DE LOS MEANDROS

Con el fin de seguir estudiando la evolución del río Madre de Dios y Tambopata, se han identificado cuatro meandros, cuyas denominaciones se muestran en la **LAMINA N° 13**.

En los **CUADROS N° 11 y 13**, se muestran las dimensiones de los meandros (longitud y amplitud), radios de curvatura de las formaciones, así como el ancho del cauce; tanto en la condición actual como del equilibrio.

Para estimar el máximo ancho en las curvaturas de las formaciones meándricas, se recurre al criterio de Apmann ⁽⁵⁾. En el **CUADRO N° 13**, se muestra para cada una de las formaciones, identificadas en la **LAMINA N° 13**, el ancho de la superficie B y el radio de la curvatura externa r_0 , ambos en kilómetros, la relación B/r_0 y el coeficiente $\pi B/2r_0 + 1$, que nos da el valor por el cual

habría que multiplicar el ancho del cauce en la entrada, para calcular el máximo ancho de la curva $B_{m\acute{a}x}$, con la siguiente relación:

$$B_{m\acute{a}x}/B = \pi B/2r_o + 1$$

Con la ecuación de régimen de Blench, establecida para calcular la longitud de meandros $L=m(F_b/F_s)^{1/2}Q_e^{1/2}$, en la cual L es la longitud del meandro en pies, m es un coeficiente que se sugiere igual a 12, F_b conocido como factor de lecho e igual a V^2/Y , F_s es el factor de taludes e igual a V^3/B y Q la descarga característica ⁽⁶⁾.

De este modo para una descarga dominante de 2,990.0 m³/s se calcula una longitud de meandro de unos 3668 m.

Mientras que Howard Chang ⁽⁷⁾, establece la siguiente relación lineal entre los logaritmos de r_c/B y $S(0.3/d)^{0.5}(Q/1000)^{0.51}$, donde r_c sería la curvatura del meandro, B el ancho del cauce, d el diámetro medio de los sedimentos del lecho y Q la descarga máxima. Luego para el caso del río Madre de Dios (La Pastora y Nuevo Amanecer) se establece una relación r_c/B de 2.50 y 2.55 respectivamente, para el caso del río Tambopata se tiene $r_c/B = 3.48$.

Christofoletti, citado por Farias ⁽⁸⁾, en ríos meándricos del Brasil obtiene valores de r_c/B entre 2.2 y 2.9.

Con los valores obtenidos, se ha recurrido a las siguientes relaciones geométricas para meandros:

REFERENCIA	LONGITUD DEL MEANDRO	ANCHO DEL MEANDRO	CURVATURA
Leopold et al (1960)	$L = 10.9 B^{1.01}$	$W = 2.7 B^{1.1}$	$L = 4.7 r_c^{0.98}$
Zeller (1967)	$L = 10.0 B^{1.025}$	$W = 4.5 B^{1.0}$	
Farias (2005)	$L = 12.03 B^{0.987}$		$B = 0.435 r_c^{0.937}$

En el **CUADRO Nº 13** luego de establecer el ancho máximo de las formaciones meándricas, se calculan los parámetros geométricos de los meandros, mediante los criterios (ecuaciones) indicados.

El meandro del Puerto La Pastora parece haber alcanzado la longitud y el Radio de equilibrio, mientras que la amplitud actual es superior a lo estimado por la teoría de régimen. En cuanto al ancho del cauce, en esta parte, se espera que sea mayor al actual.

El meandro de Nuevo Amanecer y Cachuela Baja, incrementarían en su amplitud y longitud ligeramente, tratando de mantener su radio de curvatura.

El meandro Herrera, aún continua en formación, con las dimensiones recogidas se puede estimar las siguientes tendencias: El ancho del cauce incrementaría a unos 320 m, mientras que la longitud y amplitud del meandro tratarán de alcanzar 2800 m y 3800 m respectivamente, la

curvatura tendría una tendencia a reducir. Esto se confirma con lo descrito en el ítem 3.5.2, donde se muestra que el Tambopata está más lejos de alcanzar el equilibrio.

En resumen, según la teoría de régimen los meandros de Tambopata, Nuevo Amanecer y Cachuela baja no habrían alcanzado su equilibrio aún, estos incrementarían en longitud y amplitud, mientras que el Meandro del Puerto La Pastora estaría más cerca de alcanzar el equilibrio.

El cuello de entre los meandros La Pastora y Nuevo Amanecer, viene experimentando un lento estrechamiento, a una razón de 3 metros por año en promedio. Según la velocidad de avance, la ruptura del cuello tardaría muchos años, a la vez que estará en función de alcanzar las condiciones de equilibrio. (**CUADRO Nº 14**). Por otro lado, las direcciones de las cárcavas Tropezón y Nuevo Amanecer vienen alineándose, y avanzando en sentidos contrarios, la distancia que los separa es de 1260 m (menor a la distancia entre las riberas de las márgenes del Río Madre de Dios, 1413 m). Según la tendencia del avance de ambas cárcavas, podría provocarse la conexión entre ambas, permitiendo el ingreso del flujo del río y originando la ruptura del cuello de meandro, mucho más rápido que por el movimiento meándrico (Cut Off). Es necesario tomar acciones inmediatas sobre estas dos cárcavas, por el peligro que se describe.

3.5.5.- CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS RÍOS MADRE DE DIOS Y TAMBOPATA.

Con el fin de establecer las características hidráulicas del río Madre de Dios y Tambopata y determinar las planicies de inundación de los mismos, se han realizado trabajos de batimetría en las cercanías del Puerto La Pastora, Secciones Nuevo Amanecer y Puerto Cándamo, utilizando una ecosonda con aproximación de 0.20 m, así mismo se han hecho mediciones aproximadas de la velocidades superficiales del flujo.

A fin de completar las secciones del río, se hicieron trabajos de topografía en las riberas, en las secciones donde se realizaron los trabajos de batimetría. Las secciones compuestas de ambos trabajos, se muestran en la **LAMINA Nº 10**.

Así mismo, se realizaron trabajos de taquimetría a lo largo del río Tambopata, para definir la gradiente hidráulica del mismo. Para determinar la gradiente hidráulica del río madre de Dios se realizó la nivelación de éste desde el Puerto la Pastora hasta la cárcava Balcón (2 de Mayo), obteniéndose los siguientes resultados:

$$\text{Gradiente hidráulica del río Madre de Dios (S}_i\text{)} = 0.000125$$

$$\text{Gradiente hidráulica río Tambopata (s}_i\text{)} = 0.0002$$

En las secciones elegidas para el análisis, se han estimado los valores del coeficiente de rugosidad "n" de Manning, con el criterio de Cowan, los mismo se muestran en el **CUADRO Nº 15**.

Con los parámetros obtenidos, y mediante la ecuación de Manning:

$$Q = A R^{2/3} S^{0.5} / n$$

Se construye la curva de gasto para la sección Puerto la Pastora, Sección del Ejército y Puerto Cándamo, **CUADRO Nº 07 a Nº 09** y **LAMINA Nº 06 a Nº 09**, de donde se concluye lo siguiente:

En el Puerto Cándamo, para un gasto de 4,000.0 m³/s (Gasto para Tr = 100 años) el tirante es aproximadamente igual a 12.0 m. y los niveles de agua alcanzarían la cota de 175.20 m.s.n.m. Mientras que, para un gasto de 5,800.0 m³/s (Gasto para Tr = 500 años) el tirante es aproximadamente 15.0 m. y los niveles de agua alcanzarían la cota de 178.20 m.s.n.m. Las áreas urbanas del sector de Pueblo Viejo serían superadas aún con las avenidas de un período de retorno de 100 años.

En el Puerto La Pastora se tiene, para un gasto de 7,600.0 m³/s (Gasto para Tr = 100 años) el tirante es aproximadamente igual a 13.1 m. y los niveles de agua alcanzarían la cota de 195.0 m.s.n.m. Mientras que, para un gasto de 10,330 m³/s (Gasto para Tr = 500 años) el tirante es aproximadamente 15.2 m. y los niveles de agua alcanzarían la cota de 197.20 m.s.n.m. Los niveles de agua para períodos de retorno de 100 años alcanzarían a inundar algunas viviendas ubicadas en las cercanías del puerto.

En la Sección del Cuartel del Ejército, se tiene para un gasto de 10,600 m³/s (Gasto para Tr = 100 años), el tirante sería aproximadamente igual a 18.8 m y los niveles alcanzarían la cota 193.8 m.s.n.m.. Mientras para un gasto de 14,000 m³/s (Gasto para Tr= 500 años) el tirante es de aprox. 21.4 m y se tendría un nivel de 196.6 m.s.n.m.. De estos cálculos se deduce que la planicie de inundación para un caudal con período de retorno de 500 años no superarían los niveles de las áreas urbanas en esta parte del río.

3.5.6.- PROFUNDIDAD DE EROSION EN LAS RIBERAS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO

El problema de erosión de riberas, comparado al problema de flujo de lodos, cárcavas y fenómeno de inundación por desborde de los ríos, constituye un fenómeno de menor incidencia o peligro, para la ciudad de Puerto Maldonado.

Usando la formula de Chatley, citada en la referencia ⁽⁹⁾,

$$Y_{\text{máx}}/Y = 1 + 2 B/r_o.$$

En la que $Y_{\text{máx}}$ es el máximo tirante que ocurre en la parte externa de la curva, Y es el tirante promedio, B ancho de la superficie, r_o radio externo de la curva, y utilizando los valores correspondientes de B/r_o , se obtiene el **CUADRO Nº 16**

3.5.7.- ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LAS RIBERAS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO

Tomando como sección típica, el obtenido con el sondaje realizado en Octubre del 2006, ubicado aproximadamente en el Cuartel del Ejército (Formación F), en el que se encuentra mayormente arena limosa compacta (SM) con cantidades significantes de arcilla, cuya resistencia se puede estimar en 2.60 Kg/m² ⁽¹¹⁾ (considerando muy compacto).

Calculando el esfuerzo cortante que se produciría debido al agua del río Madre de Dios, τ :

$$\tau = \gamma Y S$$

Donde: γ es el peso específico del agua del río, 1005 Kg/m^3 . Y es el tirante de agua; S es la gradiente hidráulica, igual a 0.000125 . Para una profundidad de 22.5 m se obtendría, $\tau \cong 2.1 \text{ kg/m}^2$, que es menor al valor que podría resistir el material del cauce.

En cuanto al ángulo de estabilidad de las riberas, podemos utilizar la siguiente ecuación:

$$\tau_{\text{pared}} / \tau_{\text{crítico}} = \cos \phi_1 (1 - (\text{tg } \phi_1 / \text{tg } \theta)^2)^{0.5}$$

En la que τ_{pared} , es el esfuerzo cortante actuante; $\tau_{\text{crítico}}$, es el valor para inicial del movimiento; ϕ_1 , es el ángulo de talud estable; y θ , es el ángulo de reposo.

Así, para τ_{pared} , igual al valor para la altura media de la ribera, en el perfil típico seleccionado con profundidad igual a 37 m. , se tiene:

$$\tau_{\text{pared}} = 2.1 \text{ kg/m}^2, \quad \text{y la relación}$$

$$\tau_{\text{pared}} / \tau_{\text{crítico}} = 0.82$$

Con un valor de θ igual a 35° , resulta un valor de ϕ del orden de 19° .

Para el caso de la arcilla, como su valor crítico de resistencia al esfuerzo cortante alcanza los 3 Kg/cm^2 , no existiría aparentemente problemas de erosión, mientras para los estratos inferiores sugiere afirmar que los taludes de las riberas del río Madre de Dios son estables, sin embargo, el esfuerzo resistente del suelo recibe un valor agregado debido a la vegetación en algunas partes, del cual no se tienen estimados, y esta sería la razón de la estabilidad de los taludes en ciertas zonas de la ciudad.

3.6.- HIDROLOGIA E HIDRÁULICA URBANA

3.6.1.- RED DE DRENAJE.

Debido a que la ciudad de Puerto Maldonado se ubica en una zona tropical, donde las lluvias se presentan a lo largo todo el año, siendo de mayor intensidad en los meses de Octubre a Abril, y como la topografía de la ciudad es plana, el drenaje de estas precipitaciones constituye uno de los mayores problemas para la ciudad.

Las precipitaciones no escurren con facilidad o no encuentran un curso principal, lo que da lugar a formación de charcos o acumulaciones de agua.

El sistema de drenaje de la ciudad está constituido de canales abiertos y cerrados, en las principales avenidas, y en las calles de menor orden estos simplemente son canales de tierra o no lo tienen.

Las grandes intensidades de lluvia de larga duración superan rápidamente las capacidades de los sistemas de drenaje.

En el afán de realizar el ordenamiento urbano y habilitar las áreas libres dentro de la ciudad, ha exigido la implementación de un sistema de drenaje, trayendo consigo concentraciones de flujos de escorrentía en puntos o líneas emisoras hacia los ríos aledaños (Madre de Dios y Tambopata).

Este fenómeno ha ocasionado la formación de cárcavas en los puntos de emisión, el cual es el principal problema de la ciudad hoy en día.

En los últimos años el incremento de la población viene densificando la ciudad, este fenómeno exige mayores habilitaciones urbanas de regiones agrícolas o el incremento de construcciones en áreas verdes (jardines, parques), por otro lado en a fin de tener mejores niveles de vida, se vienen implementado de pistas, veredas, etc. Todo ello al margen de haber ocasionado menores áreas verdes, vienen impermeabilizando la ciudad, elevando los coeficientes de escorrentía. En consecuencia los caudales de flujo superficial son mayores y superan los sistemas de drenaje.

Por otro lado, se ha encontrado sistemas de drenaje que colapsan debido a que son obstruidos con desmontes, desechos y todo tipo de basura. Estos factores, escapan a los criterios de diseño de los drenes, por lo que será necesario realizar campañas y charlas de educación entre los pobladores, a fin de tomar conciencia de este problema.

El incremento de caudales debido a los problemas explicados, permiten el incremento de las profundidades y áreas de las cárcavas.

3.6.2.- IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE CÁRCAVAS

Se entiende por cárcavas aquellos barrancos o zanjas profundas, provocados por el agua de lluvia que escurre sobre el suelo, acarreando grandes cantidades de tierra. Lo que al principio son solamente surcos, que apenas se ven en el terreno, finalmente se convierten en quebradas o huaycos profundos, y amenazan áreas urbanas o de cultivo.

En un recorrido de la ciudad se han identificado 20 cárcavas, las cuales se han clasificado con el criterio de Alves (1978) y se muestran en el **CUADRO Nº 17**. Según esta clasificación, se aprecia que la mayoría de ellas son de clasificación Grande y Mediana, ello indica que la recuperación de los terrenos dañados por cárcavas, serán difíciles de recuperar.

3.6.3.- CONTROL DE CÁRCAVAS

El control de cárcavas es difícil y costoso. La restauración de un área demanda tiempo, trabajo y dinero, por lo que es económicamente recomendable establecer un plan de prevención de cárcavas.

El control de las cárcavas se logrará, evitando que la concentración del agua continúe erosionando el suelo y desestabilice los taludes, para lograr este objetivo es necesario establecer un adecuado manejo de la cuenca de drenaje, de modo que se obtenga una correcta distribución e infiltración del agua en toda la cuenca. Si el flujo no puede ser desviado a otros lugares, entonces será necesario construir un adecuado sistema de entrega del agua al río, tomando todas las consideraciones topográficas, hidráulicas, sedimentológicas y geotécnicas.

En aquellas cárcavas que se ubican fuera de las áreas urbanas, donde se tiene espacio, podría optarse por construir terrazas o canales divergentes inmediatamente encima de la cabecera para

impedir totalmente la entrada del agua. También podrá verse la opción de aislar con cercos todo el perímetro para evitar la entrada de animales o que los trabajos rutinarios sean realizados muy próximos a los taludes de las cárcavas. La construcción de los cercos se sugiere colocarlos a una distancia de los bordes de dos veces la profundidad máxima de la cárcava, lo cual ha mostrado buenos resultados en áreas con similares problemas.

Si las dimensiones de la cárcava no fueran muy grandes y si los beneficios esperados pudieran compensar la inversión, se recomienda la recuperación del surco; es decir, tapar la cárcava con tierra, recuperando el área e incorporándola nuevamente para su uso. Una vez recubierta, debe procederse a la nivelación con relación a las áreas adyacentes e implementar la adopción de prácticas conservacionistas que no permitan la reiniciación del proceso. Es necesario que se proceda periódicamente a la nivelación del área, en función al proceso natural de compactación del suelo recubierto.

CAPITULO IV : MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO

4.1.- MAPA DE PELIGROS GEOLOGICO – GEOTECNICOS

4.1.1.- FENOMENOS DE ORIGEN GELOGICO - GEOTECNICO

Los fenómenos de origen geológico-geotécnico que se han tomado en cuenta para el análisis de su ocurrencia en la ciudad de Puerto Maldonado, son los agentes siguientes:

a).- Sismos: Los sismos que producen una aceleración sobre roca firme no mayor a 0.10 cm/s^2 son de Peligro Bajo y aquellos que producen una aceleración mayor a 0.50 cm/s^2 son de Peligro Alto.

b).- Falla por corte y asentamiento del suelo (Capacidad Portante): Se producen en el suelo de cimentación que presenta una baja capacidad portante y en donde los esfuerzos actuantes de alguna obra específica, pueden ocasionar la falla por corte y asentamiento del suelo. Una capacidad portante de 1.50 Kg/cm^2 como mínimo se considera aceptable para una cimentación común y para valores menores se deberá tener un especial cuidado debido a la posibilidad de una drástica reducción de la capacidad portante en condiciones dinámicas y la amplificación de ondas sísmicas.

c).- Cambios de volumen por cambios en el contenido de humedad y Potencial de expansión: Se producen en el suelo de cimentación con un alto contenido de humedad natural, un alto Límite Líquido y un alto Índice Plástico. En aquellos suelos en donde el Índice Plástico sea mayor al 30% es posible que se produzcan cambios moderados de volumen por cambios en el contenido de humedad y expansión moderada a alta.

d).- Amplificación sísmica local: Se presenta una moderada amplificación de las ondas sísmicas en el suelo sedimentario cuaternario, de una capacidad portante menor a 1.50 Kg/cm^2 .

Otros fenómenos de origen geotécnico tales como colapsabilidad, licuefacción, congelamiento, formación de oquedades y otros; no se han tomado en cuenta para efectos de esta evaluación debido a que las diferentes características propias de los suelos de la ciudad de Puerto Maldonado no permiten la ocurrencia de éstos.

4.1.2.- ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLÓGICO-GEOTECNICOS

Para la zonificación de los peligros geológico-geotécnicos en la ciudad de Puerto Maldonado, se ha tomado en cuenta los resultados obtenidos en la Geología y Geotecnia, siendo de especial importancia la Zonificación Geotécnica del **PLANO Nº 09**. La zonificación de peligros geológico-geotécnicos se muestra en el **PLANO Nº 10**; de acuerdo a la descripción siguiente:

a).- Zona de Peligro Medio-Bajo : Terrenos sobre suelos arcillosos de baja a alta plasticidad, residuales de la Formación Madre de Dios, de pendiente muy suave a suave (0° a 10°), con

regular capacidad portante (1.00 Kg/cm^2 a 2.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico y bajo potencial de expansión. Corresponde a la mayor parte del área urbana consolidada y áreas de expansión urbana de la ciudad de Puerto Maldonado

b).- Zona de Peligro Medio: Terrenos sobre suelos arcillosos y limosos de baja a media plasticidad provenientes de formaciones sedimentarias recientes, de pendiente muy suave a suave (0° a 10°), con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico y bajo potencial de expansión y colapso. Se ubica en la planicie de inundación de la margen izquierda del río Tambopata antes de su confluencia con el río Madre de Dios (Pueblo Viejo y alrededores de Puerto Tambopata), en los alrededores del Puerto Pastora y en el Asentamiento Humano El Triunfo.

c).- Zona de Peligro Medio-Alto: Terrenos sobre suelos fluvioaluviales cubiertos por vegetación: Arcillas inorgánicas, Limos inorgánicos y Arenas Limosas de baja a media plasticidad, de pendiente muy suave (0° a 5°), con baja a regular capacidad portante (0.75 Kg/cm^2 a 1.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico, bajo potencial de expansión y nivel freático eventualmente superficial a poco profundo. Corresponde a las zonas ubicadas fuera del entorno de la ciudad de Puerto Maldonado y sus áreas de probable expansión.

4.2.- MAPA DE PELIGROS CLIMATICOS

4.2.1.- FENÓMENOS DE ORIGEN CLIMÁTICO

a).- Movilidad de los ríos

La movilidad de los ríos meándricos es uno de los principales problemas en toda la región selva del Perú; por poseer gradientes topográficas muy bajas, los ríos van en busca de su equilibrio dinámico divagando u oscilando, cambiando de cauce en el tiempo.

La ciudad de Puerto Maldonado se ubica entre los ríos Madre de Dios y Tambopata, los cuales aún no está en equilibrio. Estos movimientos de cauce muchas veces suceden en cientos de años o en tiempos menores; por lo que se puede dar proyecciones de la divagación de los cauces, pero con un alto porcentaje de incertidumbre del momento del suceso.

El principal problema en la ciudad debido a este fenómeno, viene a ser el estrechamiento que viene experimentando el cuello entre los meandros La Pastora y Nuevo Amanecer, el cual tiene una velocidad de estrechamiento de 3 metros por año en promedio. Según la velocidad de avance, la ruptura del cuello tardaría muchos años (aproximadamente 500), a la vez que estará en función de alcanzar las condiciones de equilibrio del río Madre de Dios, en el **CUADRO Nº 14**, se muestra la evolución del Cuello de meandro mencionado. Por otro lado, las direcciones de las cárcavas Tropezón y Nuevo Amanecer vienen alineándose, y avanzando en sentidos contrarios, la distancia que los separa es de 1260 m (menor a la distancia del cuello de los meandros, 1413 m, (**CUADRO Nº 14**)). Según la tendencia del avance de las cárcavas, podría provocarse la conexión entre

ambas, permitiendo el ingreso del flujo del río y originando la ruptura del cuello de meandro, mucho más rápido que por el movimiento meándrico (Cut Off). Es necesario tomar acciones inmediatas sobre estas dos cárcavas, por el peligro que involucra.

b).- Inundación por desborde de los ríos

Los ríos de la selva del Perú poseen una sección de escurrimiento principal, que corresponde a avenidas anuales, dentro de esta sección el flujo puede ser entrelazado o sinuoso. Cuando se presentan avenidas extraordinarias la sección principal muchas veces no es suficiente para contener el flujo, llegando a desbordar a cauces secundarios o llamadas planicies de inundación. Las planicies de inundación pueden abarcar desde unos cuantos metros hasta kilómetros. La ciudad de Puerto Maldonado, por estar ubicado cerca a los ríos Madre de Dios y Tambopata, no es ajena a este problema. Se han registrado grandes inundaciones en la parte Sur Este de la ciudad debido a desbordes del río Tambopata.

Luego de haber realizado estimados de los caudales de máximas avenidas y comparaciones con los niveles de las marcas de agua de inundaciones históricas, se ha establecido que el Sector de Pueblo Viejo está expuesto a peligros de inundación por desborde del río Tambopata, estas inundaciones tendrían duraciones de 4 a 6 días, con ascensos y descensos lentos de los niveles de agua, que podría dar tiempo de realizar la evacuación de los pobladores de estas zonas. **(Fotografías Nº 23 y Nº 24 del Panel Fotográfico).**

El sector del Puerto La Pastora constituye también una planicie de inundación del río Madre de Dios. Se ha establecido que las inundaciones por avenidas centenarias llegarían a afectar las viviendas instaladas en el Puerto.

c).- Erosión en las márgenes de los ríos

Los ríos aún no lleguen a desbordar vienen erosionando sobre ciertas áreas. Es importante demarcar las zonas vulnerables a la erosión a fin de evitar instalaciones eventuales en éstas. El río Madre de Dios presenta formaciones meándricas, a la altura del Puerto La Pastora y Sector Nuevo Amanecer, los cuales vienen avanzando hacia la ciudad de Puerto Maldonado erosionando las riberas.

Las zonas más vulnerables en cuanto se refiere a este fenómeno son: Las riberas colindantes con la cárcava Tropezón, poniendo en peligro la Avenida Andrés Avelino Cáceres. La parte convexa del Meandro Nuevo Amanecer y la ribera del Cuartel del Ejército, que en estos últimos años ha erosionado notablemente **(Fotografías Nº 07 y Nº 25 del Panel Fotográfico).**

d).- Inundación por precipitaciones pluviales

Debido a que la ciudad de Puerto Maldonado se ubica en una zona tropical, donde las lluvias se presentan a lo largo todo el año, y como la topografía de la ciudad es plana, el drenaje de estas precipitaciones constituye uno de los mayores problemas en la ciudad.

Las precipitaciones no escurren con facilidad o no encuentran un curso principal, lo que da lugar a formación de charcos o acumulaciones de agua **Fotografía Nº 26 del Panel Fotográfico.**

Además, dentro de la ciudad de Puerto Maldonado se tienen hondonadas, y las lluvias precipitadas sobre zonas aledañas, discurren hacia estas hondonadas, y como no tienen una evacuación natural, quedan almacenadas por varias horas o días. Las infiltraciones son lentas, debido a que las largas duraciones de las precipitaciones saturan el suelo.

Entre las zonas afectadas por este fenómeno se tiene los siguientes cuadrantes: 1) Calle Tomás Bueno, Pasaje Emilio Castillo, Jr. José Carlos Mariategui y Av. Circunvalación. 2) Jr. Jorge Chávez, Calle Horacio Zeballos, Calle Miguel Grau, Calle Los Claveles. 3) Calle Brioso, Av. La Alameda de la Cultura, Jr. José María Arguedas, Jr. Junín y Av. Los Próceres.

e).- Drenaje Pluvial

El sistema de drenaje de la ciudad está constituido de canales abiertos y cerrados, en las principales avenidas, y en las calles de menor orden estos simplemente son canales de tierra o no lo tienen.

Las gradientes de los canales, en su mayoría son igual a las gradientes de las calles, que por cierto son pequeñas, por lo que las velocidades de los flujos de agua también son pequeñas y permiten la deposición de sedimentos y otros materiales de arrastre. Este fenómeno reduce las secciones de los canales y los coeficientes de resistencia al flujo, en cuanto no sean limpiados, en una siguiente precipitación ello conlleva a tener tirantes de agua superiores a los diseñados, y por consiguiente el rebose de los canales, como se muestran en las **Fotografías N° 27 y N° 28 del Panel Fotográfico**.

Por otro lado, los pobladores arrojan desperdicios (basura) en las calles, las cuales son conducidos hacia los drenes, generando el colapso a los mismos, como se muestra en la **Fotografía N° 29 del Panel Fotográfico**.

Los canales y otros sistemas de drenaje deben estar alejados en lo posible de viviendas, para disminuir el peligro de que estas sean afectadas, por inundaciones. **Fotografía N° 30 del Panel Fotográfico**.

f).- Formación de Cárcavas

Constituyen el principal problema de la ciudad de Puerto Maldonado. En estos últimos años las cárcavas vienen incrementado su área aceleradamente, reduciendo importantes áreas urbanas.

Las grandes precipitaciones asociadas a los fenómenos de erosión laminar, acumulación del agua en ciertas áreas de la ciudad y sus alrededores, forman surcos, huaycos y cárcavas, acarreando grandes cantidades de sedimentos. El suelo de la ciudad de Puerto Maldonado en su gran mayoría esta constituido por suelos de granulometría fina (arcillas y limos), vulnerables a la erosión laminar por precipitaciones. Este problema se concentra en las zonas aledañas a los ríos; los sedimentos desprendidos del suelo son arrastrados por los escurrimientos líquidos hacia las quebradas. En el caso de que no haya una entrega adecuada de estos escurrimientos sobre las quebradas o entrega de las quebradas al río, forman cárcavas las que con el transcurso del tiempo

y la aleatoriedad de los flujos contribuyen a la erosión de las márgenes (riberas) de los ríos y al desplazamiento de los cauces.

Como se describió en los ítems 3.4.1 y 3.6.2, se han identificado 20 cárcavas, clasificadas según su magnitud en el **CUADRO Nº 17**. Siendo las más importantes y donde de debe poner más énfasis, las Cárcavas de Herrera, Tambopata, Muyuna, Cuartel del Ejército, Balcón (2 de Mayo), Nuevo Amanecer, Villa María, Tropezón y Pastora¹.

Las fajas de terreno aledañas a las cárcavas constituyen zonas de mayor peligro en la Ciudad.

El control de cárcavas es difícil y costoso. La restauración de un área demanda tiempo, trabajo y dinero, por lo que es económicamente recomendable establecer un plan de prevención de cárcavas.

El control de las cárcavas se logrará, evitando que la concentración del agua continúe erosionando el suelo y desestabilice los taludes, para lograr este objetivo es necesario establecer un adecuado manejo de la cuenca de drenaje, de modo que se obtenga una correcta distribución e infiltración del agua en toda la cuenca. Si el flujo no puede ser desviado a otros lugares, entonces será necesario construir un adecuado sistema de entrega de los flujos de agua a las quebradas o cárcavas y de estas a los ríos.

En aquellas cárcavas que se ubican fuera de las áreas urbanas, donde se tiene espacio, podría optarse por construir terrazas o canales divergentes inmediatamente encima de la cabecera para impedir totalmente la entrada del agua. También podrá verse la opción de aislar con cercos todo el perímetro para evitar la entrada de animales o que los trabajos rutinarios sean realizados muy próximos a los taludes de las cárcavas. La construcción de los cercos se sugiere colocarlos a una distancia de los bordes de dos veces la profundidad máxima de la cárcava, lo cual ha mostrado buenos resultados en áreas con similares problemas.

Si las dimensiones de la cárcava no fueran muy grandes y si los beneficios esperados pudieran compensar la inversión, se recomienda la recuperación de la cárcava; tapando con tierra, para incorporar nuevamente a su uso. Una vez recubierta, debe procederse a la nivelación con relación a las áreas adyacentes e implementar la adopción de prácticas conservacionistas que no permitan la reiniciación del proceso.

En función a los problemas descritos, es necesario desarrollar un Proyecto Integral de Drenaje Pluvial, con adecuados sistemas de entrega de agua de los drenes menores a los drenes principales, y estos a los ríos. Realizar limpieza de los cauces de las quebradas, en algunos casos canalizarlos. Mejorar las estructuras de cruce de las quebradas con las avenidas y calles. Finalmente realizar campañas de educación dentro de la población a fin de inculcar evitar el arrojado desechos (basura) en las quebradas.

En consecuencia, los fenómenos de origen climático de mayor ocurrencia en la ciudad de Puerto Maldonado y sus áreas de expansión, en orden de gravedad, son los siguientes:

- Formación y avance de Cárcavas, asociadas a la erosión laminar y transporte de sedimentos.

- Inundación por desborde de los drenes de la ciudad, evacuación rápida de las precipitaciones pluviales.
- Encharcamientos de agua en hondonadas, zonas planas sin drenaje natural.
- Inundación por desborde de los ríos Madre de Dios y Tambopata, en épocas de avenidas ordinarias y extraordinarias.
- Erosión por ocurrencia de altas velocidades del flujo de escorrentía superficial en las riberas de los meandros de los ríos Madre de Dios y Tambopata.
- Movilidad fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata.

4.2.2.- ZONIFICACION DE PELIGROS CLIMATICOS

La zonificación de peligros climáticos se ha realizado tomando en cuenta los niveles de daños a ocasionar o pérdidas materiales y humanas, debido a los diferentes fenómenos de origen climático antes mencionados. La delimitación de estas zonas, fueron inspeccionados en campo, y confirmadas en gabinete mediante cálculos, considerando los antecedentes de los desastres ocurridos.

A fin de mostrar la zonificación de peligros climáticos se ha elaborado el **PLANO Nº 11**; de acuerdo a la descripción siguiente:

a).- Zona de Peligro Bajo: Son aquellas áreas de la ciudad cuyos niveles topográficos son relativamente altos. En esta zona sólo las precipitaciones intensas y de larga duración producen inundaciones superficiales repentinas o encharcamientos de agua leve, las evacuaciones son relativamente rápidas, con bajo grado de arrastre de sedimentos, producto de la erosión laminar y no existe flujo de lodos. La formación de cárcavas no llega a estas áreas. Las inundaciones por desborde de los ríos, la divagación o desplazamiento de los cauces, los efectos de erosión de las riberas no llega a alcanzar esta zona.

b).- Zona de Peligro Medio: Son áreas que colindan con las cárcavas, hasta una distancia de los bordes de dos veces la profundidad máxima de éstas. En esta zona ocurren inundaciones superficiales repentinas o encharcamiento de agua moderado debido a precipitaciones intensas y de corta duración solo en puntos críticos. El flujo de escorrentía superficial es moderado, existen algunos flujos de lodo en puntos críticos y colmatación de material de arrastre en diversos puntos de la zona. Se dan inundaciones debido a la obstrucción de drenes y quebradas; Mientras que las inundaciones por desborde del río es muy poco probable, el desplazamiento del cauces no llegaría a esta zona, ni los efectos de erosión en las riberas.

c).- Zona de Peligro Alto: Son aquellas áreas que conforman los perímetros de las cárcavas y los taludes de las mismas. En esta zona se producen inundaciones por precipitaciones de menores intensidades y corta duración. Alta erosión laminar debido a las precipitaciones, por lo que el arrastre de sedimentos también es alto. Son áreas de niveles topográficos bajos dentro de la

ciudad, en las cuales se forman encharcamientos de agua frecuentes, debido a precipitaciones intensas de corta duración y en donde el drenaje es muy lento. Corresponde a la franja de terreno que queda inundada por el flujo en las quebradas, durante precipitaciones ordinarias. Dentro de esta zona también se han considerado las planicies de inundación de avenidas extraordinarias y antiguos cauces de ríos, zonas propensas a erosión fluvial con avenidas extraordinarias. Estas también serían afectadas por la divagación y movilidad fluvial de los ríos, sin embargo este movimiento es muy lento en el tiempo.

d).- Zona de Peligro Muy Alto: Son áreas que corresponden a los actuales lechos de ríos, cárcavas, áreas expuestas a inundaciones muy frecuentes, riberas de los ríos que vienen erosionando continuamente por la acción hidrodinámica del flujo, cochas y quebradas. Estas áreas rápidamente se activan e incrementan su peligro; inmediatamente después que se haya producido una precipitación suave o intensa.

En esta zona las precipitaciones intensas producen inundaciones medias a profundas, repentinas, frecuentes y de corta duración, el flujo de escorrentía es repentino e intenso y el transporte de sedimentos es considerable, existen flujos de lodo en forma frecuente y colmatación de material de arrastre en diversos puntos de la zona.

En la ciudad de Puerto Maldonado se han identificado 20 cárcavas importantes que evacúan las aguas pluviales precipitadas en la ciudad, las cuales fueron descritas detalladamente en el ítem 3.4.1.

Entre las principales causas del problema debido a los fenómenos climáticos constituyen los procesos de cambio de la cobertura del suelo, la ocupación de los cauces y planicies de inundación, reducción de la capacidad hidráulica de los cauces, quebradas y drenes.

Dentro de la ciudad de Puerto Maldonado las zonas de Peligro Muy Alto están constituidas por el cauce del río Madre de Dios y Tambopata, los cauces de las quebradas y cárcavas, La laguna entre las Av. Elmer Faucet y Aeropuerto; zonas que deben ser consideradas inhabitables.

En la zona Oeste de la Ciudad, la zona de Peligro Alto fue definida básicamente por la planicie de inundación por desborde del río Tambopata para avenidas extraordinarias, así esta área constituye el Sector de Pueblo Viejo. También se incluyen en estas zonas, aquellas áreas que conforman los perímetros de las cárcavas y los taludes de las mismas.

Las zonas de Peligro Medio, son las franjas de terreno que colindan con las cárcavas y quebradas mencionadas, las cuales se mantienen todo el tiempo con humedad.

La ciudad de Puerto Maldonado en su mayor parte está comprendida dentro de la zonificación de Peligro Bajo, como se muestra en el **PLANO Nº 11**.

Con la finalidad de mitigar los peligros de origen climático en la ciudad de Puerto Maldonado, es necesario implementar un Sistema de Drenaje Pluvial integrando a los drenes naturales (quebradas) y cárcavas. Será necesario además, realizar una evaluación de los actuales sistemas de drenaje a fin de decidir su permanencia o modificación para integrarse al Proyecto de Sistema

Integral de Drenaje Pluvial. Este Proyecto debe contemplar la canalización de las quebradas, las entregas de las quebradas de menor orden a las de orden superior y finalmente a los ríos. No obstante, cualquier sistema de drenaje no funcionaría muy bien sin una adecuada operación y mantenimiento permanente. Así mismo, es necesario desarrollar campañas en la población, a fin de concientizar e inculcar la cultura de no arrojar desechos a los drenes.

El control de las cárcavas se logrará, evitando que la concentración del agua continúe erosionando el suelo y desestabilice los taludes, para lograr este objetivo es necesario establecer un adecuado manejo de la cuenca de drenaje, de modo que se obtenga una correcta distribución e infiltración del agua en toda la cuenca.

En los últimos años, el cambio de cobertura del suelo por pavimentos y/o edificaciones, han reducido la capacidad de infiltración de la superficie y la evapotranspiración del área, incrementándose los flujos superficiales, razón por la cual se vienen formando otras cárcavas. La forestación de las márgenes de los ríos y cárcavas actúa de doble sentido, los árboles de gran altura y raíces ramificadas en forma radial, al ser desestabilizadas por la erosión, fallan o caen por volteo, y levantan las raíces, junto a ello levantan toda la cobertura (tierra) desestabilizando inmediatamente el talud del río o cárcava. Por consiguiente, en el caso de adoptar medidas naturales de control de cárcavas, es necesario evaluar los tipos de plantas a sembrar.

4.3.- MAPA DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICOS

4.3.1.- FENOMENOS DE ORIGEN GEOLOGICO-CLIMATICO

Los fenómenos de origen geológico-climático de mayor incidencia en la zona de estudio, se presentan en la unidad geomorfológica denominada "Terraza Baja Inundable" que se ubica por debajo de la cota promedio de 200.000 m.s.n.m., donde existen depósitos fluviales recientes de pendiente suave a muy suave, en el área de cárcavas activas y en las franjas que comprende el Acantilado fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata.

Dentro de los fenómenos de origen geológico-climático, se presentan los siguientes:

a).- Inundaciones : Las inundaciones de las terrazas denominadas 0, 1 y 2, se suceden a lo largo de los años en función de los caudales que discurren por el río Madre de Dios y Tambopata; siendo los años de avenidas extraordinarias los más peligrosos; en los cuales se llega a inundar la Terraza 2.

b).- Erosión y Sedimentación Fluvial : El flujo de agua de los ríos Madre de Dios y Tambopata determina un permanente proceso de erosión y sedimentación fluvial; que es más crítico en las zonas de los Meandros Este y Oeste del primer río y en el denominado Meandro Herrera sobre el segundo río. Los procesos de erosión fluvial sobre las riberas, ocasiona también la desestabilización de laderas y erosión lateral del borde del terreno.

c).- Deslizamientos, Carcavas y Erosión: Se producen en el material suelto de cobertera y formaciones geológicas poco consolidadas. Están asociados a la variación de las características hidrológicas y estructurales, tales como precipitación, sobresaturación, presión intersticial, cohesión y fracturamiento, que modifican las condiciones naturales y provocan el fenómeno.

La presencia de un flujo importante de agua subterránea y/o superficial suele activar el fenómeno.

El principal problema se debe a la actividad permanente de las cárcavas que se ubican al borde del acantilado fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata.

4.3.2.- ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICOS

La zonificación de peligros geológico-climáticos se muestra en el **PLANO Nº 12**; de acuerdo a la descripción siguiente:

a).- Zona de Peligro Bajo-Medio: Terrenos sobre suelos arcillosos de pendiente muy suave a suave en donde las lluvias intensas ocasionan escorrentía de magnitud moderada que tienen un inadecuado drenaje en sitios aislados, donde no se evidencia fenómenos de origen geológico-climático de magnitud importante. Terrenos alejados de la influencia de cárcavas, deslizamientos y erosión fluvial.

Corresponde a toda la ciudad de Puerto Maldonado y sus áreas de expansión, que se encuentra asentada sobre depósitos sedimentarios recientes (Fluvio aluviales) y antiguos (Formación Madre de Dios) libres de inundación en épocas de avenidas ordinarias y alejados del borde del acantilado fluvial del río Madre de Dios en la parte Oeste y Este y del acantilado de la margen izquierda del río Tambopata antes de su confluencia con el río principal.

b).- Zona de Peligro Medio: Terrenos sobre suelos fluvioaluviales de pendiente muy suave a suave, sujetos a inundación en avenidas extraordinarias (Terraza 2) y áreas sin drenaje de la ciudad inundable por lluvias intensas. Terrenos con débil influencia de la actividad de las cárcavas, erosión y deslizamientos. Fundamentalmente, esta zona comprende parte de la ciudad de Puerto Maldonado que se encuentra cerca de aquellas áreas expuestas a una moderada erosión fluvial, inundación por desborde, deslizamientos y producción de cárcavas; por lo que se ubican alrededor de las zonas de Peligro Alto. Es una franja paralela al borde del acantilado fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata.

c).- Zona de Peligro Alto: Terrenos sobre suelos fluvioaluviales adyacentes a los ríos Madre de Dios y Tambopata de pendiente muy suave, sujetos a inundación permanente en avenidas ordinarias (Terraza 1). Terrenos con alta influencia de la actividad de las cárcavas, erosión y deslizamientos. Corresponde también a los alrededores más cercanos de la zona de Peligro Muy Alto. Comprende el barrio Pueblo Viejo que es inundado en avenidas ordinarias y el perímetro del acantilado fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata, donde llega la actividad geodinámica de las cárcavas y la erosión fluvial.

d).- Zona de Peligro Muy Alto: Cauce de los ríos Madre de Dios y Tambopata y sus áreas adyacentes más próximas. Terrenos sobre suelos fluvioaluviales de pendiente muy suave, sujetos a inundación permanente en avenidas normales (Terraza 0) y a una intensa producción de deslizamientos, cárcavas, sedimentación y erosión en márgenes de los ríos. Terrenos que comprenden el acantilado de los ríos, donde hay una intensa producción de erosión marginal, deslizamientos, derrumbes y cárcavas.

4.4.- EVALUACION DE PELIGROS EN LINEAS VITALES Y DE ORIGEN ANTROPICO

4.4.1.- PELIGROS EN LA CARRETERA INTEROCEANICA

La carretera interoceánica cruzará la ciudad de Puerto Maldonado siguiendo la ruta siguiente: El Triunfo (Margen Izquierda)-Av. León Velarde (Margen Derecha)- Av. Dos de Mayo- Av. Andrés Avelino Caceres hasta la altura del Puerto La Pastora – Carretera Puerto Maldonado a Cusco; por lo que en este tramo se encuentra sometida a peligros de origen natural propios de estas arterias. En el tramo que comprende desde el Puerto Pastora hasta la Estación PETROPERU ubicada en la Av. Andrés Avelino Caceres, el trazo geométrico de la carretera se acerca peligrosamente al acantilado fluvial ubicado en la margen derecha del río Madre de Dios, hasta una distancia mínima de aproximadamente 25.0 m. y que viene acortándose paulatinamente en los últimos años, debido a la acción erosiva importante del río y el avance de las cárcavas Tropezón y Puerto Pastora hacia la ciudad.

A lo largo del tramo antes citado, el peligro de magnitud moderada, lo origina las intensas precipitaciones pluviales que caen sobre la zona que sin ningún tipo de drenaje ni sistema de evacuación han de producir mayor crecimiento regresivo de las cárcavas ya existentes o propiciar la aparición de nuevas, que disminuirán la distancia del eje de la carretera al borde del acantilado fluvial; esto se dará en la medida que la Carretera no cuente con las Obras de Drenaje Pluvial requeridas y tampoco exista un Sistema de Drenaje Pluvial Integral de la ciudad.

4.4.2.- PELIGROS DE ORIGEN ANTROPICO

El crecimiento desordenado de la ciudad de Puerto Maldonado y la creación de nuevos asentamientos humanos sobre áreas no permitidas, ha originado que la población quede expuesta a determinados peligros y que está a su vez provoque peligros sobre determinadas actividades.

Un peligro de la mayor importancia originado por el hombre en la ciudad de Puerto Maldonado, se debe a la ocupación poblacional de parte de la franja de seguridad de vuelo del Aeropuerto Internacional Padre Aldamiz.

Entre el extremo norte de la pista de aterrizaje del Aeropuerto y los límites con la carretera que va hacia el Cusco y con el acantilado fluvial de la margen derecha del río Madre de Dios, se han

asentado pobladores sobre nuevas viviendas de madera e inclusive de material noble; que tienen el siguiente impacto:

- Reduce la distancia de seguridad en la pista de aterrizaje del Aeropuerto Internacional; lo que no ha de permitir afrontar adecuadamente, cualquier situación de emergencia.
- Disminuye la visibilidad del piloto para aterrizajes en situación de emergencia.
- Pone en peligro la vida de los pobladores ya que cualquier desastre aéreo en esta zona ha de perjudicar y afectar necesariamente a ellos.

Por consecuencia, esta ocupación que no está de acuerdo a Ley, ha generado un nuevo peligro de origen antrópico y que no sólo afecta a los pobladores sino también a todas las actividades aerocomerciales que se realizan con el uso del Aeropuerto; principalmente el Turismo que podría verse disminuido notablemente ya que en la situación actual, los despegues y aterrizajes de los aviones no cuentan con todos los requerimientos de seguridad exigidos.

Esto debe ser corregido tomando en cuenta los mecanismos legales del caso: Ley de Transporte Aéreo y Ordenanzas Municipales, que permitan desalojar a aquellas personas que han invadido la franja de seguridad de vuelo, trasgrediendo la ley.

El río Madre de Dios se caracteriza por tener un rico potencial aurífero que determina que la actividad económica de mayor importancia en la región sea la minera y especialmente la explotación del oro a lo largo del curso del río.

La extracción de oro del río consiste en dragar volúmenes del material del lecho del río para encontrar pepitas de oro según una Ley determinada. El volumen movido es importante llegando a ser con una sola máquina dragadora hasta 5,000 m³ al día los cuales son acumulados en zonas específicas de las riberas del río.

Estas acumulaciones importantes de material dragado forman prácticamente cerros sobre las riberas del río que originan un cambio importante en la dirección del flujo de agua y que a su vez determina la posibilidad de creación de nuevos peligros sobre una zona determinada.

En la actualidad existen hasta dos máquinas dragadoras en el lado Oeste del meandro del río Madre de Dios cerca del Puerto Pastora (orilla izquierda); las cuales están ocasionando que el flujo de agua se dirija mayormente hacia la orilla derecha que es donde se ubica el acantilado fluvial, las cárcavas de PETROPERU- Brombus y la ciudad de Puerto Maldonado.

Con el flujo de agua concentrando toda su energía sobre la margen derecha es entonces que se adiciona un mayor peligro por erosión al que se tiene en condiciones normales o en todo caso sin actividad de explotación aurífera.

Por consiguiente, el peligro por desestabilización del acantilado fluvial en la margen derecha del río Madre de Dios se incrementa debido a la explotación del oro en el lecho del río (Acción del hombre).

Esta situación se debe a que las Empresas mineras que trabajan en dicho lugar no cumplen con la normatividad relacionada a la protección ambiental y al explotar el oro en forma inadecuada

causan un perjuicio a la calidad ambiental que actualmente se tiene al pie y borde del acantilado fluvial del lado Oeste.

Esto debe ser corregido tomando en cuenta los mecanismos legales del caso: Ley del Medio Ambiente, Normas de Protección Ambiental y Ordenanzas Municipales, para que las actividades mineras no sean desarrolladas en las riberas cercanas a la ciudad de Puerto Maldonado, trasgrediendo la ley.

4.5.- MAPA DE PELIGROS MULTIPLES

Tomando en cuenta la posibilidad de ocurrencia simultánea de los fenómenos de origen geológico-geotécnico, climático y geológico-climático en un punto determinado del área de estudio, se ha elaborado el Mapa de Peligros Múltiples de la ciudad de Puerto Maldonado, el cual se presenta en el **PLANO Nº 13**, de acuerdo a la descripción siguiente:

a).- Zona de Peligro Bajo- Medio : Terrenos sobre suelos arcillosos de baja a alta plasticidad, de pendiente muy suave a suave (0° a 10°), con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm^2 a 2.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico, bajo potencial de expansión, donde no se evidencia fenómenos de origen geológico-climático de importancia, libres de inundación en épocas de avenidas extraordinarias y en donde las precipitaciones intensas producen encharcamientos de agua leve y escorrentía de magnitud moderada que tienen un inadecuado drenaje en sitios críticos aislados. Terrenos alejados de la influencia de cárcavas, deslizamientos y erosión fluvial.

Corresponde a gran parte del área urbana consolidada y áreas de expansión urbana (Area I y II) de la ciudad de Puerto Maldonado y que no presentan problemas de encharcamiento de aguas de lluvias por falta de drenaje natural.

Zona recomendada para usos urbanos de alta densidad y la ubicación de edificaciones indispensables como: Hospitales, Centros Educativos, Cuartel de Bomberos; etc.

b).- Zona de Peligro Medio: Terrenos sobre suelos arcillosos y limosos de media a alta plasticidad, de pendiente muy suave a suave (0° a 10°), con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico, bajo potencial de expansión, sujetos a inundación en avenidas extraordinarias y áreas sin drenaje de la ciudad inundables por lluvias intensas con nivel freático eventualmente superficial a poco profundo. Terrenos con débil influencia de la actividad de las cárcavas, erosión y deslizamientos. El desplazamiento de los cauces no llegaría a esta zona, ni los efectos de erosión en las riberas.

Comprende parte de la ciudad de Puerto Maldonado que se encuentra cerca de aquellas áreas expuestas a una moderada erosión fluvial, inundación por desborde, deslizamientos y producción de cárcavas; por lo que se ubican alrededor de las zonas de Peligro Alto. Es una franja paralela al borde del acantilado fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata. Se ubica en la planicie de inundación de la margen izquierda del río Tambopata antes de su confluencia con el río Madre de

Dios (Pueblo Viejo y alrededores de Puerto Tambopata), en los alrededores del Puerto Pastora y en el Asentamiento Humano El Triunfo.

Zona recomendada para usos urbanos de media densidad, después de realizar investigaciones geotécnicas normales.

c).- Zona de Peligro Medio-Alto: Terrenos sobre suelos fluvioaluviales adyacentes a los ríos Madre de Dios y Tambopata de pendiente muy suave (0° a 5°), que corresponde a las planicies de inundación de avenidas extraordinarias y antiguos cauces de ríos cubiertos por vegetación: Arcillas inorgánicas, Limos inorgánicos y Arenas Limosas de baja a media plasticidad, con baja a regular capacidad portante (0.75 Kg/cm^2 a 1.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico, bajo potencial de expansión y nivel freático eventualmente superficial a poco profundo. Zona recomendada para usos urbanos de media a baja densidad, luego de realizar investigaciones geotécnicas normales.

d).- Zona de Peligro Alto: Terrenos sobre suelos fluvioaluviales adyacentes a los ríos Madre de Dios y Tambopata de pendiente muy suave (0° a 5°), sujetos a inundación permanente en avenidas ordinarias. Terrenos con alta influencia de la actividad de las cárcavas, erosión y deslizamientos. Corresponde también a los alrededores más cercanos de la zona de Peligro Muy Alto.

En esta zona se encuentran arenas Limosas de baja a media plasticidad, con baja a regular capacidad portante (0.75 Kg/cm^2 a 1.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico, bajo potencial de expansión y nivel freático eventualmente superficial a poco profundo.

Comprende el barrio Pueblo Viejo que es inundado en avenidas ordinarias y el perímetro del acantilado fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata, donde llega la actividad geodinámica de las cárcavas y la erosión fluvial.

Zona recomendada para usos urbanos de baja densidad, luego de realizar investigaciones geotécnicas detalladas.

e).- Zona de Peligro Muy Alto: Cauce de los ríos Madre de Dios y Tambopata y sus áreas adyacentes más próximas. Terrenos sobre suelos fluvioaluviales de pendiente muy suave (0° a 5°), sujetos a inundación permanente en avenidas normales y a una intensa producción de deslizamientos, cárcavas, sedimentación y erosión en márgenes en áreas críticas como el Meandro Oeste y Este del río Madre de Dios y Meandro Herrera del río Tambopata Terrenos que comprenden el acantilado de los ríos, donde hay una intensa producción de erosión marginal, deslizamientos, derrumbes y cárcavas.

En esta zona no se permite su uso para fines urbanos. Se recomienda su uso como reservas ecológicas, recreación abierta o para fines agrícolas.

La mayor parte de la ciudad de Puerto Maldonado y sus áreas de expansión urbana I y II, se encuentran en una zona de peligro múltiple Bajo a Medio, debido a la influencia predominante de

la amplificación sísmica local por presencia de formaciones sedimentarias del Cuaternario; en algunos sectores aislados con deficiente drenaje natural la calificación del peligro múltiple es Medio debido a la posibilidad de encharcamiento de agua, como es en la zona central de la ciudad.

La zona de mayor peligro múltiple en el área de estudio corresponde a una calificación de peligro Muy Alto y comprende los cauces de los ríos actuales y antiguos, zonas inundables en épocas de avenidas anuales, ordinarias y extraordinarias, acantilado fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata, zona de cárcavas sobre los acantilados, en donde los procesos de movilidad y erosión son muy intensos y de especial importancia. Las áreas inundables en épocas de avenidas ordinarias y extraordinarias como es el caso del barrio Pueblo Viejo, alrededores del Puerto La Pastora y planicies de inundación de ambos márgenes de los ríos Madre de Dios y Tambopata tienen una calificación de peligro múltiple Alto.

CAPITULO V: MEDIDAS DE MITIGACION ANTE LOS EFECTOS DE LOS PELIGROS DE ORIGEN NATURAL

5.1.- IDENTIFICACION DE AREAS SEGURAS

De acuerdo a los resultados obtenidos, se han identificado para el área de estudio las zonas más seguras para su habitabilidad; que corresponde a las zonas de menor grado de peligro múltiple y que son las siguientes:

a).- Area de la ciudad de Puerto Maldonado limitada al norte por la Av. Costanera Norte, al oeste y este por el borde del acantilado fluvial del río Madre de Dios, al sur por la Av. Prolongación Elmer Faucet y al sur este por el borde del acantilado fluvial del río Tambopata; que no se encuentra sujeta a actividad geodinámica externa por cárcavas, inundaciones durante avenidas extraordinarias ni encharcamientos de agua producto de lluvias intensas.

Esta zona no incluye el área central de la ciudad que queda frecuentemente inundada durante lluvias intensas por falta de drenaje natural, el barrio denominado Pueblo Viejo, los alrededores del Puerto Pastora ni las inmediaciones del borde de los acantilados fluviales de los ríos y de las líneas de escarpa y cárcavas. En esta zona están incluidas las áreas de expansión urbana denominadas I y II.

El área urbana ya consolidada de la ciudad de Puerto Maldonado es mayormente segura, a excepción de aquellas zonas con probabilidad de inundación y encharcamientos de agua en épocas de avenidas extraordinarias y que comprende la zona entre la Alameda La Cultura y la Av. La Joya; con posibilidad física de crecimiento urbanístico seguro hacia la zona sur y norte de la ciudad (Áreas definidas en el Ordenamiento Territorial de la ciudad de Puerto Maldonado).

El resto de la ciudad de Puerto Maldonado; corresponde a zonas menos seguras; pero que pueden ser incorporadas en un programa de expansión urbanística; siempre y cuando se tomen en cuenta las recomendaciones y pautas técnicas del presente Estudio y se implementen los principales Proyectos de Mitigación ante los efectos de los peligros naturales.

5.2.- PAUTAS TECNICAS

5.2.1.- PAUTAS TECNICAS DE HABILITACION URBANA

Los procesos de habilitación urbana con fines de ocupación deberán contemplar las siguientes pautas técnicas, con la finalidad de garantizar la estabilidad y seguridad física de la ciudad de Puerto Maldonado y de sus áreas de expansión urbana, tanto en las habilitaciones urbanas existentes como en las futuras.

5.2.1.1.- PAUTAS TECNICAS DE HABILITACIONES URBANAS EXISTENTES

a).- Restringir la densificación poblacional en áreas calificadas como de Peligro Alto y Peligro Muy Alto; ubicadas principalmente sobre ambas márgenes de los ríos Madre de Dios y Tambopata, hasta donde quede delimitada la zona de inundación extraordinaria y en las zonas más próximas a las cárcavas.

b).- No autorizar la construcción de nuevos equipamientos urbanos, en áreas calificadas como de Peligro Alto y Peligro Muy Alto, promoviéndose más bien el reforzamiento de los ya existentes o su reubicación en caso de encontrarse en zonas críticas de peligro.

c).- Reubicación en el Corto y Mediano Plazo de la población que se encuentra asentada sobre zonas inundables en épocas de avenidas extraordinarias; teniendo como caso crítico el barrio denominado Pueblo Viejo; hacia las áreas de bajo peligro o áreas seguras, hasta que se construya un Sistema Integral de Defensa Ribereña.

d).- Implementar un sistema integral de drenaje pluvial que tome en cuenta las características climatológicas y topográficas propias de la ciudad de Puerto Maldonado: Precipitaciones intensas que ocasionan encharcamientos de agua, difícil drenaje debido a la baja pendiente de los terrenos de la ciudad y desnivel de un promedio de 20.0 m. al punto de desfogue sobre los ríos Madre de Dios y Tambopata. Este sistema ha de evitar la infiltración de las aguas de lluvia a la red de tuberías de desagüe y prevenir la formación de inundaciones, sedimentación, erosiones y cárcavas.

e).- Implementar la pavimentación de las vías urbanas utilizando el tipo de recubrimiento (rígido o flexible) más apropiado con la finalidad de disminuir los medios a intensos procesos de erosión pluvial que se suceden en la zona, en especial en la Carretera Transoceánica y arterias principales de la ciudad. Asimismo, se deberá otorgar especial atención a los ejes viales que faciliten la accesibilidad de la población a los equipamientos mayores: Colegio Nacional, Estadio Municipal, Municipalidad Provincial, Centro de Salud y otros.

f).- Planteamiento integrado de los sistemas de redes (agua, desagüe, energía, drenaje pluvial y vías), en base a los resultados de estudios a desarrollarse, estudios existentes y Proyectos en actual ejecución para la ciudad de Puerto Maldonado; relacionados a las características de los fenómenos de origen geológico-geotécnico, climático y geológico-climático.

g).- Acondicionar el nivel del interior de las viviendas y el dimensionamiento de los vanos de las edificaciones de manera tal que no permita la filtración de las aguas acumuladas y la inundación por desborde en las calles y avenidas en épocas de lluvias intensas; con especial énfasis en las

arterias que comúnmente se encuentran encharcadas de agua en épocas de lluvias (Alrededores de la Alameda La Cultura, Av. La Joya y otros).

h).- En las zonas de vías no pavimentadas la altura del nivel de piso terminado debe ubicarse a 0.60 m. por encima del nivel actual de las pista, considerando la posible elevación de la rasante de la vía, cuando ésta se pavimente.

l).- A ambos lados de las márgenes de los cursos naturales de agua, acequias y drenes del área en expansión deberá existir una franja de seguridad según lo establecido en la clasificación del suelo por condiciones específicas de uso, dentro de la cual deberán contemplarse vías para el mantenimiento de acequias, obras de forestación y vías de acceso a las habilitaciones urbanas adyacentes.

5.2.1.2.- PAUTAS TÉCNICAS DE HABILITACIONES URBANAS NUEVAS

a).- Las nuevas habilitaciones urbanas deberán ubicarse en las áreas de expansión urbana previstas y que representan las áreas más seguras a la producción de fenómenos de origen geológico-geotécnico, climático y geológico-climático considerando la seguridad física de la ciudad. Estas áreas de expansión segura son las indicadas en el ítem **5.1).**

b).- Reglamentar y controlar la ubicación de nuevas habilitaciones en las áreas de protección, tales como: laderas de los cerros, cárcavas, cursos de aguas naturales, acequias, canales, drenes, rellenos, etc.; sobre las cuales queda terminante prohibido la construcción de edificaciones para fines urbanos.

c).- Las nuevas habilitaciones urbanas y obras de ingeniería deberán tomar en cuenta los terrenos rellenados (sanitario o desmonte), áreas inundables, encharcadas o con afloramiento de la napa freática; de manera que sobre estas áreas no se desarrolle ninguna edificación para fines urbanos o se tome en cuenta los estudios, proyectos y medidas de mitigación requeridas

d).- No se permitirá en los sectores calificados de Peligro Muy Alto el uso del suelo para habilitaciones urbanas. Las áreas no aptas para fines urbanos deberán ser destinadas a uso recreacional, paisajístico, u otros usos aparentes, que no requieran de altos montos de inversión para su habilitación.

e).- No se permitirá la ubicación de los aportes reglamentarios, sobre terrenos afectados por inundaciones, encharcamientos de agua o erosión pluvial intensa; en tanto no se implemente el Sistema Integral de Drenaje Pluvial en la ciudad de Puerto Maldonado.

f).- Las habilitaciones urbanas para uso de vivienda deben adecuarse a las características particulares de la ciudad de Puerto Maldonado, a factores climáticos, así como a la vulnerabilidad ante la ocurrencia de fenómenos naturales; poniendo especial interés a la ocurrencia de inundaciones, encharcamiento de agua y erosión pluvial en época de lluvias intensas.

g).- En las habilitaciones nuevas se recomienda que la longitud de las manzanas no exceda los 100 m. para lograr una mejor accesibilidad vial.

h).- Los aportes para recreación pública, deben estar debidamente ubicados y distribuidos, de manera tal que permitan un uso funcional y sirvan como área de refugio en caso de producirse un desastre.

i).- El diseño vial debe adecuarse a la vulnerabilidad de la zona y la circulación de emergencia en caso de desastres, debe contemplar las obras de drenaje y la arborización de las bermas laterales para interceptar el asoleamiento; con especial énfasis en la Carretera Transoceánica.

j).- La planificación y el diseño de las nuevas habilitaciones urbanas, así como de las vías principales, deberán contemplarse dentro de un Sistema Integral de Drenaje Pluvial de la ciudad de Puerto Maldonado.

5.2.2.- PAUTAS TÉCNICAS DE EDIFICACIONES

A continuación se presentan recomendaciones técnicas para orientar el proceso de edificación en la ciudad de Puerto Maldonado, con la finalidad que las construcciones estén preparadas para afrontar la eventualidad de un sismo y la incidencia de periodos extraordinarios de lluvias y sus consecuencias, reduciendo así su grado de vulnerabilidad.

a).- Previamente a las labores de excavación de cimientos, deberá ser eliminado todo el material de desmonte que pudiera encontrarse en el área en donde se va a construir la edificación.

b).- No debe cimentarse nunca sobre suelos orgánicos, suelos susceptibles a cambios de volumen, suelos expansivos, suelos colapsables, suelos aluviales sueltos, desmonte o relleno sanitario. Estos materiales inadecuados deberán ser removidos en su totalidad, antes de construir la edificación y reemplazados con material de relleno seleccionado (GM y GC preferentemente), controlados y de ingeniería.

c).- La profundidad mínima de cimentación recomendada para edificaciones convencionales en la ciudad de Puerto Maldonado y sus áreas de expansión es igual a 1.0 m.

d).- La cimentación de las edificaciones debe ser diseñada de modo que la presión de contacto o actuante para la condición más crítica de servicio (Con ocurrencia de sismo), sea inferior o cuando menos igual a la capacidad portante del terreno. En términos generales los valores conservadores de capacidad portante propuestos para el diseño de la cimentación en la ciudad de Puerto Maldonado, es el siguiente:

DISTRITO	SECTOR	CAPACIDAD PORTANTE (Kg/cm²)	TIPO DE SUELO
Puerto Maldonado	Zona Norte, Area II y Central consolidada; hasta la Av. Andrés Avelino Cáceres	1.00 a 1.50	Arcilla de media a alta plasticidad
Puerto Maldonado	Zona Sur, Area I y Central consolidada; desde la Av. Andrés Avelino Cáceres hasta la Av. Elmer Faucet	1.50 a 2.00	Arcilla de baja a media plasticidad
Puerto Maldonado	Zonas inundables en avenidas extraordinarias: Pueblo Viejo, Puerto la Pastora, El Triunfo y áreas inundables con lluvias	1.00	Suelos Fluvioaluviales: Arcilla, Limo Arcilla y Limo Arenoso.

e).- Para la cimentación de las estructuras en suelos arcillosos inorgánicos de baja a media plasticidad de consistencia suave a media, es necesario compactarlos y luego colocar una capa de afirmado de 0.30 m. en el fondo de la cimentación para contrarrestar el posible proceso de hinchamiento y contracción de suelos.

f).- Para la cimentación de las estructuras en suelos arcillosos inorgánicos de alta plasticidad de consistencia suave a muy suave y en donde el cambio volumétrico sea alto, es necesario reemplazar el material natural alrededor de la estructura de cimentación por un material de relleno seleccionado (GM y GC preferentemente) con la finalidad de evitar que la expansión del suelo natural ocasione daños en la edificación. Las especificaciones técnicas de detalle deberán ser proporcionadas en un Proyecto Geotécnico específico.

g).- Cuando la napa freática se encuentre superficialmente, en lo posible, se tratará primero de abatir y drenar el agua subterránea instalando zanjas de drenaje profundas que tengan un desfogue libre hacia un curso natural más cercano. En el caso de que esto no fuese ya posible, antes de construir la cimentación se deberá colocar un material granular grueso en un espesor de 0.40 m. cuyos fragmentos deben ser de 7.5 cm. a 15.0 cm. y luego un solado de concreto de 0.20 m. de espesor.

h).- Para las edificaciones proyectadas en la ciudad de Puerto Maldonado de no más de tres niveles, es recomendable usar zapatas interconectadas con vigas de cimentación a fin de reducir

los asentamientos diferenciales que pudiera ocasionar la consolidación de los suelos en especial en los de tipo arcilloso inorgánico de media a alta plasticidad.

i).- Los techos de las edificaciones deberán estar preparados para el drenaje de lluvias, debiendo ser inclinados a uno o dos aguas, con tuberías de drenaje que conduzcan mediante canaletas laterales, las aguas pluviales hacia áreas libres.

j).- Las características de las edificaciones deben responder a las técnicas de construcción recomendadas para la ciudad de Puerto Maldonado.

k).- El diseño de las edificaciones debe responder a las condiciones climatológicas y deben estar dirigidas a contrarrestar el asoleamiento y favorecer la ventilación y circulación interna para ayudar a los distintos tipos de evacuación.

l).- Siendo la madera el material común para la construcción de casas-habitación en sectores de bajos recursos económicos; y con la finalidad de que este trabaje adecuadamente frente a sollicitaciones sísmicas; es que se recomienda lo siguiente:

- Las casas deberán construirse preferentemente sobre suelos cuya capacidad portante sea por lo menos 1.50 Kg/cm^2 .
- Los muros deberán estar debidamente arriostrados por diagonales ubicadas en sitios estratégicos, para tomar las cargas laterales del sismo y el viento.
 - Longitud libre máxima entre columnas y/o contrafuertes: 4.00 m.
 - Cimientos: 80 cm x 80 cm y Sobrecimientos: 30 cm.x 30 cm..
 - Superficie de sobrecimientos impermeabilizada con pintura o emulsión asfáltica
 - Altura de Muros: entre 2.50 m. y 3.00 m.
 - Instalación eléctrica empotrada ó conductores vistos de tipo especial.
 - Anclaje de aparatos sanitarios en muros debidamente reforzados.
- El techo de las casas de madera deberán ser de cobertura liviana, poco peso y estar debidamente arriostradas a los muros mediante conectores.
- Para edificaciones de dos pisos, será necesario efectuar el diseño estructural a fin de determinar el dimensionamiento de todos los componentes.
- En general, el Proyecto debe tomar en cuenta la Norma E.010: Madera, del nuevo Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú (Mayo 2006) y el Manual de Diseño para Madera del Grupo Andino (Año 2000).

m).- La edificaciones destinadas a las concentraciones de gran número de personas, deben tener un Estudio de Mecánica de Suelos y un diseño específico que cumpla con las normas de seguridad física y garantice su uso como área de refugio (hospitales, escuelas, oficinas

administrativas, hoteles, restaurantes, salas de baile, almacenes comerciales, edificios industriales, etc.).

n).- Los edificios destinados para concentraciones de un gran número de personas, deberán considerar libre acceso desde todos sus lados, así como salidas y rutas de evacuación dentro u alrededor del edificio.

o).- Para lograr que las construcciones resistan desastres naturales se recomienda lo siguiente:

- Incluir refuerzos laterales: el edificio debe diseñarse para que las paredes, los techos y los pisos se apoyen mutuamente. Una pared debe actuar como refuerzo para otra. El techo y los pisos deberán usarse para dar rigidez horizontal adicional. Deben evitarse las ventanas y las puertas cerca de las esquinas.
- Ofrecer resistencia a la tensión: para los amarres entre vigas y columnas deben estar fuertes para que no se separen. Los edificios de ladrillo deben estar amarrados con madera o acero. Los techos deben estar firmemente amarrados a las paredes.
- Fomentar la buena práctica local: la observancia de aspectos como una elección sensata de la ubicación, buenos materiales, y el mantenimiento regular que irá en beneficio de edificios más seguros.

Fuente: Dr. R. Spence, Universidad de Cambridge.

p).- Las Directrices de las Naciones Unidas para la seguridad de las edificaciones recomienda formas y disposiciones para los edificios, que si bien atentan contra la libertad del diseño, es conveniente adecuar su aplicación a ciudades como Puerto Maldonado, por su vulnerabilidad ante desastres. Estas orientaciones se seguirán, previendo los efectos de los fenómenos probables:

- Los edificios deben ser de formas sencillas, manteniéndose la homogeneidad en las formas y el diseño estructural. Se recomiendan las formas horizontal cuadrada o rectangular corta.
- Se debe evitar:
 - Edificios muy largos
 - Edificios en forma de L o en zig-zag.
 - Alas añadidas a la unidad principal.
- La configuración del edificio debe ser sencilla evitándose:
 - Grandes diferencias en las alturas de distintas partes del mismo edificio.
 - Torres pesadas y otros elementos decorativos colocados en la parte más alta de los edificios.

q).- Para la instalación de tuberías en suelos sujetos a movimientos fuertes, se deberá emplear materiales dúctiles como el polietileno.

r).- La accesibilidad, circulación y seguridad para los limitados físicos, deben estar garantizadas con el diseño de las vías y accesos a lugares de concentración pública.

5.3.- PROYECTOS DE MITIGACION ANTE LOS EFECTOS DE LOS PELIGROS DE ORIGEN NATURAL

La estrategia del plan para el manejo de los impactos negativos, que afectan a la ciudad de Puerto Maldonado, constituye el conjunto de actividades interconectadas que engloba la prevención, mitigación y la implementación de las pautas técnicas que son necesarias para eliminar y/o minimizar los efectos que ocasionan los fenómenos naturales en la ciudad.

La prevención, mitigación y la implementación de pautas técnicas se plasman a través de la identificación de proyectos. En el caso de la ciudad de Puerto Maldonado, el riesgo de sufrir un desastre en el corto plazo (debido a la ocurrencia y recurrencia de las inundaciones, erosión fluvial, actividad geodinámica de las cárcavas, así como de encharcamientos de agua y erosión pluvial), ha influido en la selección de 05 Proyectos de la mayor importancia, cuyo objetivo principal es la mitigación de los efectos producidos por los fenómenos naturales en la ciudad de Puerto Maldonado.

En el **PLANO Nº 14** se muestra la ubicación de los 05 Proyectos más importantes considerados para la ciudad de Puerto Maldonado y los cuales se mencionan a continuación:

PROYECTO Nº 01: SISTEMA INTEGRAL DE DRENAJE PLUVIAL

PROYECTO Nº 02: CONTROL Y TRATAMIENTO DE CARCAVAS

PROYECTO Nº 03: SISTEMA INTEGRAL DE DEFENSA RIBEREÑA

PROYECTO Nº 04: SISTEMA DE DRENAJE SUB SUPERFICIAL

PROYECTO Nº 05: CAPACITACION EN TECNICAS CONSTRUCTIVAS

Para los Proyectos principales antes citados se ha elaborado sus Fichas descriptivas; las cuales se presentan a a continuación:



INDECI

NOMBRE DEL PROYECTO :
P1 : SISTEMA INTEGRAL DE DRENAJE PLUVIAL

UBICACION
Ciudad de Puerto Maldonado
OBJETIVOS
Mitigar los efectos y daños ocasionados por peligros naturales de origen climático. Proyectar y construir un adecuado sistema de Drenaje Pluvial para la ciudad de Puerto Maldonado y sus áreas de expansión, con la finalidad de disminuir el riesgo por inundaciones, erosiones, escorrentía superficial descontrolada y sedimentación, coherente con las condiciones climáticas propias de la ciudad y con las obras de Drenaje ya existentes.



Sistema de Drenaje. Canal de Concreto colmatado Con sedimentos y con vegetación, en el Jr. Moquequa.

DESCRIPCION

Se trata de uno de los Proyectos de mayor importancia de la Ciudad, orientado a mitigar los efectos ocasionados por las grandes precipitaciones pluviales, asociado a la topografía plana de la ciudad, y sus consiguientes peligros. El desarrollo de un adecuado sistema de drenaje pluvial debe formar parte integral de la planificación territorial, tanto en el área urbana de la ciudad, como en el área de expansión urbanística. Deberá tomar como base los Estudios antecedentes, las obras ya construidas, la Topografía de Cotas y Rasantes, la dirección de los flujos de agua y sobre todo la distribución homogénea de los flujos en el número de emisores necesarios y óptimos, a fin de evitar la concentración de flujos, formación de cárcavas y minimizar el riesgo de falla de estas estructuras de entrega (emisores). El diseño de este sistema debe desarrollarse en forma independiente del sistema de desagüe de la ciudad. Las nuevas habilitaciones ubicadas en el área de expansión urbana deberá contemplar la instalación del sistema de drenaje, para evitar la ocupación de las áreas que deberían mantenerse libres para la escorrentía superficial. Se debe asegurar el mantenimiento periódico del sistema de drenaje, especialmente antes de las temporadas de Lluvia, a fin de asegurar su adecuado funcionamiento. Este Proyecto debe estar asociado al Proyecto de Control y Tratamiento de Cárcavas



Sistema de Drenaje. Izquierda, Se observa el buzón de inspección, colapsado por acumulación de desechos y basura. Derecha, canal de concreto colapsado por rebose del flujo y agrietamiento del canal



NOMBRE DEL PROYECTO :
P2 : CONTROL Y TRATAMIENTO DE CÁRCAVAS

INDECI

<p>UBICACION</p>	
<p>Ciudad de Puerto Maldonado</p>	
<p>OBJETIVOS</p>	<p>Cárcava Tambopata. Se observa la estructura de entrega al río, sin mantenimiento, colapsada. El cauce de la cárcava con acumulaciones de con desmonte v basura.</p>
<p>Mitigar los efectos y daños ocasionados por las Cárcavas. Controlar el avance de las cárcavas, hacia las áreas urbanas de la ciudad de Puerto Maldonado. Tratamiento de las cárcavas existentes, a fin de recuperar las áreas afectadas e incorporarlas nuevamente a su uso. Implementar y adoptar prácticas conservacionistas que no permitan reiniciar y/o activar el proceso de erosión y formación cárcavas. Integrar el control y tratamiento de cárcavas al Proyecto de Drenaje pluvial de la ciudad.</p>	

DESCRIPCION

Se trata del Proyecto de mayor importancia de la Ciudad, orientado a mitigar los efectos ocasionados por el avance de las cárcavas y sus consiguientes peligros. El control de las cárcavas se logrará, evitando que la concentración de flujos de agua, se dé en algunos emisores que desembocan en los ríos Madre de Dios y Tambopata, y continúen erosionando el suelo y desestabilizando los taludes. Para lograr este objetivo es necesario establecer un adecuado manejo de la cuenca de drenaje, de modo que se obtenga una correcta distribución e infiltración del agua precipitada sobre la ciudad. Si el flujo no puede ser desviado a otros lugares, o las pendientes de terreno no permitieran la distribución homogénea de flujo, entonces será necesario poner énfasis en el sistema de entrega a los ríos. Estas estructuras de entrega deben ser analizadas y diseñadas independientemente, tomando en consideración aspectos hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos, etc. Luego de implementar las estructuras de entrega, es necesario continuar con el monitoreo y mantenimiento de las mismas. El Control y Manejo de cárcavas debe estar complementado con prácticas conservacionistas que no permitan el colapso de las estructuras de entrega, la ampliación o activación de áreas adyacentes a la cárcava, el reinicio del proceso de erosión. Por ejemplo: evitar que los cauces principales de las cárcavas estén obstruidos por acumulación de desechos, desmonte, y todo tipo de basura; esto permitirá al flujo buscar otro surco de salida, ampliando el área de la cárcava. Evitar la forestación de las riberas con árboles con raíces de crecimiento radial y superficial, pues al ser desestabilizados, caen levantando gran cantidad de tierra; etc.





INDECI

NOMBRE DEL PROYECTO:
P3 : SISTEMA INTEGRAL DE DEFENSA RIBEREÑA

<u>UBICACION</u>
Barrio Pueblo Viejo y Puerto La Pastora.
<u>OBJETIVOS</u>
Mitigar los efectos y daños ocasionados por peligros naturales de origen climático. Este Proyecto reducirá el riesgo por inundaciones debido al desborde del río Tambopata (Pueblo Viejo) y Madre de Dios (Puerto La Pastora) y el desplazamiento de sus márgenes hacia la ciudad de Puerto Maldonado. El Proyecto evitará que las áreas pobladas se inunden en épocas de avenidas ordinarias; por lo que debe considerarse un Sistema Integral de Defensa Ribereña sobre ambos ríos.



Al fondo se observa la margen derecha del río Madre de Dios y su confluencia con el río Tambopata, en donde se encuentra asentado el barrio Pueblo Viejo.

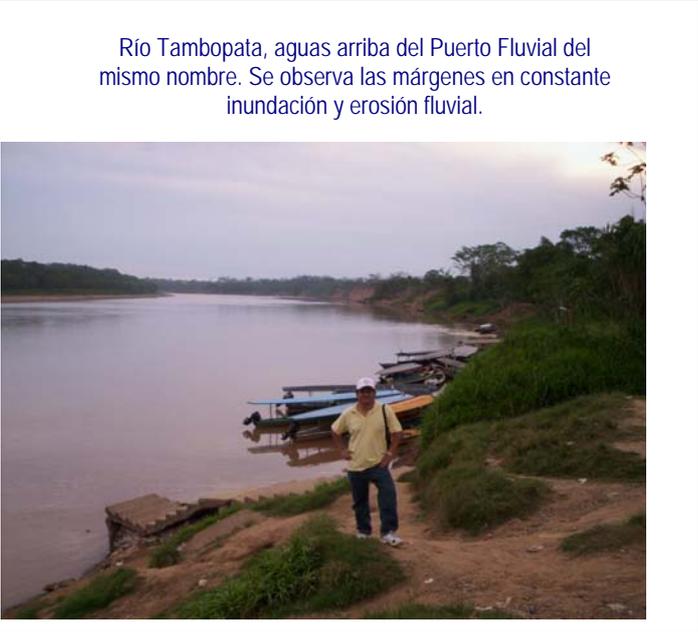
DESCRIPCION

Es un Proyecto de mucha importancia, orientado a mitigar los efectos ocasionados en la ciudad de Puerto Maldonado, por la ocurrencia de fenómenos climáticos: inundación por desborde, erosión y desplazamiento del río Madre de Dios en la parte aledaña a Puerto Pastora y del río Tambopata a su paso por el barrio denominado Pueblo Viejo. Está conformado básicamente por el diseño, construcción y mantenimiento de las obras de defensa ribereña en la margen derecha del río Madre de Dios, 300 m. aguas arriba y 200 m. aguas abajo del Puerto Pastora y sobre la margen izquierda del río Tambopata, aproximadamente 500 m. aguas arriba y 1,500 m. aguas abajo del Puerto Tambopata. Estas defensas, sea estructural o no estructural, tales como: Diques y/o Muros de encauzamiento y protección, Espigones, Enrocados, etc.; evitará inundaciones por desborde de los ríos, disminuirá el desplazamiento de la margen de los ríos hacia la ciudad.

El Proyecto debe incluir acciones y medidas complementarias, tales como: evitar la deforestación de las riberas del río y áreas próximas a ella, evitar la instalación y/o construcción de viviendas permanentes o eventuales en las márgenes, evitar la entrega de drenes superficiales o sub superficiales en esta parte del río.



Río Madre de Dios, aguas arriba del Puerto Pastora. Se observa en la margen derecha las instalaciones de dicho Puerto sobre la planicie de inundación, la cual está en una zona de Alto Peligro.



Río Tambopata, aguas arriba del Puerto Fluvial del mismo nombre. Se observa las márgenes en constante inundación y erosión fluvial.



INDECI

NOMBRE DEL PROYECTO:
P4 : SISTEMA DE DRENAJE SUB SUPERFICIAL

<p>UBICACION</p>	
<p>Ciudad de Puerto Maldonado: Area entre la Alameda de la Cultura v la Av. La Jova.v otros sitios puntuales.</p>	
<p>OBJETIVOS</p>	
<p>Mitigar los efectos y daños ocasionados por peligros naturales de origen climático y geológico-geotécnico. Disminuir la humedad del suelo superficial, encharcamientos de agua y la probable napa freática, a nivel puntual o zonal en la ciudad de Puerto Maldonado, con la finalidad de mejorar las condiciones de la cimentación, los procesos constructivos de las edificaciones. El Proyecto permitirá reducir áreas pantanosas, cochas y demás charcos de agua, donde se producen estancamientos del líquido, dando lugar a la contaminación y posteriormente a la proliferación de enfermedades.</p>	

Presencia de encharcamiento de agua, en la parte Sur Este de la prolongación de la Av. La Jova, Ciudad de Puerto Maldonado.

<p>DESCRIPCION</p>
<p>Se trata de uno de los Proyectos más importantes y que está orientado básicamente a mitigar los efectos ocasionados por la ocurrencia de fenómenos de origen climático y geológico-geotécnico y sus consiguientes peligros. Consiste en reducción de la cantidad de agua del suelo y el abatimiento y drenaje del nivel freático en las áreas donde se requiera edificar, para lo cual se recomienda tomar en cuenta las siguientes medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Excavación de sumideros en el área de interés; desde los cuales se realiza el abatimiento y drenaje bombeando desde la superficie del terreno. - Pozos filtrantes debidamente entibados para evitar desmoronamientos cuando se realiza el proceso de abatimiento y drenaje mediante bombeo. - Zanjas profundas de drenaje con su respectivo filtro que permitan por acción de la gravedad, la evacuación de las aguas subterráneas a un punto de desfogue adecuado. - Métodos alternos como la construcción de canales o acequias, así como drenes verticales u otros de acuerdo a la magnitud e importancia del problema. <p>El Proyecto de drenaje Sub superficial, debe estar interrelacionado al Proyecto de Drenaje Pluvial, a fin de complementarse entre ambos Proyectos.</p>

	<p>Se observa un área en depresión con niveles topográficos bajos que en épocas de lluvias intensas forma grandes encharcamientos de agua, sobre la Prolongación Sur Oeste de la Alameda de la Cultura en la ciudad de Puerto Maldonado.</p>
---	--



INDECI

NOMBRE DEL PROYECTO :
P5 : CAPACITACION EN TECNICAS CONSTRUCTIVAS

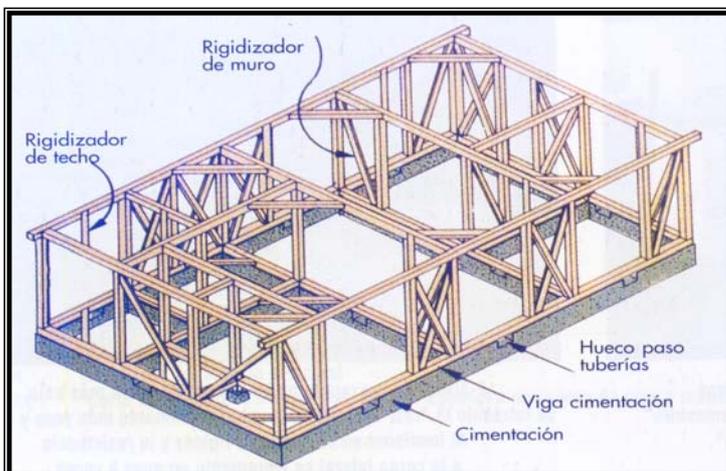
UBICACION
Ciudad de Puerto Maldonado
OBJETIVOS
Mitigar los efectos y daños ocasionados por peligros naturales de origen geológico-geotécnico. Tiene como objetivo principal la difusión de sistemas constructivos no convencionales y uso de materiales apropiados para aumentar la capacidad sismorresistente y calidad de las edificaciones y mejorar la calidad de las construcciones. Está dirigido principalmente a la población localizada en los sectores urbanos de peligro Medio-Alto de la ciudad de Puerto Maldonado.



Se debe difundir las técnicas de construcción antisísmica con madera, por tratarse del material comúnmente usado en la zona.

DESCRIPCION

Aunque se trata de un Proyecto que está orientado a mitigar los efectos de los peligros naturales en general; debe dársele mayor incidencia a los ocasionados por los sismos y lluvias intensas; ya que en Puerto Maldonado, a pesar de ser una zona de baja actividad sísmica existe la probabilidad de una media amplificación sísmica local que usualmente el poblador al momento de construir su casa no toma en cuenta o lo considera despreciable. El Proyecto ha de consistir básicamente en organizar talleres para la difusión y capacitación de sistemas constructivos con madera y materiales propios del lugar, sobre todo en las zonas de escasos recursos económicos donde es frecuente la auto construcción a base de madera y la aplicación inadecuada de criterios de diseño y construcción que no garantizan la estabilidad estructural de las edificaciones ante sismos de moderada magnitud. Siendo la Municipalidad Provincial de Tambopata – Madre de Dios, la entidad promotora, debe buscar el apoyo de las organizaciones sociales e instituciones especializadas para el logro de sus objetivos y la aplicación de los mecanismos más apropiados para llegar a la población como la difusión de cartillas técnicas y aplicación de modelos piloto.



Estructura antisísmica de una vivienda de madera típica. Las diagonales en las paredes y los arriostres en el techo sirven para darle rigidez al conjunto. La estructura de madera debe ser diseñada según la Norma E.010: Madera, del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú (Mayo 2006).

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

a).- El área de estudio tiene la siguiente ubicación política:

Lugar : Ciudad de Puerto Maldonado y áreas de expansión urbana
Distrito : Puerto Maldonado
Provincia : Tambopata
Departamento : Madre de Dios

b).- El área de estudio se encuentra dentro del cuello del gran meandro que forma el río Madre de Dios antes de su confluencia con el río Tambopata; por lo que el crecimiento físico de la ciudad al Norte, Oeste y Este se encuentra limitado por el cauce de dichos ríos.

c).- El área de estudio se encuentra emplazada sobre una colina baja ligeramente disectada de suelos residuales de la Formación Madre de Dios y que tiene un desnivel promedio de 20.0 m. con respecto al cauce de los ríos Madre de Dios y Tambopata; lo que ha posibilitado la aparición de cárcavas a lo largo del perímetro del acantilado fluvial de dichos ríos.

d).- Los suelos fluvioaluviales y residuales encontrados en el área de estudio son mayormente del tipo arcilloso inorgánico de media a alta plasticidad (CL,CH) y en menor proporción se encuentran del tipo limo-arenoso (ML); en estado de consistencia Suave a Muy Suave.

e).- El meandro Pastora, viene experimentando un movimiento hacia el sur este, hacia la Av. Andrés Avelino Cáceres. Mientras que el meandro Nuevo Amanecer se desplaza con dirección oeste, ambos forman un cuello en la zona norte de la ciudad, el cual viene experimentando un lento estrechamiento, a una razón de 3 m. por año en promedio. Actualmente la distancia más estrecha del cuello es 1,413 m.

f).- Las direcciones de las cárcavas Tropezón y Nuevo Amanecer vienen alineándose, y avanzando en sentidos contrarios, la distancia que los separa es 1,260 m, menor a la distancia entre las riberas de las márgenes del río Madre de Dios (1,413 m). Según la tendencia del avance de las dos cárcavas, se corre el riesgo que estas puedan conectarse, permitiendo el ingreso del flujo del río y originando la ruptura del cuello de meandro, mucho más rápido que por el movimiento oscilatorio meándrico.

g).- Las áreas urbanas de Pueblo Viejo y Puerto La Pastora, están expuestas a peligros de inundación, por desborde del río Madre de Dios y Tambopata respectivamente, a la ocurrencia de avenidas centenarias. Estas inundaciones tendrían una duración de 4 a 6 días, con ascensos y descensos lentos de los niveles de agua, que podría dar tiempo de realizar la evacuación de los pobladores de estas zonas.

h).- La mala distribución de los flujos de escorrentía, por un inadecuado sistema de drenaje, han permitido la concentración de grandes caudales en ciertos puntos de la ciudad, y al desembocar en forma natural han provocado la formación cárcavas.

i).- La acumulación de desechos y todo tipo de basura, en los sistemas de drenaje (ductos, canales), reducen la capacidad de conducción de los mismos, y rebosan ocasionando inundaciones de las calles y viviendas. La acumulación de desechos y basura, en las quebradas o cárcavas, permite al flujo buscar otro surco de salida, ampliando el área de la cárcava.

j).- El control de las cárcavas se logrará, evitando que la concentración del agua continúe erosionando el suelo y desestabilice los taludes, para lograr este objetivo es necesario establecer un adecuado manejo de la cuenca de drenaje, de modo que se obtenga una correcta distribución e infiltración del agua en toda ella; lo que obliga a proyectar un Sistema Integral de Drenaje Pluvial.

k).- En aquellas cárcavas que se ubican fuera de las áreas urbanas, donde se tiene espacio, podría optarse por construir terrazas o canales divergentes inmediatamente encima de la cabecera para impedir totalmente la entrada del agua. También podrá verse la opción de aislar con cercos todo el perímetro para evitar la entrada de animales o que los trabajos rutinarios sean realizados muy próximos a los taludes de las cárcavas.

l).- En aquellas cárcavas donde el flujo no puede ser desviado a otros lugares, entonces será necesario construir un adecuado sistema de entrega de los flujos de agua a las quebradas o cárcavas y de estas a los ríos.

m).- Es necesario implementar un Sistema Integral de Drenaje Pluvial, independiente del sistema de alcantarillado, con adecuadas estructuras de entrega de los drenes menores a los drenes principales, y estos a los ríos. Este sistema de drenaje, debe permitir la distribución homogénea de las aguas de la cuenca en los emisores principales. Así mismo debe evitar la sedimentación, erosión de los canales y profundización de las cárcavas ya existentes.

n).- Los fenómenos de origen geológico-geotécnico de mayor incidencia en el área de estudio, están relacionados a la baja a regular capacidad portante y a la probabilidad de amplificación local de ondas sísmicas; siendo este último el de mayor incidencia y el que predomina en la calificación del grado de peligro: Medio a Medio-Alto.

o).- Los fenómenos de origen climático de mayor incidencia en el área de estudio son: inundación por desborde del río Madre de Dios y Tambopata, encharcamiento por ocurrencia de lluvias en áreas planas u hondonadas, erosión fluvial y producción de cárcavas sobre el acantilado fluvial y las riberas del río Madre de Dios y Tambopata; siendo estos últimos los de mayor importancia y los que predominan en la calificación del grado de peligro: Alto a Muy Alto.

p).- Los fenómenos de origen geológico-climático de mayor incidencia en el área de estudio, son por inundación en las terrazas fluvioaluviales, erosión fluvial en los taludes y riberas, deslizamientos, derrumbes y cárcavas en el acantilado fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata, los cuales se ven favorecidos por las intensas precipitaciones que ocurren en la zona; siendo las cárcavas las de mayor importancia y las que predominan en la calificación del mayor grado de peligro: Alto a Muy Alto.

q).- La ciudad de Puerto Maldonado se ha dividido en 05 niveles de peligros múltiples en función a la ocurrencia y magnitud de los fenómenos de origen geológico-geotécnico, climático y geológico-climático; según la descripción siguiente:

ZONA DE PELIGRO BAJO- MEDIO:

Terrenos sobre suelos arcillosos de baja a alta plasticidad, de pendiente muy suave a suave, con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm^2 a 2.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico, bajo potencial de expansión, donde no se evidencia fenómenos de origen geológico-climático de importancia, libres de inundación en épocas de avenidas extraordinarias y en donde las precipitaciones intensas producen encharcamientos de agua leve y escorrentía de magnitud moderada que tienen un inadecuado drenaje en sitios críticos aislados. Terrenos alejados de la influencia de cárcavas, deslizamientos y erosión fluvial.

Corresponde a gran parte del área urbana consolidada y áreas de expansión urbana (Area I y II) de la ciudad de Puerto Maldonado y que no presentan problemas de encharcamiento de aguas de lluvias por falta de drenaje natural.

Zona recomendada para usos urbanos de alta densidad y la ubicación de edificaciones indispensables como: Hospitales, Centros Educativos, Cuartel de Bomberos; etc.

ZONA DE PELIGRO MEDIO:

Terrenos sobre suelos arcillosos y limosos de media a alta plasticidad, de pendiente muy suave a suave, con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico, bajo potencial de expansión, sujetos a inundación en avenidas extraordinarias y áreas sin drenaje de la ciudad inundables por lluvias intensas con nivel freático eventualmente superficial a poco profundo. Terrenos con débil influencia de la actividad de las cárcavas, erosión y deslizamientos.

Comprende parte de la ciudad de Puerto Maldonado que se encuentra cerca de aquellas áreas expuestas a una moderada erosión fluvial, inundación por desborde, deslizamientos y producción de cárcavas; por lo que se ubican alrededor de las zonas de Peligro Alto. Es una franja paralela al borde del acantilado fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata. Se ubica en la planicie de inundación de la margen izquierda del río Tambopata antes de su confluencia con el río Madre de Dios (Pueblo Viejo y alrededores de Puerto Tambopata), en los alrededores del Puerto Pastora y en el Asentamiento Humano El Triunfo.

Zona recomendada para usos urbanos de media densidad, después de realizar investigaciones geotécnicas normales.

ZONA DE PELIGRO MEDIO-ALTO:

Terrenos sobre suelos fluvioaluviales adyacentes a los ríos Madre de Dios y Tambopata de pendiente muy suave, que corresponde a las planicies de inundación de avenidas extraordinarias y antiguos cauces de ríos cubiertos por vegetación: Arcillas inorgánicas, Limos inorgánicos y Arenas Limosas de baja a media plasticidad, con baja a regular capacidad portante (0.75 Kg/cm^2 a 1.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico, bajo potencial de expansión y nivel freático eventualmente superficial a poco profundo.

Zona recomendada para usos urbanos de media a baja densidad, luego de realizar investigaciones geotécnicas normales.

ZONA DE PELIGRO ALTO:

Terrenos sobre suelos fluvioaluviales adyacentes a los ríos Madre de Dios y Tambopata de pendiente muy suave, sujetos a inundación permanente en avenidas ordinarias. Terrenos con alta influencia de la actividad de las cárcavas, erosión y deslizamientos. Corresponde también a los alrededores más cercanos de la zona de Peligro Muy Alto.

En esta zona se encuentran arenas Limosas de baja a media plasticidad, con baja a regular capacidad portante (0.75 Kg/cm^2 a 1.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico, bajo potencial de expansión y nivel freático eventualmente superficial a poco profundo.

Comprende el barrio Pueblo Viejo que es inundado en avenidas ordinarias y el perímetro del acantilado fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata, donde llega la actividad geodinámica de las cárcavas y la erosión fluvial.

Zona recomendada para usos urbanos de baja densidad, luego de realizar investigaciones geotécnicas detalladas.

ZONA DE PELIGRO MUY ALTO:

Cauce de los ríos Madre de Dios y Tambopata y sus áreas adyacentes más próximas. Terrenos sobre suelos fluvioaluviales de pendiente muy suave (0° a 5°), sujetos a inundación permanente en avenidas normales y a una intensa producción de deslizamientos, cárcavas, sedimentación y erosión en márgenes en áreas críticas como el Meandro Oeste y Este del río Madre de Dios y Meandro Herrera del río Tambopata. Terrenos que comprenden el acantilado de los ríos, donde hay una intensa producción de erosión marginal, deslizamientos, derrumbes y cárcavas.

En esta zona no se permite su uso para fines urbanos. Se recomienda su uso como reservas ecológicas, recreación abierta o para fines agrícolas.

r).- La mayor parte de la ciudad de Puerto Maldonado y sus áreas de expansión urbana I y II, se encuentran en una zona de peligro múltiple Bajo a Medio, debido a la influencia predominante de la amplificación sísmica local por presencia de formaciones sedimentarias del Cuaternario.

s).- La zona de mayor peligro múltiple en la ciudad de Puerto Maldonado corresponde a una calificación de peligro Muy Alto y comprende los cauces de los ríos actuales y antiguos, zonas inundables en épocas de avenidas anuales, ordinarias y extraordinarias, acantilado fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata, zona de cárcavas sobre los acantilados, en donde los procesos de movilidad y erosión son muy intensos y de especial importancia.

t).- Los Proyectos más importantes y que deben ser realizados en el área de estudio, para mitigar los efectos de los fenómenos naturales de origen geológico-geotécnico, climático y geológico-climático, son:

- PROYECTO N° 01:** SISTEMA INTEGRAL DE DRENAJE PLUVIAL
- PROYECTO N° 02:** CONTROL Y TRATAMIENTO DE CARCAVAS
- PROYECTO N° 03:** SISTEMA INTEGRAL DE DEFENSA RIBEREÑA
- PROYECTO N° 04:** SISTEMA DE DRENAJE SUB SUPERFICIAL
- PROYECTO N° 05:** CAPACITACION EN TECNICAS CONSTRUCTIVAS

BIBLIOGRAFIA

- 1).- Juarez Badillo y Rico Rodriguez; Mecánica de Suelos Tomo II; Editorial LIMUSA, México, 1995, Tercera Edición. (Pág. 392)
- 2).- Juarez Badillo y Rico Rodriguez; Mecánica de Suelos Tomo I; Editorial LIMUSA, México, 1996, Tercera Edición. (Pág. 305)
- 3).- Carlos Crespo Villalaz; Mecánica de Suelos y Cimentaciones; Editorial LIMUSA, México, 1998, Sexta reimpression de la Cuarta Edición. (Pág. 85)
- 4).- Leopold B.L., M.G. Wolman, John P. Miller (1964) "Fluvial Processes in Geomorphology", Freeman and Co. San Francisco 1964, p.p. 281-319.
- 5).- Noa Yarasca E. (2004). "Socavación Local por Chorros Horizontales de agua, sobre un Lecho de Suelo Cohesivo", MSc. Thesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima Perú.
- 6).- Blench T. (1952). "Regime theory for self-formed sediment bearing channels". Paper 2499, Vol 117, Transactions American Society of Civil Engineers, p.p. 383-408.
- 7).- Howard H Chang (1988). "Fluvial Processes in River Engineering", Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, USA.
- 8).- Farias H.D. (2005). "Forma en Plata de Ríos de Llanura", II Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos, Santiago de Estero, Argentina.
- 9).- Apmann Robert P. (1972). "Flow Processes in Open Channel Bends"., Journal of the Hydraulic Division, Paper 8886, may 1972, p.p. 795-810.
- 10).- Laureen Emmett M. (1962). "Discusión del artículo, Scour al Bridge crossings", Paper 3294, Vol. 127, Part.1, Transaction ASCE.
- 11).- French R. H. (1988) "Hidráulica de Canales Abiertos", McGraw Hill Inc., U.S.A.
- 12).- INGEMMET; Boletín N° 123: Geología del Cuadrángulo de Puerto Maldonado (Hoja 22-x); Impreso en INGEMMET, Lima, Noviembre 1998, Primera Edición.
- 13).- Instituto Geofísico del Perú (IGP); Características de la Sismicidad en la región Sur del Perú; Impreso en IGP, Lima, Abril 1999.
- 14).- Municipalidad Provincial de Tahuamanu-Puerto Maldonado, Dirección de Desarrollo Urbano Rural, Consultora HIDROTEC Ingenieros Electromecánicos S.R.L.; Plan de Ordenamiento de Puerto Maldonado; Puerto Maldonado, Diciembre 2000.
- 15).- Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG); Reglamento Nacional de Estructuras; Fondo Editorial ICG, Lima, Mayo 2002.
- 16).- Alfonso Rico Rodríguez y Hermilo del Castillo; La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres Volumen I y II; Editorial LIMUSA, México, 1998, Duodécima reimpression.
- 17).- Ven Te Chow, David Maidment y Larry Mays; Hidrología Aplicada; Mc GRAW-HILL INTERAMERICANA S.A., Colombia, 1994, Traducción de la primera Edición en Inglés.
- 18).- Arturo Rocha Felices, Introducción a la Hidráulica Fluvial; Facultad de Ingeniería Civil-UNI, Lima, Noviembre 1998, Primera Edición.
- 19).- CONVENIO DE COOPERACIÓN TÉCNICA: IILA, SENAMHI, UNI, "Estudio de la Hidrología del Perú", Volumen III, Estudio de Avenidas, 1983.

- 20).**- Julio Kuroiwa Horiuchi, "Reducción de Desastres" Viviendo en armonía con la naturaleza; QUEBECOR WORLD PERU S.A., Lima, Enero 2002
- 21).**- Francis Bacon, "Geología aplicada a la ingeniería Civil"; Mc Graw Hill U.S.A., 1986, México.
- 22).**- J. A. Jiménez Salas, "Geotecnia y Cimientos" Volumen I, II y III, 1981; Editorial Rueda, España, Madrid, 2000.
- 23).**- Coronado Del Aguila F. (1971). "La Iniciación de Movimiento de los Sedimentos", Dirección Ejecutiva del Proyecto Chira Piura, Lima, Perú.
- 24).**- Coronado Del Aguila F. (1973). "Interpretación de la Evolución del Cauce del Río Amazonas en las Vecindades de la Ciudad de Iquitos", Hector Gallegos-Raul Ríos-Carlos Casabone-Carlos Uccelli-Guillermo Icochea Ingenieros Consultores – Arequipa, Perú.
- 25).**- Hans G. W. (1971). "Hydraulics of Sediment Transport", McGraw Hill Inc. USA.
- 26).**- Leliavsky Serge, (1966). "An Introduction to Fluvial Hydraulics", Dover Publications 1966, New York, USA.
- 27).**- Vanoni, V. A., "Sedimentation Engineering", by the American Society of Civil Engineers – New York -1975.
- 28).**- Simons Daryl B. And Sentürk F. (1977). "Sediment Transport Technology", Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, USA.

CUADROS

PARÁMETROS FÍSICOS Y MECÁNICOS DEL SUELO DE CIMENTACIÓN EN "CALICATAS" APERTURADAS

Estudio : MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO
 Proyecto : PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES
 Fecha : NOVIEMBRE DEL 2006

EXCAV.	PROF. (m)	CLASIF SUCS	$\gamma_{nat.}$ (Tn/m ³)	$\gamma_{sec.}$ (Tn/m ³)	W nat. (%)	LÍMITES DE ATTEBERG				LC (%)	C.L (%)	%< Nº 200	Parámetros de Resistencia al Esfuerzo de Corte		Parámetros de Consolidación Unidimensional		
						LL	LP	IP	Wo				ϕ (°)	C sat.	Pc (kg/cm2)	Cc	Cs
	0.15-1.20	ML			8.26	15.45	13.18	2.27	8.26		1.07	61.800					
C-15	0.00-0.20 0.20-0.90	Cobertura CL			11.29	27.22	13.16	14.06	11.29		6.60	69.100					
C-16	0.00-0.10 0.10-1.00	Cobertura CL			10.58	28.47	19.69	8.78	10.58		4.12	64.900					
C-17	0.00-0.20 0.20-1.10	Cobertura SM			8.80	24.01	21.16	2.85	8.80		1.34	44.400					
C-18	0.00-0.15 0.15-0.90	Cobertura ML			9.21	23.89	20.81	3.08	9.21		1.45	92.400					
C-19	0.00-0.20 0.20-1.00	Cobertura CL			11.30	30.56	22.23	8.33	11.30		3.91	97.300					
C-20	0.00-0.30 0.30-1.20	Cobertura CL-ML			11.33	25.74	20.54	5.20	11.33		2.44	95.200					
C-21	0.00-0.10 0.10-1.00	Cobertura CL			18.63	27.56	18.75	8.81	18.63		4.14	94.600					
C-22	0.00-0.20 0.20-0.85	Cobertura CL			14.46	28.90	19.73	9.17	14.46		4.31	95.700					
C-23	0.00-0.10 0.10-0.90	Cobertura CL-ML			10.62	21.04	16.30	4.74	10.62		2.23	95.000					
C-24	0.00-0.10 0.10-1.00	Cobertura CL			11.81	31.11	21.88	9.23	11.81		4.33	94.100					
C-25	0.00-0.10 0.10-1.10	Cobertura SC			7.33	25.49	17.70	7.79	7.33		3.66	45.400					
C-26	0.00-0.20 0.20-1.00	Cobertura SC			5.95	26.98	19.00	7.98	5.95		3.75	37.700					
C-27	0.00-0.20 0.20-0.85	Cobertura SC			6.35	28.96	20.75	8.21	6.35		3.85	40.000					

PARÁMETROS FÍSICOS Y MECÁNICOS DEL SUELO DE CIMENTACIÓN EN "CALICATAS" APERTURADAS

Estudio : MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO
 Proyecto : PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES
 Fecha : NOVIEMBRE DEL 2006

EXCAV.	PROF. (m)	CLASIF SUCS	γ_{nat} (Tn/m ³)	γ_{sec} (Tn/m ³)	W nat. (%)	LÍMITES DE ATTEBERG				LC (%)	C.L (%)	%< Nº 200	Parámetros de Resistencia al Esfuerzo de Corte		Parámetros de Consolidación Unidimensional				
						LL	LP	IP	Wo				ϕ (°)	C sat.	Pc (kg/cm2)	Cc	Cs		
C-28	0.00-0.10 0.10-0.90	Cobertura SC			7.23	23.48	15.84	7.64	7.23		3.59	41.200							
C-29	0.00-0.05 0.05-1.00	Cobertura CL			13.36	31.39	22.67	8.72	13.36		4.09	70.500							
C-30	0.00-0.10 0.10-0.90	Cobertura CL-ML			11.42	26.63	21.31	5.32	11.42		2.50	59.300							
C-1 (2006)	0.00-0.20 0.20-2.50	Cobertura CL	1.783	1.550	15.00	39.00	15.00	24.00	14.80	12.00	11.27	61.900	38.00	0.25					
C-2 (2006)	0.00-0.10 0.10-2.50	Cobertura SC	1.840	1.600	15.00	32.00	17.00	15.00	11.90	13.00	7.04	46.900	30.40	0.61	2.33	0.26	0.014		
C-3 (2006)	0.00-0.20 0.20-2.50	Cobertura CH			22.30	56.00	27.00	29.00	22.30	20.00	13.62	96.500							
C-4 (2006)	0.00-0.30 0.30-2.50	Cobertura CH	1.820	1.500	21.30	51.00	22.00	29.00	22.60	15.00	13.62	75.500			1.04	0.228	0.019		
C-5 (2006)	0.00-0.10 0.10-2.50	Cobertura CH	1.891	1.550	22.00	50.00	19.00	31.00	23.20	13.00	14.55	74.000			Expansión =		0.70%		
C-6 (2006)	0.00-0.10 0.10-2.50	Cobertura CH	1.785	1.450	23.12	56.00	28.00	28.00	21.70	19.00	13.15	83.100	25.70	0.40					
C-7 (2006)	0.00-0.10 0.10-2.50	Cobertura CL	1.762	1.450	21.50	46.00	22.00	24.00	21.00	17.00	11.27	97.400	30.00	0.40					
C-8 (2006)	0.00-0.20 0.20-1.50 1.50-2.50	Cobertura CH CH			20.10 21.00	53.00 53.00	21.00 23.00	32.00 30.00	20.10 21.00	16.00 14.00	15.02 14.08	92.300 96.400							
C-9 (2006)	0.00-0.10 0.10-2.50	Cobertura CL	2.017	1.730	16.60	47.00	20.00	27.00	16.90	14.00	12.68	62.300							
C-10 (2006)	0.00-0.10 0.10-2.50	Cobertura CH	1.528	1.250	22.20	52.00	26.00	26.00	22.00	17.00	12.21	91.300	28.3	0.2					

PARÁMETROS FÍSICOS Y MECÁNICOS DEL SUELO DE CIMENTACIÓN EN "CALICATAS" APERTURADAS

Estudio : MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO
 Proyecto : PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES
 Fecha : NOVIEMBRE DEL 2006

EXCAV.	PROF. (m)	CLASIF SUCS	$\gamma_{nat.}$ (Tn/m ³)	$\gamma_{sec.}$ (Tn/m ³)	W nat. (%)	LÍMITES DE ATTEBERG				LC (%)	C.L (%)	%< N° 200	Parámetros de Resistencia al Esfuerzo de Corte		Parámetros de Consolidación Unidimensional		
						LL	LP	IP	Wo				ϕ (°)	C sat.	Pc (kg/cm2)	Cc	Cs

C-1 (2006)	0.00-10.00	CL			17.70	40.00	21.00	19.00	17.70		8.92	58.600					
Puerto	10.00-16.00	GM			9.50	21.00	NP	NP	9.50			16.300					
Pastora	16.00-28.00	SM			17.90	21.00	NP	NP	17.90			19.100					
	28.00-35.00	CL			12.60	42.00	23.00	19.00	12.60		8.92	98.700					

CUADRO N° 02
DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DE CIMENTACIÓN EN "CALICATAS" APERTURADAS (PRESIÓN ACTUANTE IGUAL A CAPACIDAD PORTANTE)
(FALLA POR CORTE EN ZAPATAS CUADRADAS - CONDICION ESTATICA)

Proyecto : MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO
 Obra : PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES
 Fecha : NOVIEMBRE DEL 2006

EXCAVACIÓN	Clasificación SUCS	$\gamma_{nat.1}$ (Tn/m3)	$\gamma_{nat.2}$ (Tn/m3)	C sat. (kg/cm2)	D relat diseño	ϕ (°) diseño	Df (m) diseño	Tipo de Falla	C sat.* (kg/cm2)	ϕ^* (°)	B (m)	Nc	Nq	N γ	qu (kg/cm ²)	q adm. (kg/cm ²)	P (tn)	B calculado (m)
C-1	CL	1.80	1.80	0.250	45.000	25.000	1.000	Intermedia	0.167	25.00°	1.208	21.764	8.143	3.921	6.160	2.053	30.000	1.209
C-2	CL	1.80	1.80	0.250	45.000	25.000	1.000	Intermedia	0.167	25.00°	1.208	21.764	8.143	3.921	6.160	2.053	30.000	1.209
C-3	CL	1.75	1.75	0.250	50.000	25.000	1.000	Intermedia	0.167	25.00°	1.146	24.111	9.404	4.837	6.856	2.285	30.000	1.146
C-4	CL	1.75	1.75	0.250	40.000	25.000	1.000	Intermedia	0.167	25.00°	1.296	19.417	6.881	3.006	5.360	1.787	30.000	1.296
C-5	CL	1.85	1.85	0.250	50.000	25.000	1.000	Intermedia	0.167	25.00°	1.137	24.111	9.404	4.837	6.969	2.323	30.000	1.136
C-6	CL	1.80	1.80	0.250	45.000	25.000	1.000	Intermedia	0.167	25.00°	1.209	21.764	8.143	3.921	6.160	2.053	30.000	1.209
C-7	SM	1.80	0.80	0.200	40.000	25.000	1.000	Intermedia	0.133	25.00°	1.415	19.417	6.881	3.006	4.481	1.494	30.000	1.417
C-8	CL	1.85	1.85	0.250	50.000	25.000	1.000	Intermedia	0.167	25.00°	1.137	24.111	9.404	4.837	6.969	2.323	30.000	1.136
C-9	SM	1.80	0.80	0.200	40.000	25.000	1.000	Intermedia	0.133	25.00°	1.415	19.417	6.881	3.006	4.481	1.494	30.000	1.417
C-10	CL-ML	1.75	1.75	0.200	50.000	20.000	1.000	Intermedia	0.133	20.00°	1.552	16.354	5.307	1.834	3.745	1.248	30.000	1.550
C-11	ML	1.70	1.70	0.200	45.000	20.000	1.000	Intermedia	0.133	20.00°	1.622	15.193	4.771	1.493	3.407	1.136	30.000	1.625
C-12	CL-ML	1.75	1.75	0.200	45.000	20.000	1.000	Intermedia	0.133	20.00°	1.619	15.193	4.771	1.493	3.435	1.145	30.000	1.619
C-13	SC	1.80	0.80	0.200	35.000	25.000	1.000	Local	0.133	17.00°	1.534	17.070	5.620	2.090	3.845	1.282	30.000	1.530
C-14	ML	1.70	0.70	0.200	40.000	20.000	1.000	Intermedia	0.133	20.00°	1.726	14.031	4.236	1.151	3.021	1.007	30.000	1.726
C-15	CL	1.80	1.80	0.250	50.000	25.000	1.000	Intermedia	0.167	25.00°	1.141	24.111	9.404	4.837	6.912	2.304	30.000	1.141
C-16	CL	1.75	1.75	0.250	45.000	25.000	1.000	Intermedia	0.167	25.00°	1.214	21.764	8.143	3.921	6.111	2.037	30.000	1.214
C-17	SM	1.80	0.80	0.200	40.000	25.000	1.000	Intermedia	0.133	25.00°	1.412	19.417	6.881	3.006	4.481	1.494	30.000	1.417
C-18	ML	1.75	0.75	0.200	40.000	20.000	1.000	Intermedia	0.133	20.00°	1.719	14.031	4.236	1.151	3.046	1.015	30.000	1.719
C-19	CL	1.80	1.80	0.250	45.000	25.000	1.000	Intermedia	0.167	25.00°	1.209	21.764	8.143	3.921	6.160	2.053	30.000	1.209
C-20	CL-ML	1.80	1.80	0.250	45.000	25.000	1.000	Intermedia	0.167	25.00°	1.209	21.764	8.143	3.921	6.160	2.053	30.000	1.209
C-21	CL	1.75	1.75	0.250	40.000	25.000	1.000	Intermedia	0.167	25.00°	1.296	19.417	6.881	3.006	5.360	1.787	30.000	1.296
C-22	CL	1.70	1.70	0.250	35.000	25.000	1.000	Local	0.167	17.00°	1.404	17.070	5.620	2.090	4.569	1.523	30.000	1.404
C-23	CL-ML	1.70	1.70	0.250	35.000	25.000	1.000	Local	0.167	17.00°	1.402	17.070	5.620	2.090	4.569	1.523	30.000	1.404
C-24	CL	1.80	1.80	0.250	40.000	25.000	1.000	Intermedia	0.167	25.00°	1.291	19.417	6.881	3.006	5.401	1.800	30.000	1.291
C-25	SC	1.60	0.60	0.200	35.000	25.000	1.000	Local	0.133	17.00°	1.558	17.070	5.620	2.090	3.709	1.236	30.000	1.558
C-26	SC	1.70	0.70	0.200	35.000	25.000	1.000	Local	0.133	17.00°	1.544	17.070	5.620	2.090	3.777	1.259	30.000	1.544
C-27	SC	1.75	0.75	0.200	35.000	25.000	1.000	Local	0.133	17.00°	1.537	17.070	5.620	2.090	3.811	1.270	30.000	1.537
C-28	SC	1.80	0.80	0.200	35.000	25.000	1.000	Local	0.133	17.00°	1.530	17.070	5.620	2.090	3.845	1.282	30.000	1.530
C-29	CL	1.75	0.75	0.200	35.000	25.000	1.000	Local	0.133	17.00°	1.537	17.070	5.620	2.090	3.811	1.270	30.000	1.537
C-30	CL-ML	1.75	1.75	0.200	50.000	25.000	1.000	Intermedia	0.133	25.00°	1.233	24.111	9.404	4.837	5.921	1.974	30.000	1.233
C-1 (2006)	CL	1.80	1.80	0.250	45.000	25.000	1.000	Intermedia	0.167	25.00°	1.200	21.764	8.143	3.921	6.157	2.052	30.000	1.209
C-2 (2006)	SC	1.85	1.85	0.200	45.000	25.000	1.000	Intermedia	0.133	25.00°	1.296	21.764	8.143	3.921	5.365	1.788	30.000	1.295
C-3 (2006)	CH	1.80	1.80	0.250	45.000	20.000	1.000	Intermedia	0.167	20.00°	1.490	15.193	4.771	1.419	4.050	1.350	30.000	1.491
C-4 (2006)	CH	1.80	1.80	0.250	50.000	20.000	1.000	Intermedia	0.167	20.00°	1.428	16.354	5.307	1.834	4.415	1.472	30.000	1.428
C-5 (2006)	CH	1.80	1.80	0.250	50.000	20.000	1.000	Intermedia	0.167	20.00°	1.428	16.354	5.307	1.834	4.415	1.472	30.000	1.428

CUADRO N° 03

DETERMINACION DEL POTENCIAL DE EXPANSION Y COLAPSO EN "CALICATAS" APERTURADAS (CON USO DE LOS DATOS INDICE Y POTENCIAL DE EXPANSION DEL SUELO)

Estudio : MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO
 Proyecto : PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES
 Fecha : NOVIEMBRE DEL 2006

EXCAV.	CLASIF	γ_{sec} (Tn/m^3)	LIMITES DE ATTEBERG				LC (%)	P.E. (%)	C.L. (%)	%< N° 200	RESULTADOS DEL ANALISIS DE SUSCEPTIBILIDAD		
			LL	LP	IP	Wo					Cambios volumétricos por cambios en el contenido de humedad	Potencial de Expansión	Potencial de Colapso

C-01	CL		32.94	21.47	11.47	9.35			5.38	80.100	Bajo	Bajo	No colapsable
C-02	CL		31.39	22.51	8.88	14.83			4.17	66.000	Bajo	Bajo	No colapsable
C-03	CL		28.48	21.59	6.89	13.73			3.23	69.700	Bajo	Bajo	No colapsable
C-04	CL		28.61	19.26	9.35	15.68			4.39	68.800	Bajo	Bajo	No colapsable
C-05	CL		30.16	21.67	8.49	17.04			3.99	58.700	Bajo	Bajo	No colapsable
C-06	CL		45.32	32.38	12.94	10.06			6.08	74.400	Bajo	Bajo	No colapsable
C-07	SM		26.44	22.71	3.73	9.29			1.75	47.900	Bajo	Bajo	No colapsable
C-08	CL		32.87	30.41	2.46	9.63			1.15	64.800	Bajo	Bajo	No colapsable
C-09	SM		20.97	17.33	3.64	10.38			1.71	44.700	Bajo	Bajo	No colapsable
C-10	CL-ML		25.99	20.45	5.54	11.66			2.60	59.700	Bajo	Bajo	No colapsable
C-11	ML		22.22	19.22	3.00	11.15			1.41	60.800	Bajo	Bajo	No colapsable
C-12	CL-ML		18.15	13.11	5.04	17.25			2.37	50.100	Bajo	Bajo	No colapsable
C-13	SC		21.49	13.65	7.84	7.45			3.68	40.900	Bajo	Bajo	No colapsable
C-14	ML		15.45	13.18	2.27	8.26			1.07	61.800	Bajo	Bajo	No colapsable
C-15	CL		27.22	13.16	14.06	11.29			6.60	69.100	Bajo	Bajo	No colapsable
C-16	CL		28.47	19.69	8.78	10.58			4.12	64.900	Bajo	Bajo	No colapsable
C-17	SM		24.01	21.16	2.85	8.80			1.34	44.400	Bajo	Bajo	No colapsable

DETERMINACION DEL POTENCIAL DE EXPANSION Y COLAPSO EN "CALICATAS" APERTURADAS (CON USO DE LOS DATOS INDICE Y POTENCIAL DE EXPANSION DEL SUELO)

Estudio : MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO
 Proyecto : PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES
 Fecha : NOVIEMBRE DEL 2006

EXCAV.	CLASIF	γ_{sec}	LIMITES DE ATTEBERG				LC	P.E.	C.L.	%<	RESULTADOS DEL ANALISIS DE SUSCEPTIBILIDAD		
			LL	LP	IP	Wo					Cambios volumétricos por cambios en el contenido de humedad	Potencial de Expansión	Potencial de Colapso
	SUCS	(Tn/m^3)					(%)	(%)	(%)	N° 200			
C-18	ML		23.89	20.81	3.08	9.21			1.45	92.400	Bajo	Bajo	No colapsable
C-19	CL		30.56	22.23	8.33	11.30			3.91	97.300	Bajo	Bajo	No colapsable
C-20	CL-ML		25.74	20.54	5.20	11.33			2.44	95.200	Bajo	Bajo	No colapsable
C-21	CL		27.56	18.75	8.81	18.63			4.14	94.600	Bajo	Bajo	No colapsable
C-22	CL		28.90	19.73	9.17	14.46			4.31	95.700	Bajo	Bajo	No colapsable
C-23	CL-ML		21.04	16.30	4.74	10.62			2.23	95.000	Bajo	Bajo	No colapsable
C-24	CL		31.11	21.88	9.23	11.81			4.33	94.100	Bajo	Bajo	No colapsable
C-25	SC		25.49	17.70	7.79	7.33			3.66	45.400	Bajo	Bajo	No colapsable
C-26	SC		26.98	19.00	7.98	5.95			3.75	37.700	Bajo	Bajo	No colapsable
C-27	SC		28.96	20.75	8.21	6.35			3.85	40.000	Bajo	Bajo	No colapsable
C-28	SC		23.48	15.84	7.64	7.23			3.59	41.200	Bajo	Bajo	No colapsable
C-29	CL		31.39	22.67	8.72	13.36			4.09	70.500	Bajo	Bajo	No colapsable
C-30	CL-ML		26.63	21.31	5.32	11.42			2.50	59.300	Bajo	Bajo	No colapsable
C-1 (2006)	CL	1.550	39.00	15.00	24.00	14.80	12.00		11.27	61.900	Bajo	Bajo	No colapsable
C-2 (2006)	SC	1.600	32.00	17.00	15.00	11.90	13.00		7.04	46.900	Bajo	Bajo	No colapsable
C-3 (2006)	CH		56.00	27.00	29.00	22.30	20.00		13.62	96.500	Bajo	Bajo	No colapsable

DETERMINACION DEL POTENCIAL DE EXPANSION Y COLAPSO EN "CALICATAS" APERTURADAS (CON USO DE LOS DATOS INDICE Y POTENCIAL DE EXPANSION DEL SUELO)

Estudio : MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO
 Proyecto : PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES
 Fecha : NOVIEMBRE DEL 2006

EXCAV.	CLASIF	γ_{sec}	LIMITES DE ATTEBERG				LC	P.E.	C.L.	%<	RESULTADOS DEL ANALISIS DE SUSCEPTIBILIDAD		
			LL	LP	IP	Wo					Cambios volumétricos por cambios en el contenido de humedad	Potencial de Expansión	Potencial de Colapso
	SUCS	(Tn/m^3)					(%)	(%)	(%)	N° 200			

C-4 (2006)	CH	1.500	51.00	22.00	29.00	22.60	15.00		13.62	75.500	Bajo	Bajo	No colapsable
C-5 (2006)	CH	1.550	50.00	19.00	31.00	23.20	13.00	0.70	14.55	74.000	Bajo	Bajo	No colapsable
C-6 (2006)	CH	1.450	56.00	28.00	28.00	21.70	19.00		13.15	83.100	Bajo	Bajo	No colapsable
C-7 (2006)	CL	1.450	46.00	22.00	24.00	21.00	17.00		11.27	97.400	Bajo	Bajo	No colapsable
C-8 (2006)	CH		53.00	21.00	32.00	20.10	16.00		15.02	92.300	Bajo	Bajo	No colapsable
C-9 (2006)	CL	1.730	47.00	20.00	27.00	16.90	14.00		12.68	62.300	Bajo	Bajo	No colapsable
C-10 (2006)	CH	1.250	52.00	26.00	26.00	22.00	17.00		12.21	91.300	Bajo	Bajo	No colapsable
C-1 Puerto Pastora	CL		40.00	21.00	19.00	17.70			8.92	58.600	Bajo	Bajo	No colapsable

CUADRO Nº 04**CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS**

CARACTERISTICA	RIO MADRE DE DIOS	RIO TAMBOPATA	RIO LAS PIEDRAS
Area de la Cuenca (Km ²)	55,011.59	13,521.31	20,770.53
Perímetro de la Cuenca (Km)	1457.22	676.80	869.53
Longitud del Cauce principal (Km)	382.11	194.64	332.12
Pendiente media del cauce principal	0.0037	0.0068	0.00044
Coeficiente de Compacidad	1.752	1.641	1.701
Ancho medio de la cuenca (Km)	143.97	69.47	62.54
Factor de Forma	0.377	0.357	0.188

CUADRO N° 05
DETERMINACION DE CAUDALES MAXIMOS
METODO REGIONAL

Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado **Fecha** : Octubre de 2006
Río : Madre de Dios **Resp.** : MSc. Efraín Noa

$$Q = (C_1 + C_2) \text{Log}(T) \cdot A^{(m \cdot A^{-n})}$$

C1, C2, m, n Coeficientes Regionales
T Período de Retorno
A Area de la Cuenca

Descripción	Area de la Cuenca Km ²	T Años	Coeficiente				Log T	Caudal m ³ /s
			C ₁	C ₂	m	n		
Río Madre de Dios ⁽¹⁾	55012	100	0.22	0.37	1.24	0.04	2.00	7,421
Río Madre de Dios ⁽¹⁾	55012	500	0.22	0.37	1.24	0.04	2.70	10,015
Río Madre de Dios ⁽¹⁾	55012	1000	0.22	0.37	1.24	0.04	3.00	11,132
Río Madre de Dios ⁽¹⁾	55012	10000	0.22	0.37	1.24	0.04	4.00	14,843
Río Madre de Dios ⁽²⁾	75782	100	0.22	0.37	1.24	0.04	2.00	8,554
Río Madre de Dios ⁽²⁾	75782	500	0.22	0.37	1.24	0.04	2.70	11,544
Río Madre de Dios ⁽²⁾	75782	1000	0.22	0.37	1.24	0.04	3.00	12,831
Río Madre de Dios ⁽²⁾	75782	10000	0.22	0.37	1.24	0.04	4.00	17,108
Río Las Piedras	20771	100	0.22	0.37	1.24	0.04	2.00	4,666
Río Las Piedras	20771	500	0.22	0.37	1.24	0.04	2.70	6,297
Río Las Piedras	20771	1000	0.22	0.37	1.24	0.04	3.00	6,999
Río Las Piedras	20771	10000	0.22	0.37	1.24	0.04	4.00	9,333
Río Tambopata	13521	100	0.22	0.37	1.24	0.04	2.00	3,743
Río Tambopata	13521	500	0.22	0.37	1.24	0.04	2.70	5,052
Río Tambopata	13521	1000	0.22	0.37	1.24	0.04	3.00	5,615
Río Tambopata	13521	10000	0.22	0.37	1.24	0.04	4.00	7,486

(1) Cuenca del Río Madre de Dios hasta el Puerto "La Pastora" (Aguas arriba de la unión con el Río "Las Piedras")

(2) Cuenca del Río Madre de Dios hasta el Puerto "Portillo" (Aguas abajo de la unión con el Río "Las Piedras")

CUADRO N° 06

DETERMINACION DE CAUDALES MAXIMOS

METODO DE LA ENVOLVENTE DE CREAGER

Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado **Fecha** : Octubre de 2006
Río : Madre de Dios **Resp.** : MSc. Efraín Noa

$$Q = 1.3 C (A/2.59)^{(0.936 A^{(-0.048)} - 1)}$$

C : Coeficientes Regionales
A : Area de la Cuenca

Descripción	Area de la Cuenca Km ²	T Años	Coficiente C	Rendimiento* m ³ /s/km ²	Caudal m ³ /s
Río Madre de Dios ⁽¹⁾	55012	10000	30	0.168	9,241.95
Río Madre de Dios ⁽¹⁾	55012	10000	50	0.299	16,448.47
Río Madre de Dios ⁽¹⁾	55012	10000	70	0.418	22,994.84
Río Madre de Dios ⁽²⁾	75782	10000	30	0.141	10,685.28
Río Madre de Dios ⁽²⁾	75782	10000	50	0.235	17,808.80
Río Madre de Dios ⁽²⁾	75782	10000	70	0.329	24,932.32
Río Las Piedras	20771	10000	30	0.328	6,812.73
Río Las Piedras	20771	10000	50	0.545	11,319.94
Río Las Piedras	20771	10000	70	0.762	15,827.14
Río Tambopata	13521	10000	30	0.541	7,315.03
Río Tambopata	13521	10000	50	0.738	9,978.73
Río Tambopata	13521	10000	70	1.052	14,224.42

(1) Cuenca del Río Madre de Dios hasta el Puerto "La Pastora" (Aguas arriba de la unión con el Río "Las Piedras")

(2) Cuenca del Río Madre de Dios hasta el Puerto "Portillo" (Aguas abajo de la unión con el Río "Las Piedras")

* El Rendimiento de la Cuenca se obtiene de las envolventes mostradas en la Lámina N° 05

CUADRO Nº 07
CURVA DE GASTO RÍO MADRE DE DIOS
SECCION: PUERTO LA PASTORA

Descripción	Cota msnm	Tirante Y (m)	Area m ²	Perímetro m	Radio Hidráulico	Gradiente Hid. S _f	Rugosidad n Manning	Velocidad m/s	Caudal Q m ³ /s	Caudal Total m ³ /s	Nivel de Agua
Fondo	182.00	0							0	0	
Cauce principal	186.50	4.5	1212.9	396.2	3.06	0.000125	0.034	0.69	840.9	841	
Cauce principal	189.50	7.5	2389.1	471.41	5.07	0.000125	0.034	0.97	2,317.9	2,318	
Cauce principal	192.00	10.0	3585.0	487.8	7.35	0.000125	0.034	1.24	4,456.1	4,456	N. A. observado el 18/10/2006
Planicie de Inundación (Margen Izquierda)	197.00		44.3	23.44	1.89	0.000125	0.092	0.19	8.2		El tirante de agua alcanzado en la avenida de 1960 se estima igual en 15 m. que corresponde a un caudal de 10,111 m ³ /s
Cauce principal		15.0	5931.0	504.86	11.75	0.000125	0.034	1.70	10,078.8	10,111	
Planicie de Inundación (Margen Derecha)			125.4	63.9	1.96	0.000125	0.092	0.19	23.9		
Planicie de Inundación (Margen Izquierda)	200.60		143.3	46.9	3.06	0.000125	0.092	0.26	36.7		
Cauce principal		18.6	7525.6	502.06	14.99	0.000125	0.034	2.00	15,044.4	15,176	
Planicie de Inundación (Margen Derecha)			355.5	108.7	3.27	0.000125	0.092	0.27	95.2		
Planicie de Inundación (Margen Izquierda)	203.00		322.33	98.01	3.29	0.000125	0.092	0.27	86.6		
Cauce principal		21.0	8583.0	506.81	16.94	0.000125	0.034	2.17	18,612.6	18,926	
Planicie de Inundación (Margen Derecha)			638.9	127.70	5.00	0.000125	0.092	0.36	227.1		

CUADRO Nº 08
CURVA DE GASTO RÍO MADRE DE DIOS
SECCION: CUARTEL DEL EJERCITO

Descripción		Tirante Y (m)	Area m ²	Perímetro m	Radio Hidráulico	Gradiente Hid. S _f	Rugosidad n Manning	Velocidad m/s	Caudal Q m ³ /s	Caudal Total m ³ /s	Nivel de Agua
Fondo	175.10	0							0	0	
Cauce principal	182.60	7.5	1781.9	316.6	5.63	0.000125	0.034	1.04	1,854.0	1,854	
Cauce principal	185.10	10	2484.5	331.9	7.49	0.000125	0.034	1.26	3,126.3	3,126	
Planicie de Inundación (Margen Izquierda)			7.43	11.2	0.66	0.000125	0.092	0.09	0.7		N. A. observado el 18/10/2006
Cauce principal	188.10	13	3308.5	336.7	9.83	0.000125	0.034	1.51	4,991.1	4,992	
Planicie de Inundación (Margen Derecha)			0	0					-		
Planicie de Inundación (Margen Izquierda)			109.96	45.2	2.43	0.000125	0.092	0.22	24.2		
Cauce principal	193.10	18	5041.2	355.8	14.17	0.000125	0.034	1.93	9,706.5	9,735	
Planicie de Inundación (Margen Derecha)			24.78	15.78	1.57	0.000125	0.092	0.16	4.1		
Planicie de Inundación (Margen Izquierda)			419.3	89.5	4.68	0.000125	0.092	0.34	142.7		
Cauce principal	198.10	23	6808.5	364.7	18.67	0.000125	0.034	2.31	15,755.7	15,917	
Planicie de Inundación (Margen Derecha)			74.61	25.76	2.90	0.000125	0.092	0.25	18.4		
Planicie de Inundación (Margen Izquierda)			568.7	97.57	5.83	0.000125	0.092	0.39	223.8		
Cauce principal	200.10	25	7420.06	373.22	19.88	0.000125	0.034	2.41	17,906.5	18,157	
Planicie de Inundación (Margen Derecha)			98.02	29.96	3.27	0.000125	0.092	0.27	26.3		

CUADRO Nº 09
CURVA DE GASTO RÍO TAMBOPATA
SECCION: PUERTO CANDAMC

Descripción	Cota msnm	Tirante Y (m)	Area m ²	Perímetro m	Radio Hidráulico	Gradiente Hid. S _f	Rugosidad n Manning	Velocidad m/s	Caudal Q m ³ /s	Caudal Total m ³ /s	Nivel de Agua
Fondo	163.20	0.00								0.00	
Cauce principal	168.20	5	807.3	285.3	2.83	0.0002	0.034	0.83	671.8	672	
Planicie de Inundación (Margen Izquierda)			0	0		0.0002	0.127	0.00	-		N. A. observado el 18/10/2006
Cauce principal	171.20	8	1492	292.1	5.11	0.0002	0.034	1.23	1,840.6	1,845	
Planicie de Inundación (Margen Derecha)			33.69	36	0.94	0.0002	0.098	0.14	4.7		
Planicie de Inundación (Margen Izquierda)			39.55	225.2	0.18	0.0002	0.127	0.03	1.4		
Cauce principal	173.20	10	1927.8	290.2	6.64	0.0002	0.034	1.47	2,833.6	2,862	
Planicie de Inundación (Margen Derecha)			117.2	59.3	1.98	0.0002	0.098	0.23	26.6		
Planicie de Inundación (Margen Izquierda)			460.81	259.7	1.77	0.0002	0.127	0.16	75.2		
Cauce principal	177.20	14	2946.02	367.47	8.02	0.0002	0.034	1.67	4,908.5	5,086	
Planicie de Inundación (Margen Derecha)			373.324	142.11	2.63	0.0002	0.098	0.27	102.6		
Planicie de Inundación (Margen Izquierda)			460.81	259.7	1.77	0.0002	0.127	0.16	75.2		El tirante de agua alcanzado en la avenida de 1960 se estima igual en 15 m. que corresponde a un caudal de 5,750 m ³ /s
Cauce principal	181.20	18	3846.02	367.47	10.47	0.0002	0.034	1.99	7,654.3	7,832	
Planicie de Inundación (Margen Derecha)			373.324	142.11	2.63	0.0002	0.098	0.27	102.6		

CUADRO Nº 10

CLASIFICACION DE LOS RIOS MADRE DE DIOS Y TAMBOPATA

Río	Gradiente S_f	Descarga Dominante (Q) m^3/s	Límites de Gradiente		Clasificación
			Límite Inferior $S_f=0.0017/Q^{0.25}$	Límite Superior $S_s=0.10/Q^{0.25}$	
Madre de Dios	0.000125	1117	0.00012	0.0162	Meándrico - Entrelazado
Tambopata	0.00020	745	0.00013	0.0158	Meándrico - Entrelazado

CUADRO Nº 11

**CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LAS FORMACIONES MEANDRICAS
DEL RIO MADRE DE DIOS Y TAMBOPATA**

Formación	Año	Longitud (m)	Amplitud (m)	Ancho del Cauce (m)
MEANDRO LA PASTORA	1961	5260	4220	350 - 500
	1991	5292	4220	350 - 500
	2002	5430	4215	350 - 500
MEANDRO NUEVO AMANECER - CACHUELA BAJA	1971	4360	1990	300 - 500
	1982	4380	2010	300 - 500
	1999	4375	2002	300 - 500
MEANDRO HERRERA	1999	5930	3830	220 - 300
	2002	5960	3850	220 - 300
	2004	5948	3865	220 - 300

CUADRO Nº 12

**DESPLAZAMIENTO DE LAS RIBERAS DEL RIO MADRE DE DIOS Y TAMBOPATA
EN METROS**

Sección	Rumbo	1961 - 1991		1991 - 2002		Observaciones
		Margen Izquierda	Margen Derecha	Margen Izquierda	Margen Derecha	
Puerto La Pastora	E	77	25	13	51	
	S 80° E	76	35	12	50	Sección de mayor desplazamiento lateral (Rumbo S 80° E)
	S 70° E	43	36	6	75	
	S 58° E	26	26	0	29	
	S 50° E	29	40	29	45	Sección de mayor desplazamiento lateral (Rumbo S 50° E) (C. Brombus)
	S 45° E	26	26	0	24	
	S	-2	-8	0	0	
Meandro Cachuela Baja	E	41	27	21	0	
	S 45° E	31	17	-8	0	
	S	-46	-86	19	86	Sección de mayor desplazamiento lateral (Rumbo S)
Meandro Nuevo Amanecer	N	0	-18	0	38	
	N 45° W	46	30	0	8	En esta dirección se ubica la Cárcava denominado Las Garzas
	W	79	33	-28	6	Sección de mayor desplazamiento lateral (Rumbo W) (C. Nvo. Amanecer)
	S 45° W	63	19	-42	0	En esta dirección se ubica la Cárcava denominado Balcón
Sección cuartel del Ejercito	Normal al Flujo	40	15	0	0	
Sección Muyuna	Normal al Flujo	25	21	0	0	
Meandro Herrera	N 45° W	-51	-107	-9	-25	
	N 70° W	-69	-120	0	-6	Sección de mayor desplazamiento lateral (Rumbo N 70° W) (C. Herrera)
	W	-31	-70	0	0	
	S 45° W	9	0	0	0	
Puerto Cándamo	Normal al Flujo	-30	-42	0	0	

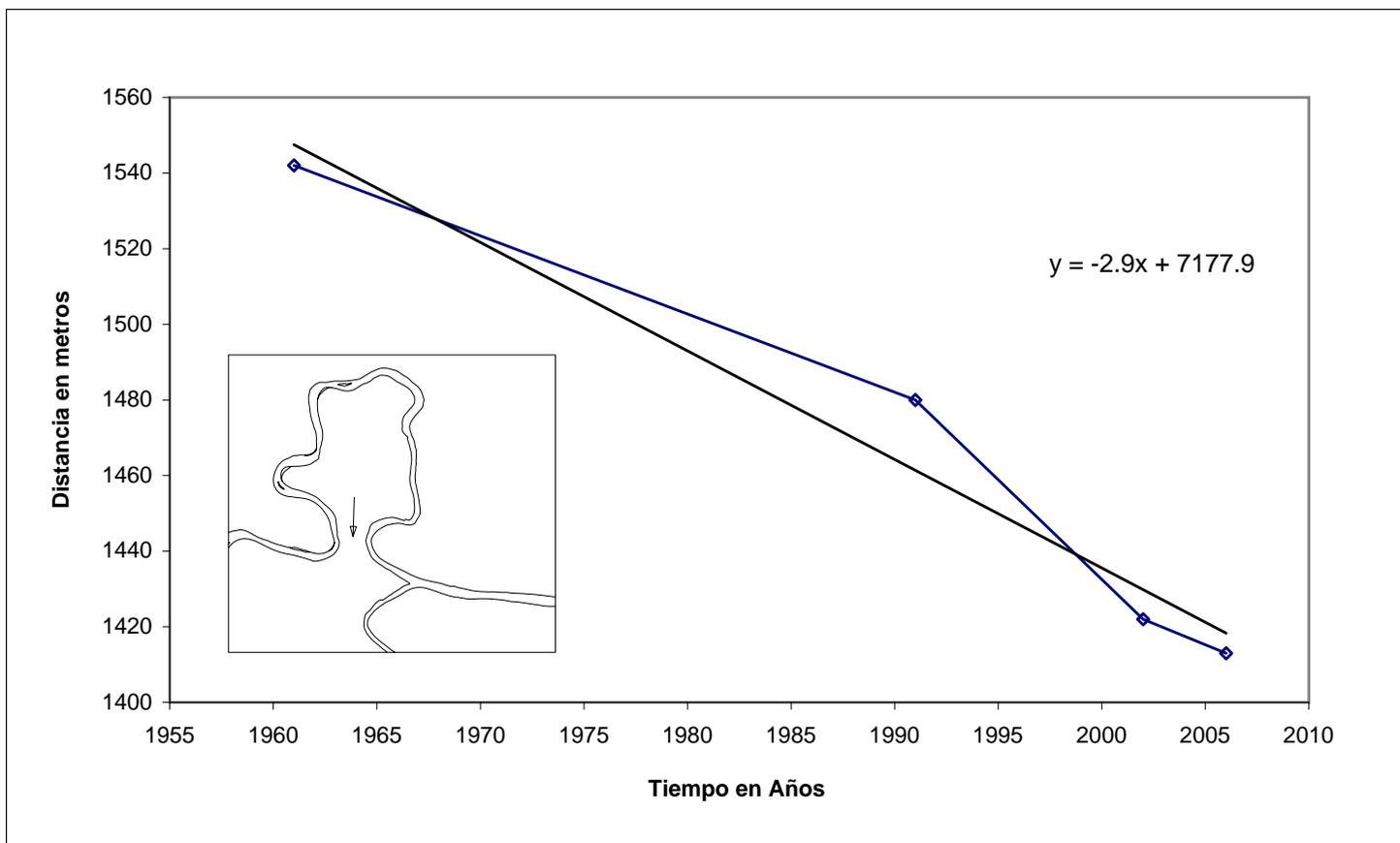
* Las cifras negativas corresponden a Desplazamientos hacia la izquierda, tomando como referencia el sentido del flujo

CUADRO Nº 13

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE EQUILIBRIO DE LOS MEANDROS DE LOS
RIOS MADRE DE DIOS Y TAMBOPATA

Formación	Curvatura			Ancho Superficial de entrada B (m)	B/r _o	$(\pi/2)/(B/r_o)+1$	Ancho superficial máx. (m)	Longitud de Meandro L (m)				Amplitud de Meandro W (m)		Curvatura r _c (m)				
	Medio	Externo	Interno					Blench	Leopold	Zeller	Farias	Leopold	Zeller	Leopold	Farias	Howard		
	r _o (m)	r _e (m)	r _i (m)															
La Pastora	987	1127	847	405	0.410	1.64	666.0	5028	4688	4706	4506	1993	1823	1144	1474	1417		
Cachuela Baja	694	851	566	336	0.484	1.76	591.5		3882	3886	3748	1623	1512	944	1211			
Nuevo Amanecer	1284	1471	1058	362	0.282	1.44	522.3		3668	4185	4194	4034	1762	1629	1019		1310	1285
Tambopata	1275	1400	1120	242	0.190	1.30	314.2			2817	2787	2776	2711	1131	1089		673	

CUADRO Nº 14
EVOLUCION DEL RIO MADRE DE DIOS: AMPLITUD DEL CUELLO ENTRE LOS MEANDROS
LA PASTORA Y NUEVO AMANECER



Año	1961	1991	2002	2006
Distancia (m)	1542	1480	1422	1413

CUADRO N° 15

**DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL FLUJO
SEGÚN COWAN
RIO: MADRE DE DIOS**

Descripción	Margen Izquierda	Cauce Principal	Margen Derecha
n ₀	0.02	0.02	0.02
n ₁	0.005	0.00	0.005
n ₂	0	0.005	0
n ₃	0.015	0.005	0.015
n ₄	0.04	0.00	0.04
m ₅	1.15	1.15	1.15
n	0.092	0.034	0.092

**DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL FLUJO
SEGÚN COWAN
RIO : TAMBOPATA**

Descripción	Margen Izquierda	Cauce Principal	Margen Derecha
n ₀	0.02	0.02	0.02
n ₁	0.02	0.00	0.01
n ₂	0	0.005	0
n ₃	0.03	0.005	0.015
n ₄	0.04	0.00	0.04
m ₅	1.15	1.15	1.15
n	0.127	0.034	0.098

CUADRO N° 16

CALCULO DE LA EROSION EN LAS CURVAS DE MEANDRO (ECUACION DE CHATLEY)

Formación	Curvatura Externa r_e (m)	Ancho Superficial de entrada B (m)	Descarga	B/r_o	$2B/r_e+1$	Y (m)	$Y_{m\acute{a}x}$ (m)
			m ³ /s				
La Pastora	1127	405	7,600.00	0.359	1.72	13.1	22.5
	1127	405	10,330.00	0.359	1.72	15.2	26.1
Nuevo Amanecer	1471	362	10,600.00	0.246	1.49	18.8	28.1
	1471	362	14,000.00	0.246	1.49	21.4	31.9
Tambopata	1400	242	4,000.00	0.173	1.35	12.0	16.1
	1400	242	5,800.00	0.173	1.35	15.0	20.2

CUADRO Nº 17

CLASIFICACION DE LAS CARCAVAS

Nº	NOMBRE	AREA Km2	Clasificación según sus dimensiones	Clasificación según Cuenca de Contribución
1	Cárcava Herrera	7.70	Grande	Grande
2	Cárcava Tambopata	1.90	Grande	Grande
3	Cárcava Candamo	0.11	Mediana	Mediana
4	Cárcava Unión	0.09	Pequeña	Pequeña
5	Cárcava Camal Municipal de Pueblo Viejo	0.30	Mediana	Mediana
6	Cárcava Muyuna (4º Cuadra Jr. Cusco)	0.50	Grande	Grande
7	Cárcava del Cuartel del Ejército	0.85	Grande	Grande
8	Cárcava Villa Naval	0.08	Mediana	Pequeña
9	Cárcava Balcón (2 de Mayo)	1.20	Grande	Grande
10	Cárcava Los Pioneros	0.14	Mediana	Mediana
11	Cárcava Nuevo Amanecer	0.50	Grande	Grande
12	Cárcava Las Margaritas	0.11	Mediana	Mediana
13	Cárcava Costanera Norte	0.15	Mediana	Mediana
14	Cárcava Las Garzas	0.70	Grande	Grande
15	Cárcava Cachuela Baja	0.45	Mediana	Mediana
16	Cárcava Los Ceticos	0.07	Mediana	Pequeña
17	Cárcava Villa María	0.12	Grande	Mediana
18	Cárcava Tropezón	1.20	Grande	Grande
19	Cárcava Pastora 2	0.02	Mediana	Pequeña
20	Cárcava Pastora 1	1.50	Grande	Grande

Clasificación según Alves (1978)

- Cárcavas Pequeñas, profundidad menor a 2.5 m
- Cárcavas Medianas, profundidad entre 2.5 a 4.5 m
- Cárcavas Grandes, profundidad mayor a 4.5 m

- Cárcava Pequeña, Cuenca de Contribución menor a 0.10 Km².
- Cárcava Mediana, Cuenca de Contribución entre 0.10 a 0.50 Km².
- Cárcava Grande, Cuenca de Contribución mayor a 0.50 Km².

FIGURAS



FIGURA Nº 01 : Ruta de la Carretera Interoceánica de 2,593 Km., que unirá Perú y Brasil (Assis-Iñapari-Ilo-Matarani-Marcona)

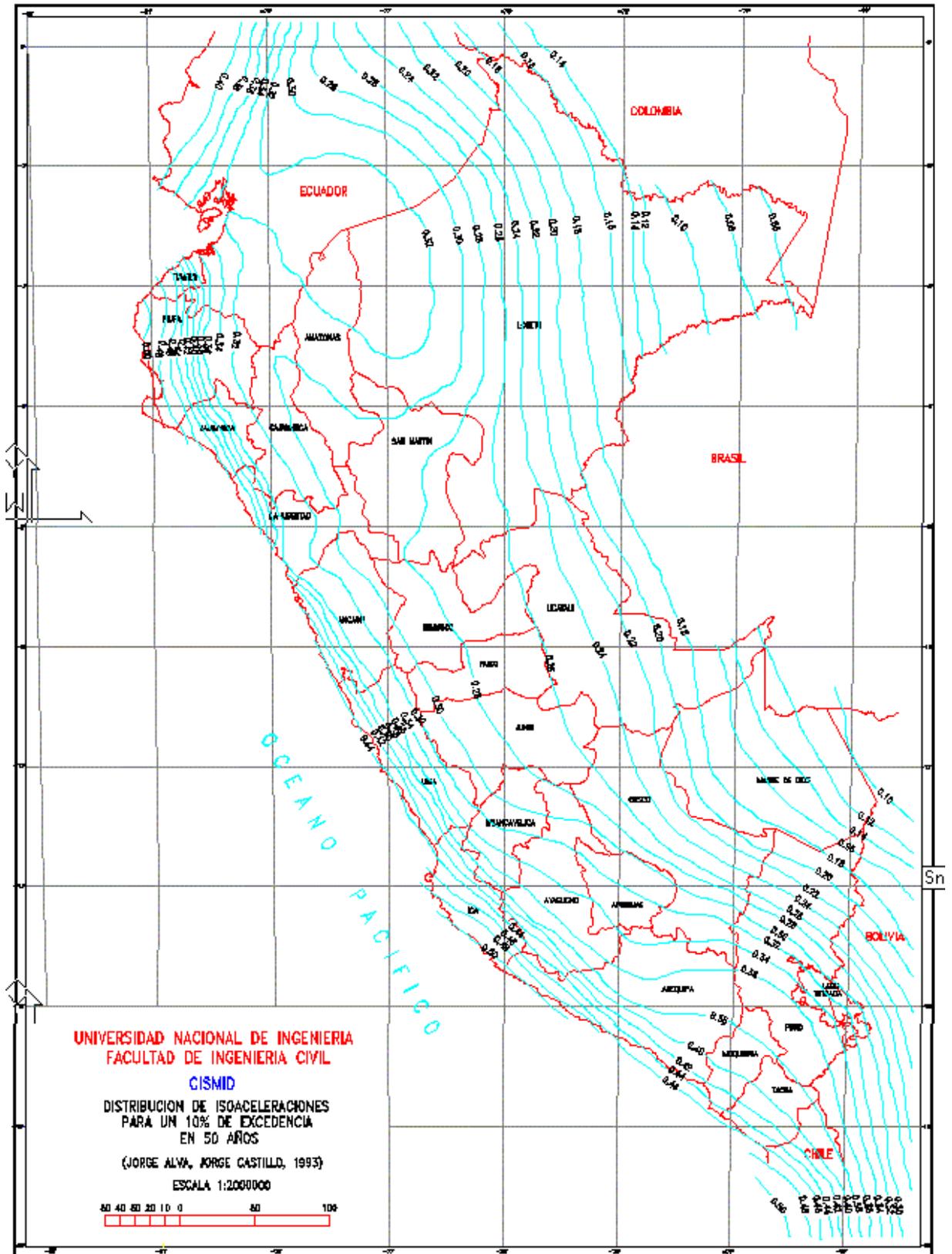
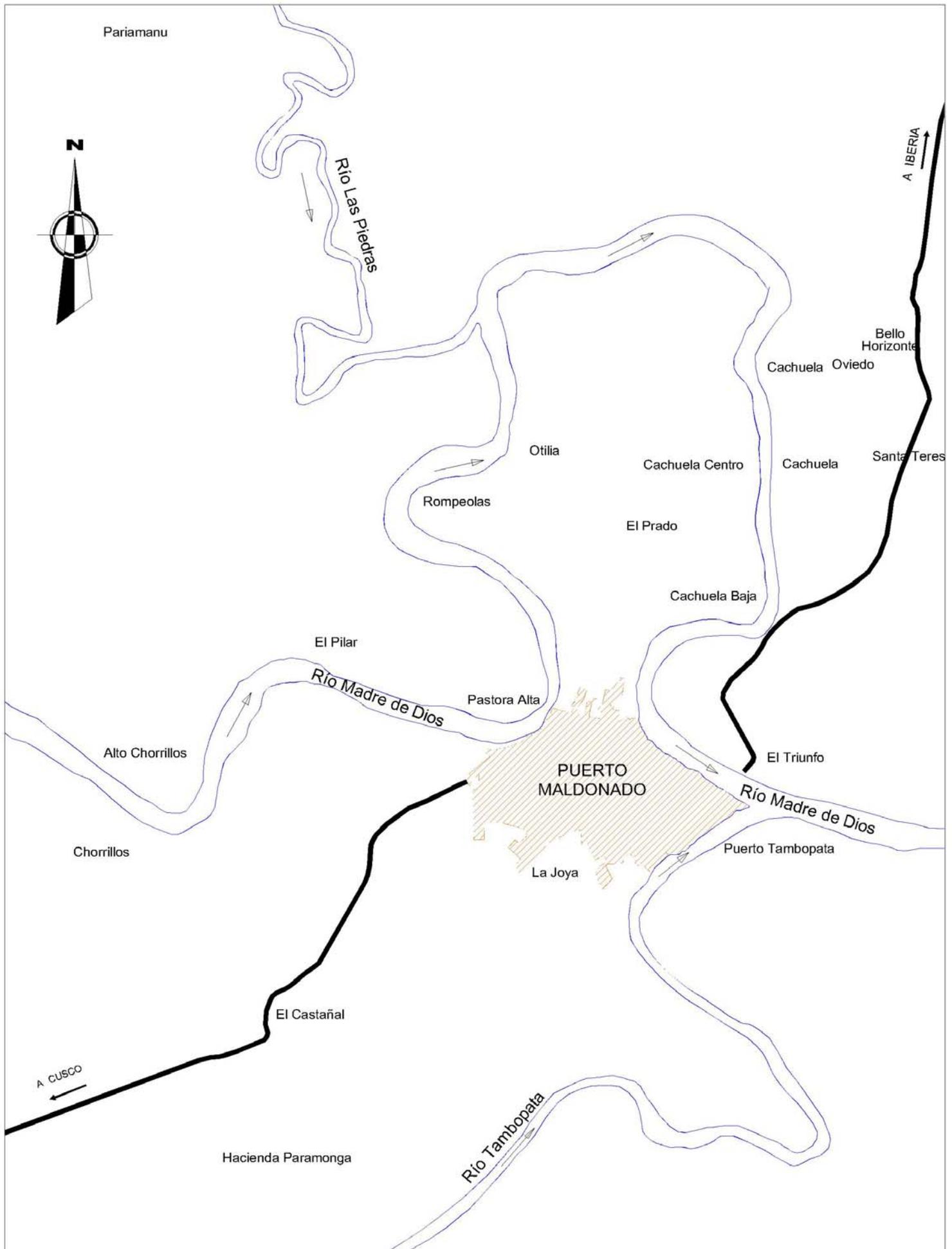


FIGURA Nº 02: Distribución de Isoaceleraciones sísmicas para una probabilidad de excedencia de 10% durante una vida útil de 50 años

LAMINAS

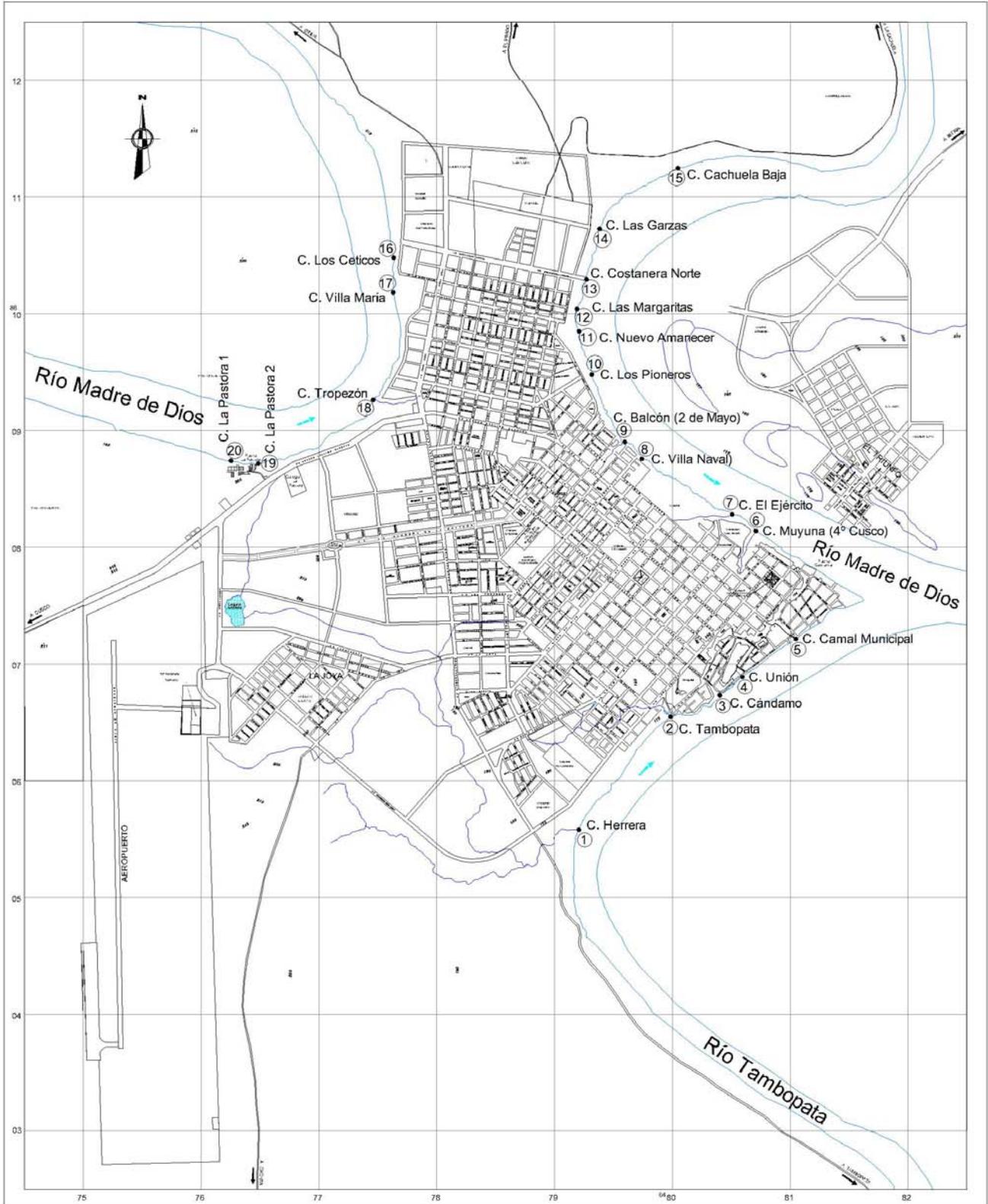
LAMINA N° 1. CIUDAD DE PUERTO MALDONADO Y LOS RIOS MADRE DE DIOS Y TAMBOPATA



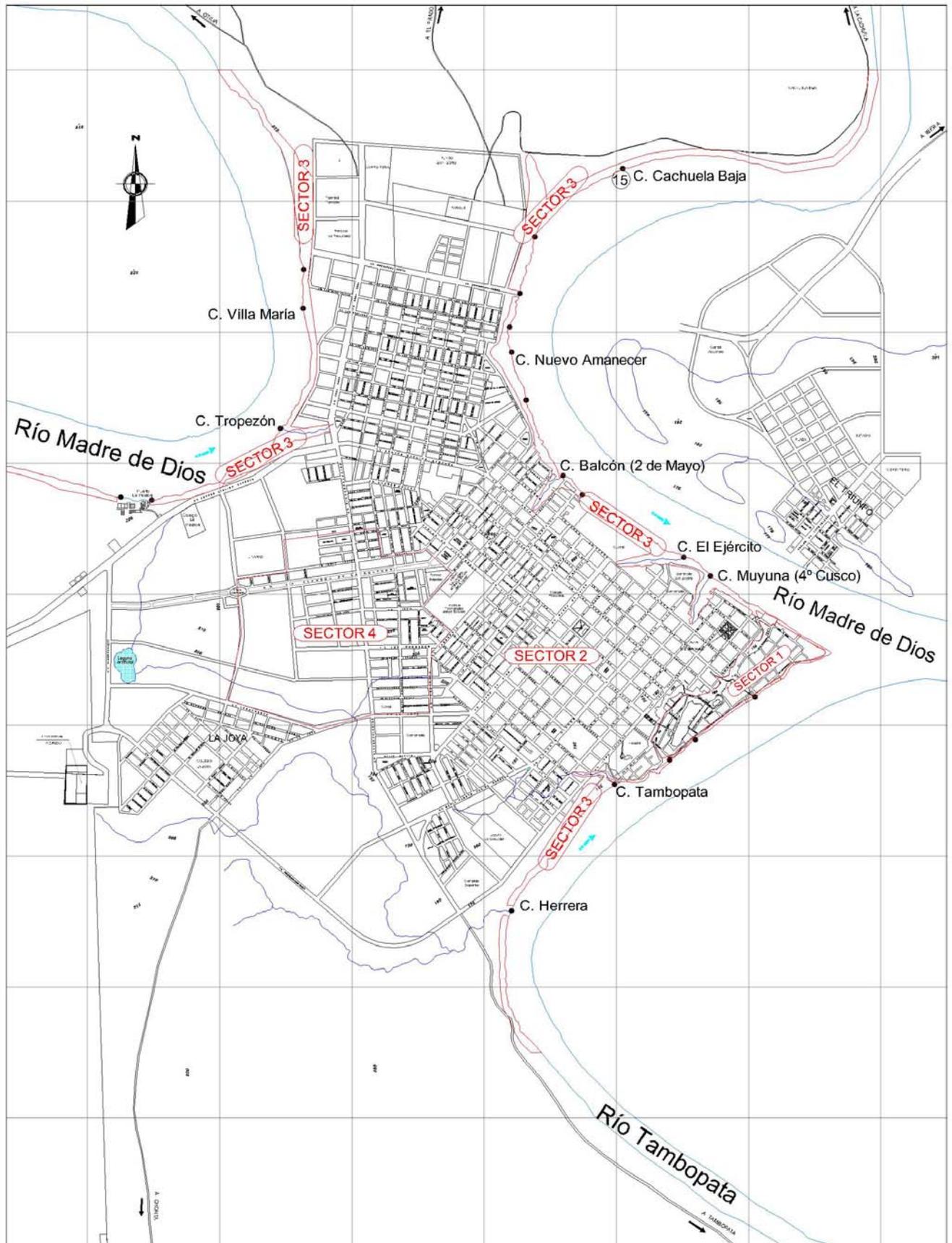
LAMINA N° 02. DELIMITACION DE CUENCAS



LAMINA N° 03. UBICACION DE CARCAVAS

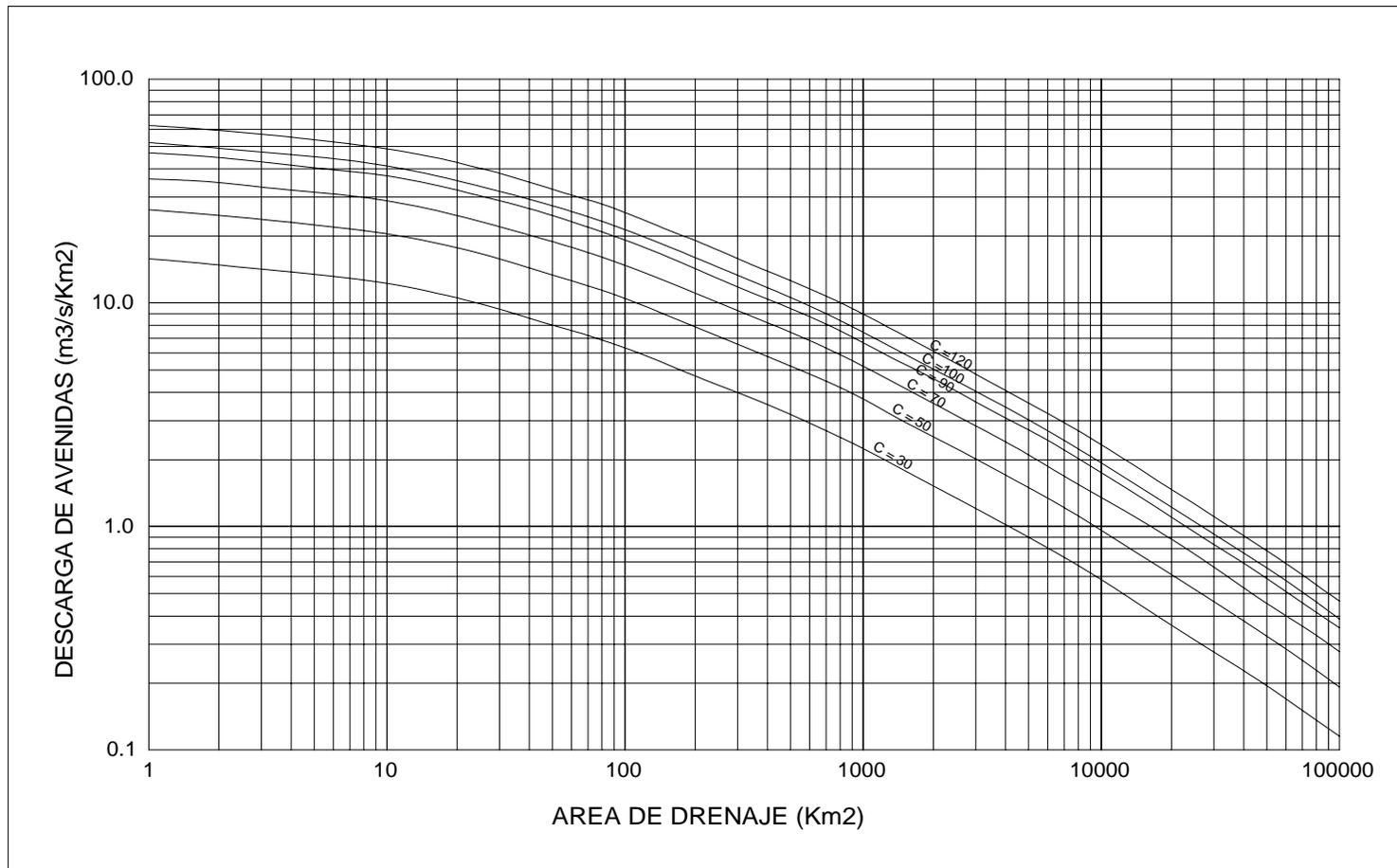


LAMINA N° 04. DELIMITACION DE SECTORES URBANOS

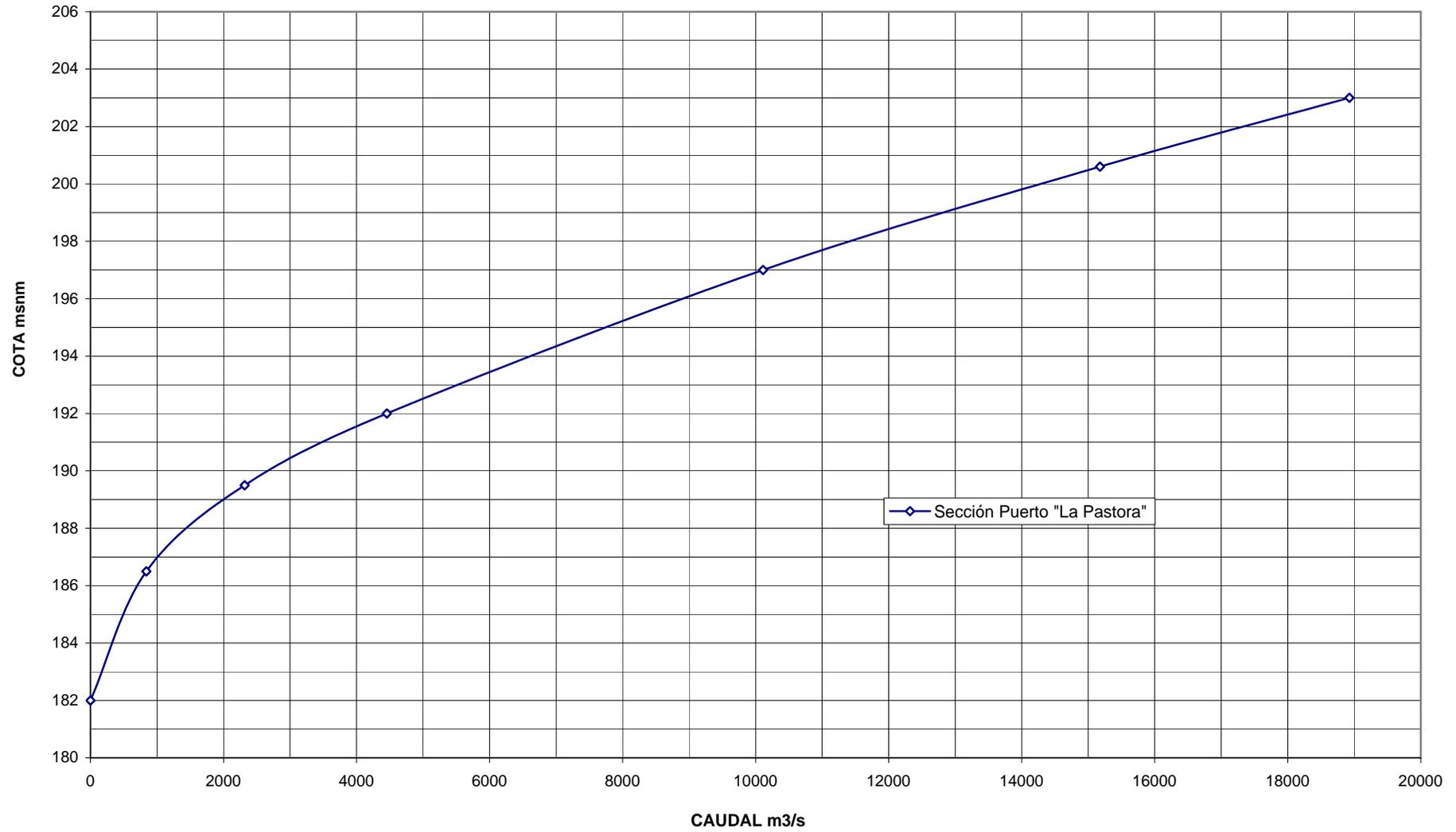


LAMINA Nº 05

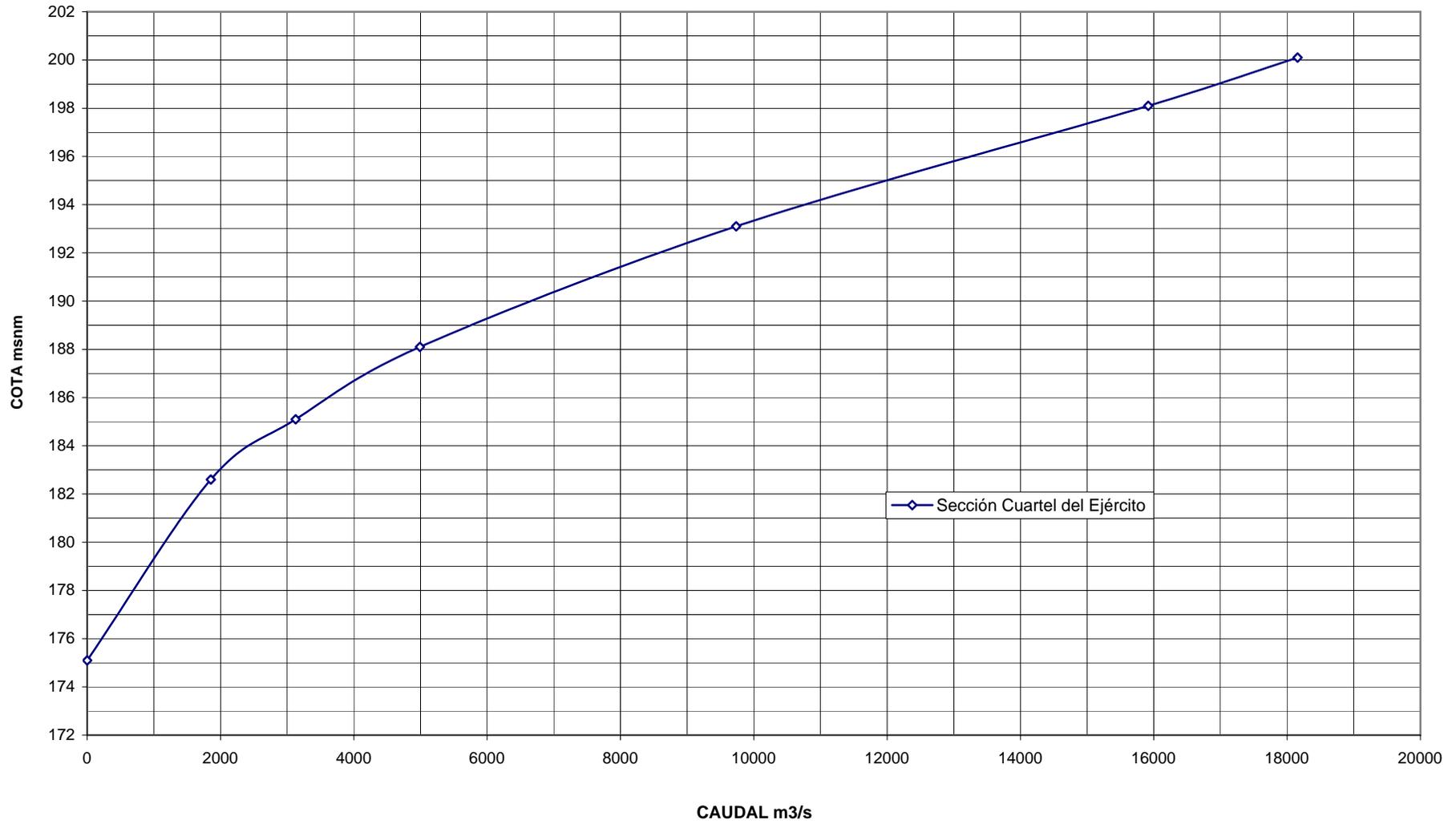
ENVOLVENTES DE CREAGER



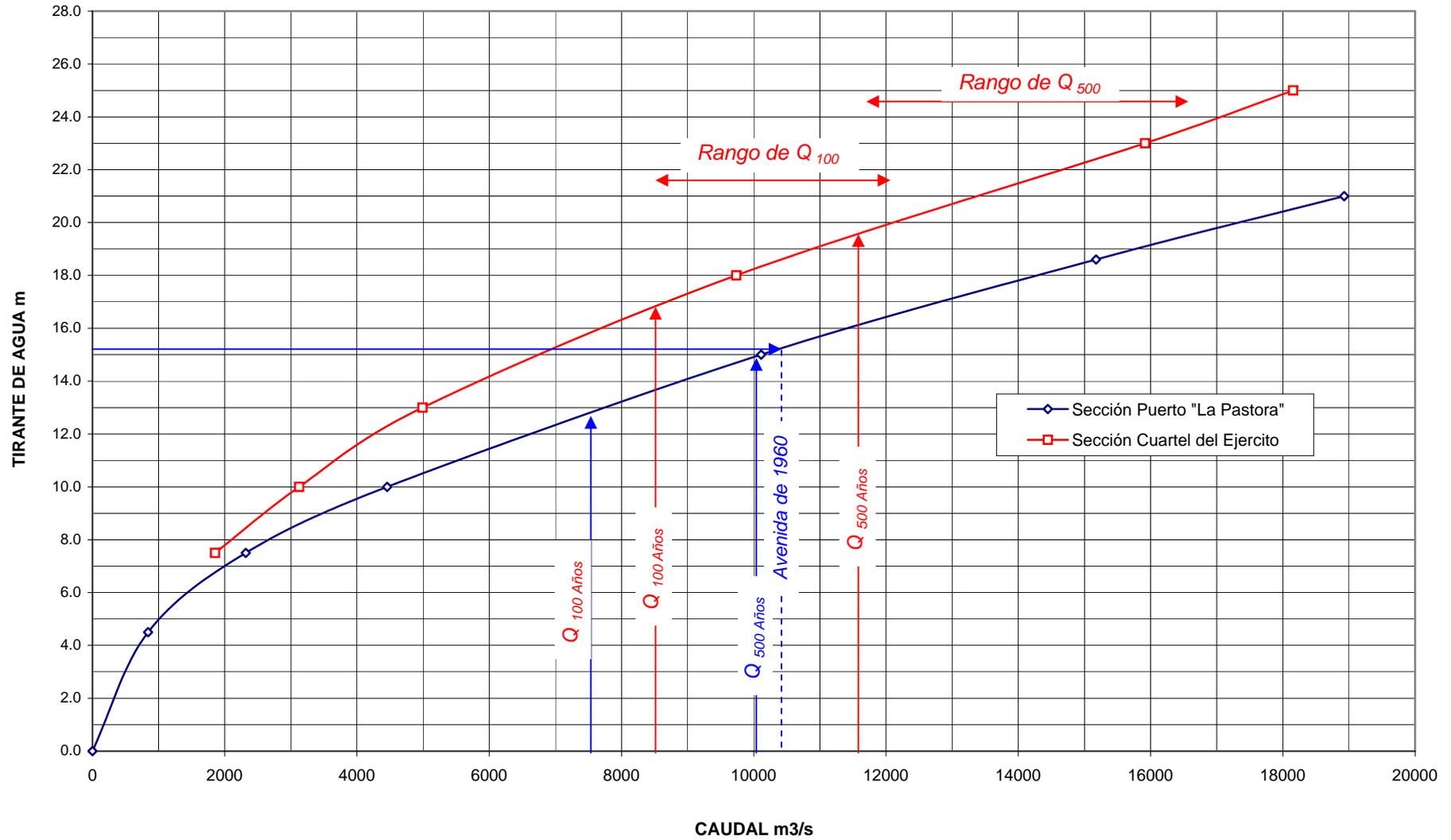
LAMINA N° 06
CURVA DE GASTO RIO MADRE DE DIOS
SECCION PUERTO LA PASTORA



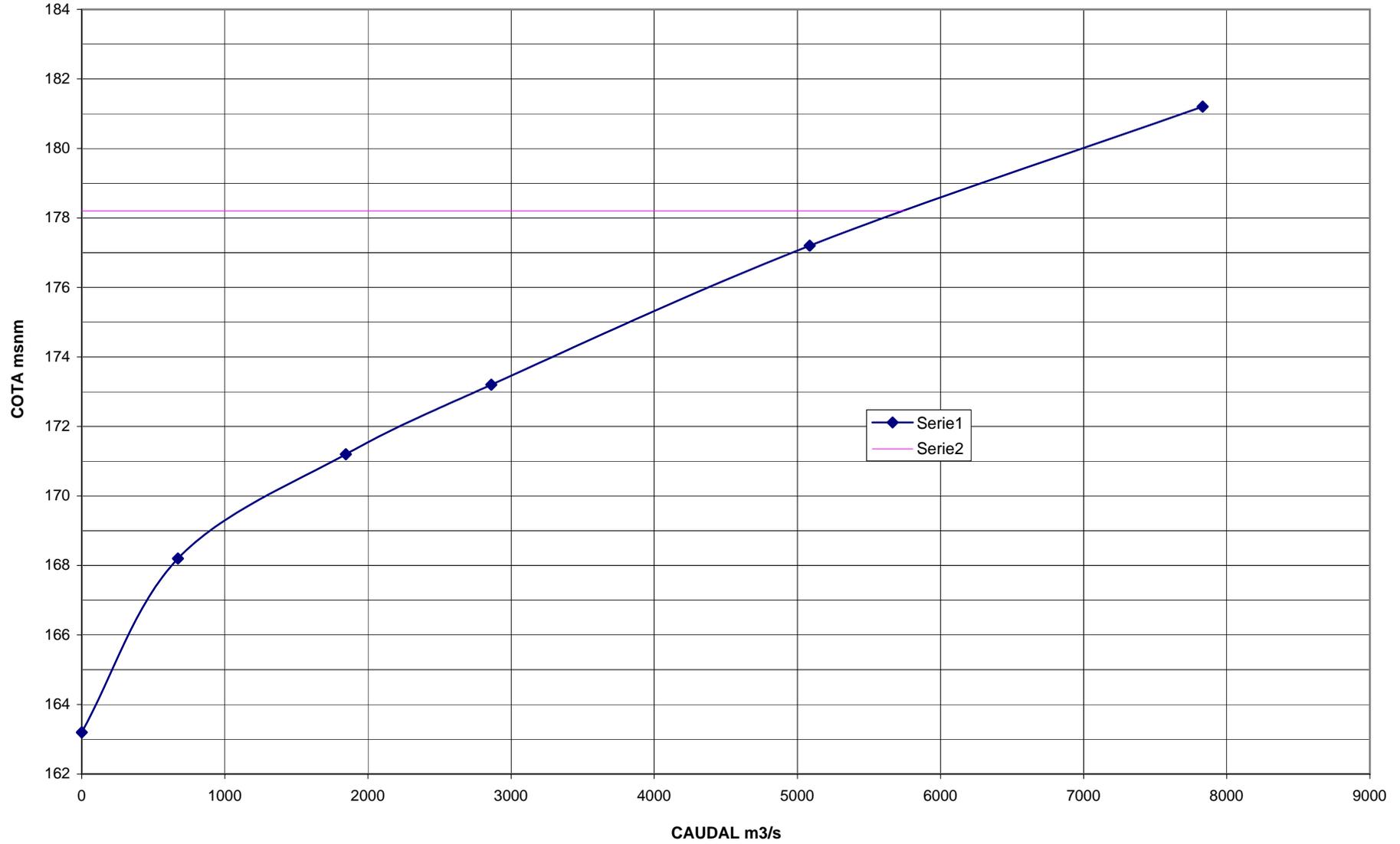
LAMINA Nº 07
CURVA DE GASTO RIO MADRE DE DIOS
SECCION CUARTEL DEL EJERCITO



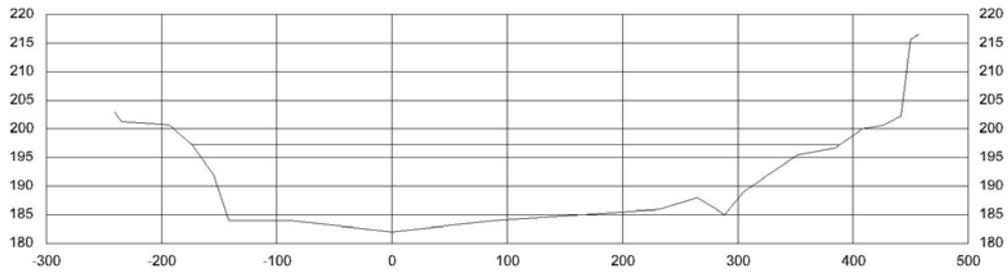
LAMINA Nº 08
COMPARACION DE CURVAS DE GASTO DEL RIO MADRE DE DIOS
SECCIONES PUERTO LA PASTORA Y CUARTEL DEL EJERCITO



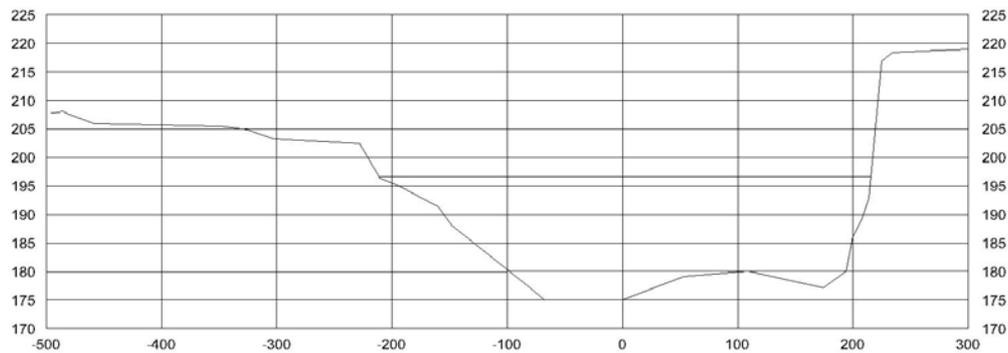
LAMINA Nº 09
CURVA DE GASTO EN EL RIO TAMBOPATA
SECCION PUERTO CANDAMO



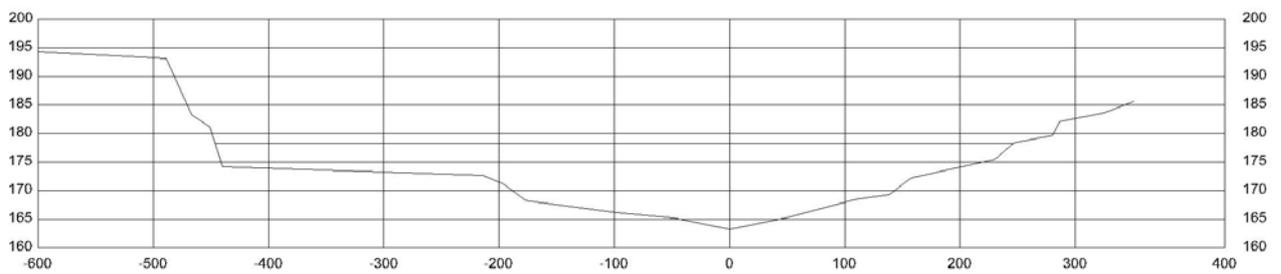
LAMINA N° 10. SECCIONES DEL RIO MADRE DE DIOS Y TAMBOPATA



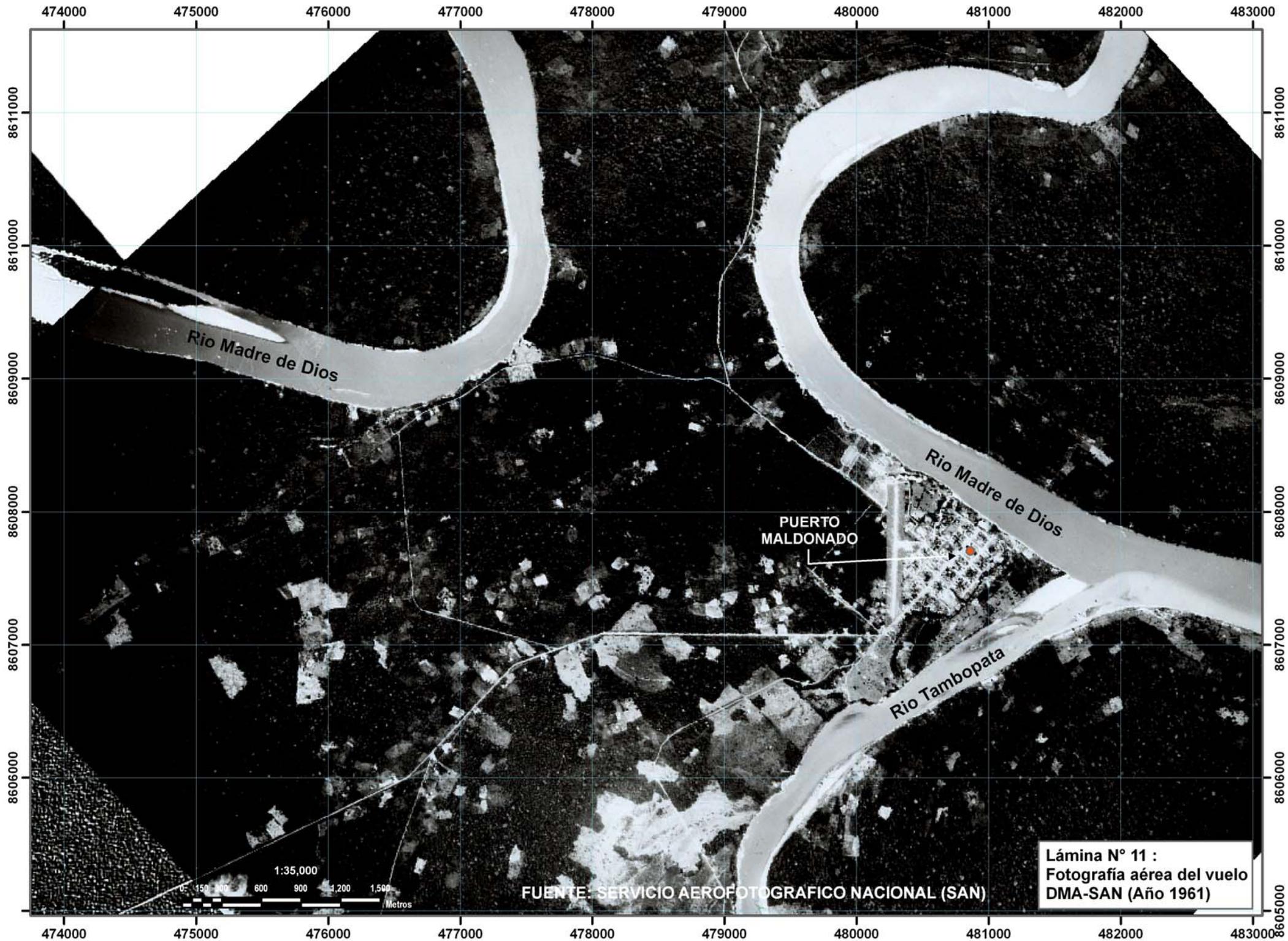
SECCION PUERTO PASTORA



SECCION CUARTEL EJERCITO



SECCION PUERTO CANDAMO



Rio Madre de Dios

PUERTO MALDONADO

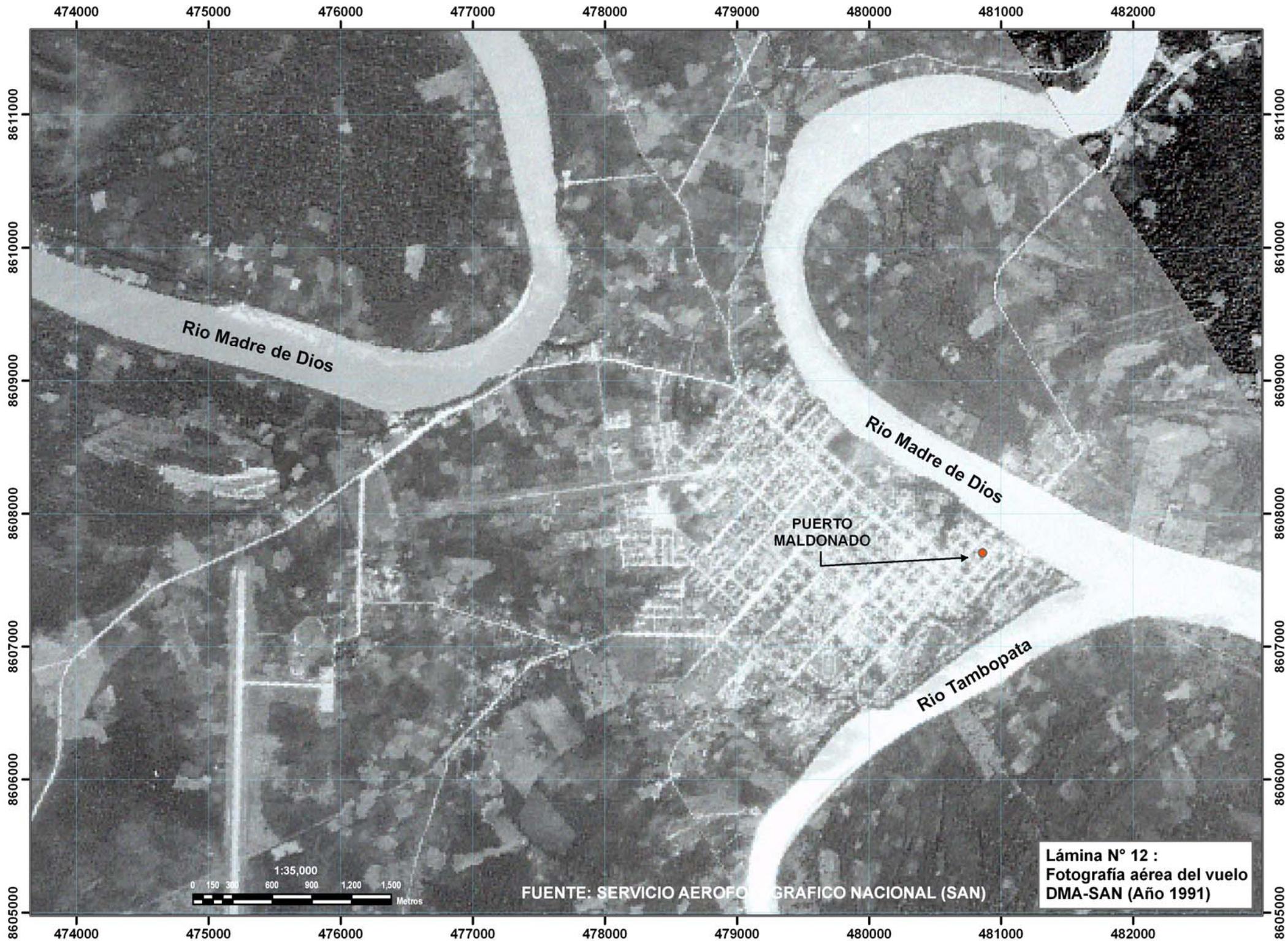
Rio Madre de Dios

Rio Tambopata

1:35,000
0 150 300 600 900 1,200 1,500
Metros

FUENTE: SERVICIO AEROFOTOGRAFICO NACIONAL (SAN)

Lámina N° 11 :
Fotografía aérea del vuelo
DMA-SAN (Año 1961)

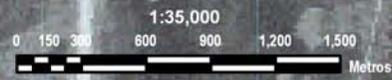


Rio Madre de Dios

Rio Madre de Dios

Rio Tambopata

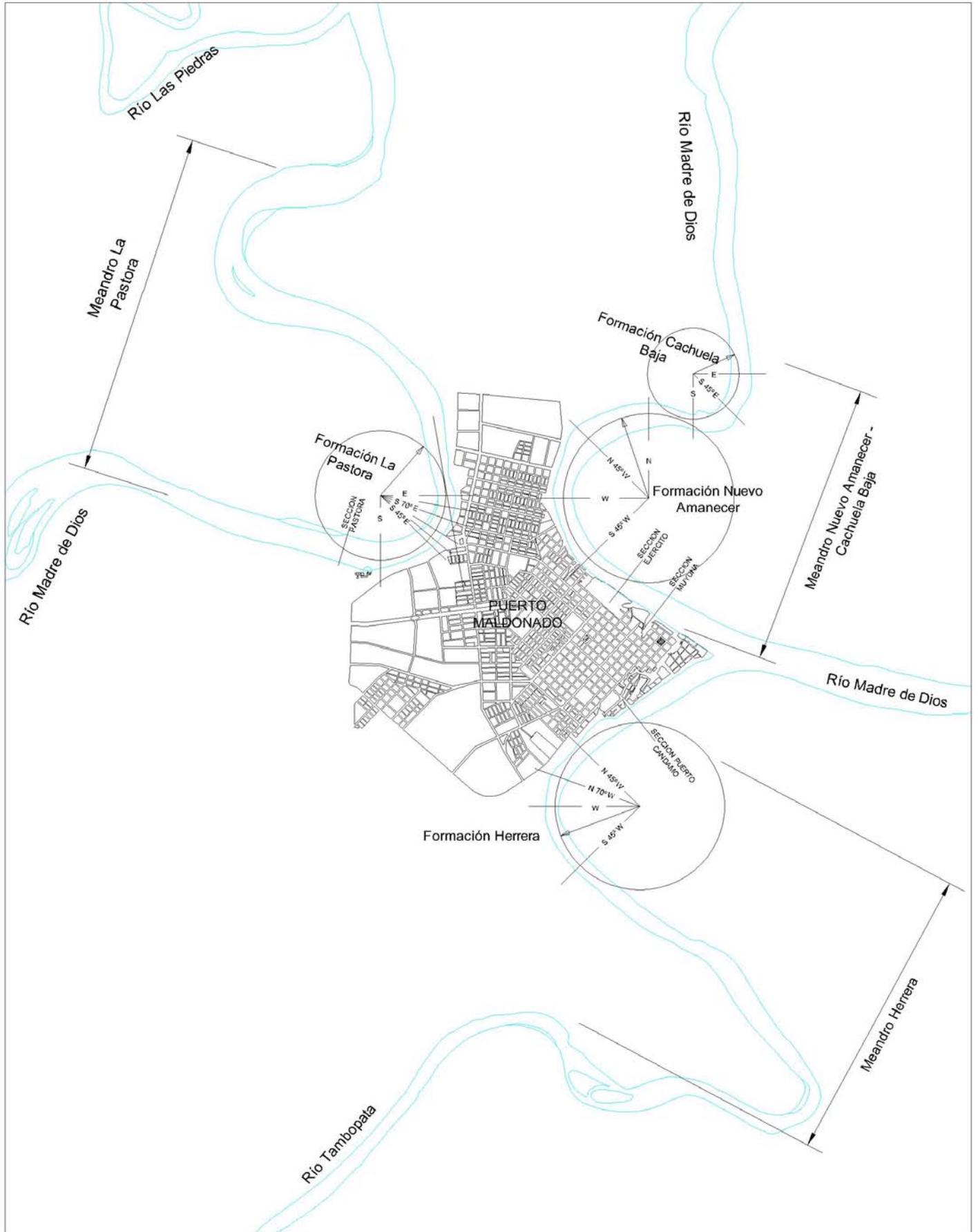
PUERTO MALDONADO



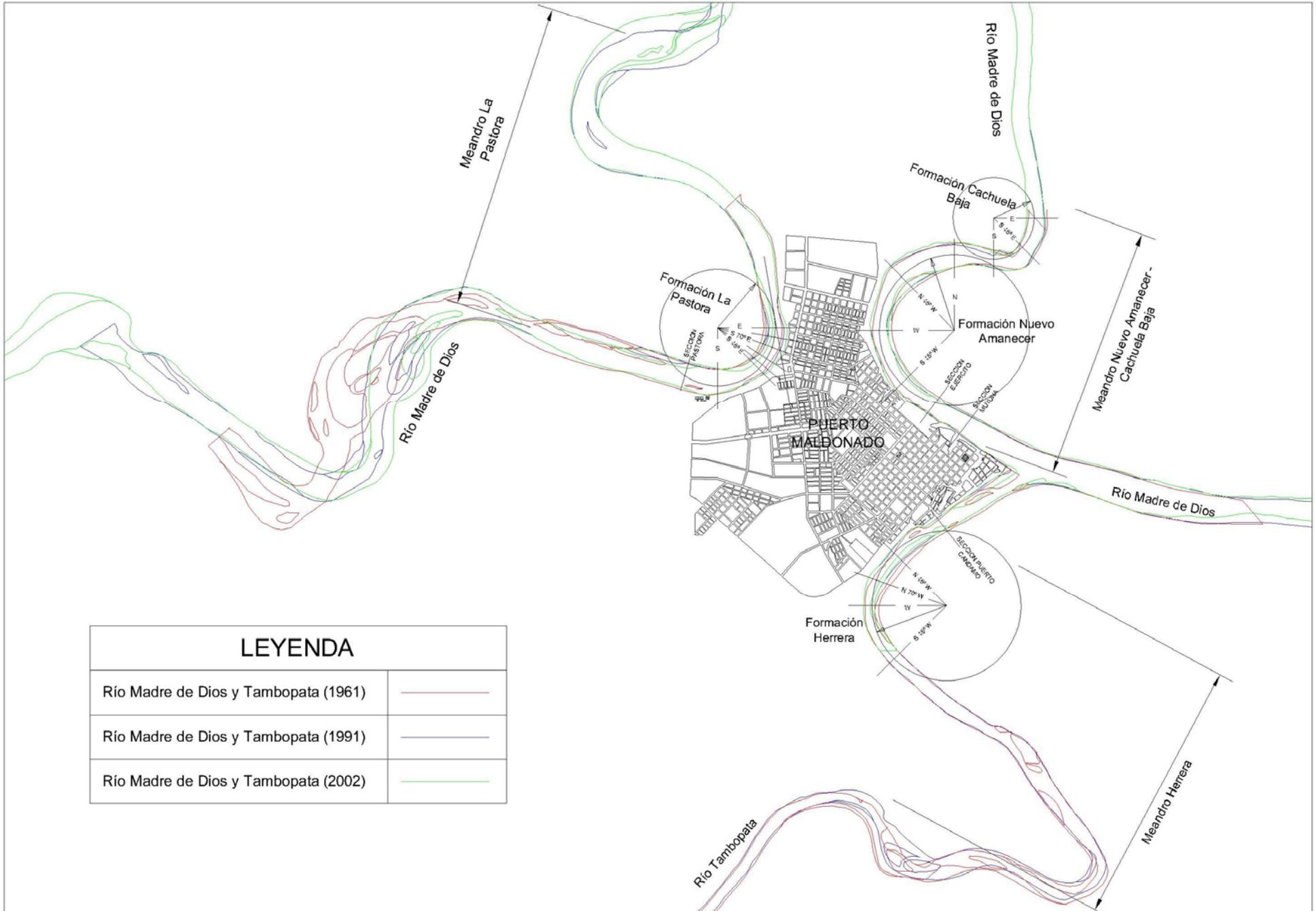
FUENTE: SERVICIO AEROFOTOGRAFICO NACIONAL (SAN)

Lámina N° 12 :
Fotografía aérea del vuelo
DMA-SAN (Año 1991)

LAMINA N° 13. DEFINICION DE LAS FORMACIONES DE MEANDROS Y SECCIONES DE ANÁLISIS, SOBRE EL RIO MADRE DE DIOS Y TAMBOPATA



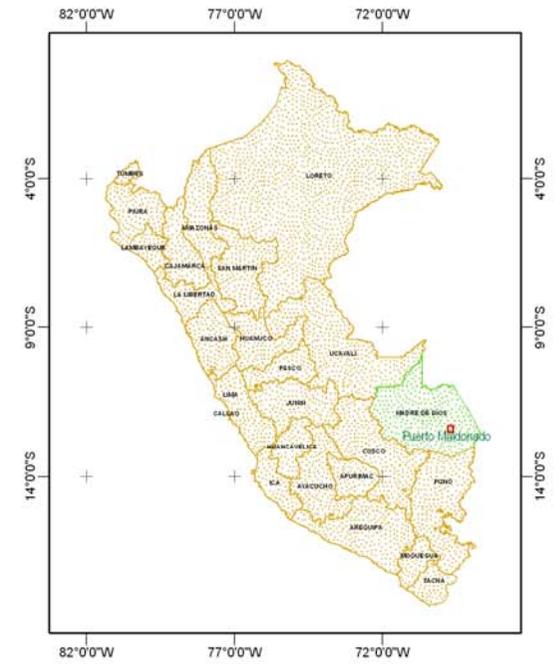
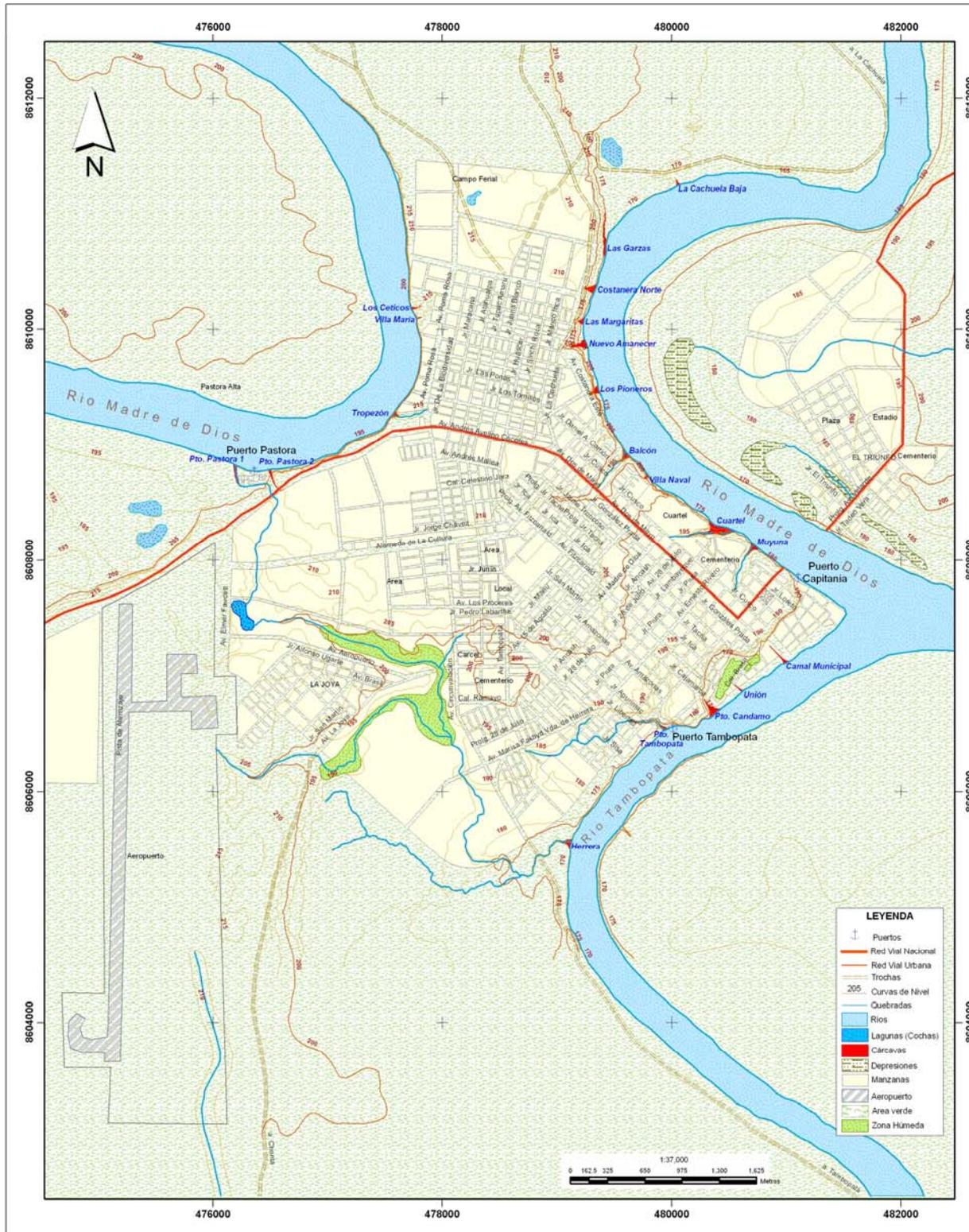
LAMINA N° 14. EVOLUCION DEL RIO MADRE DE DIOS Y TAMBOPATA



LEYENDA

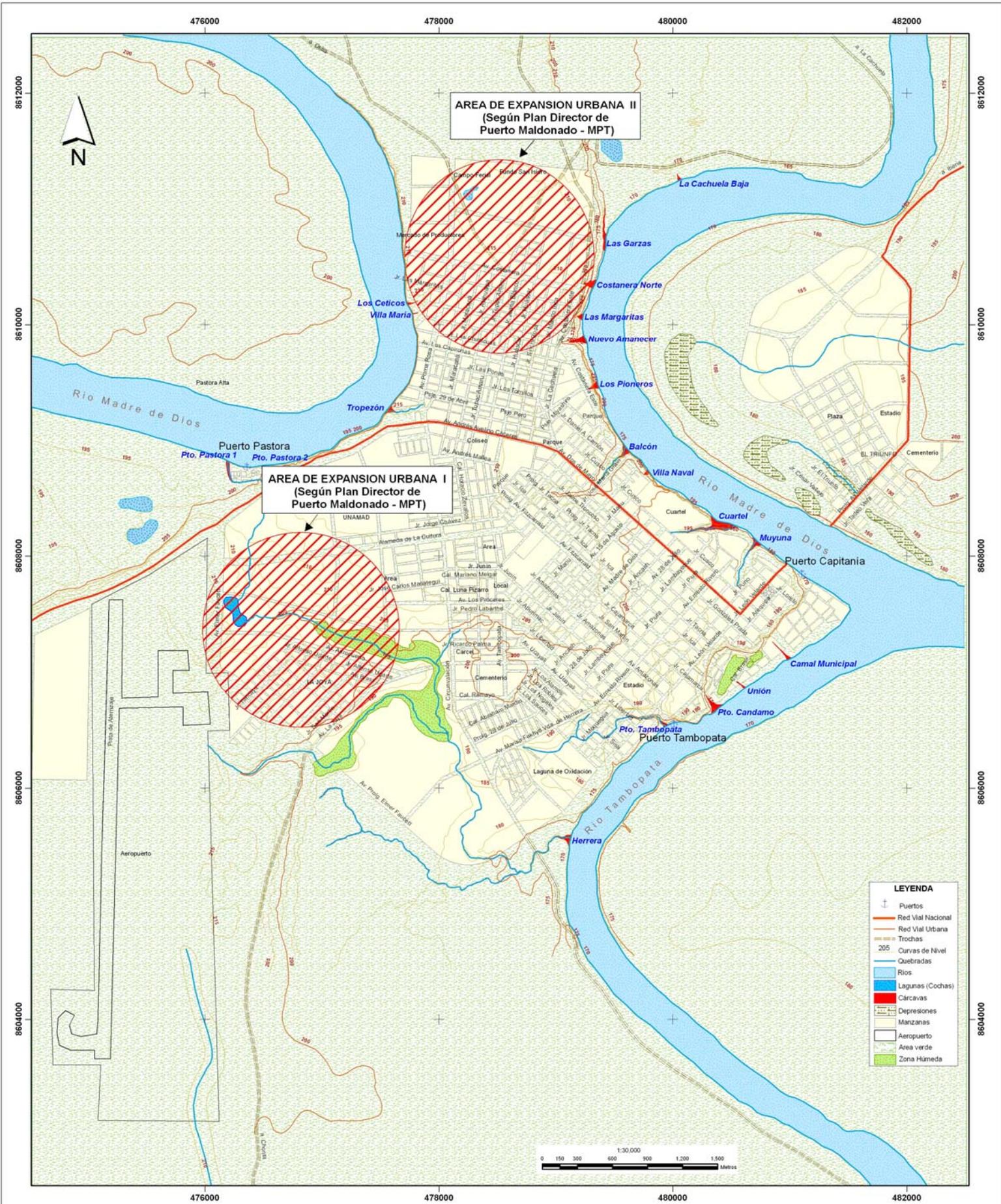
Río Madre de Dios y Tambopata (1961)	
Río Madre de Dios y Tambopata (1991)	
Río Madre de Dios y Tambopata (2002)	

PLANOS

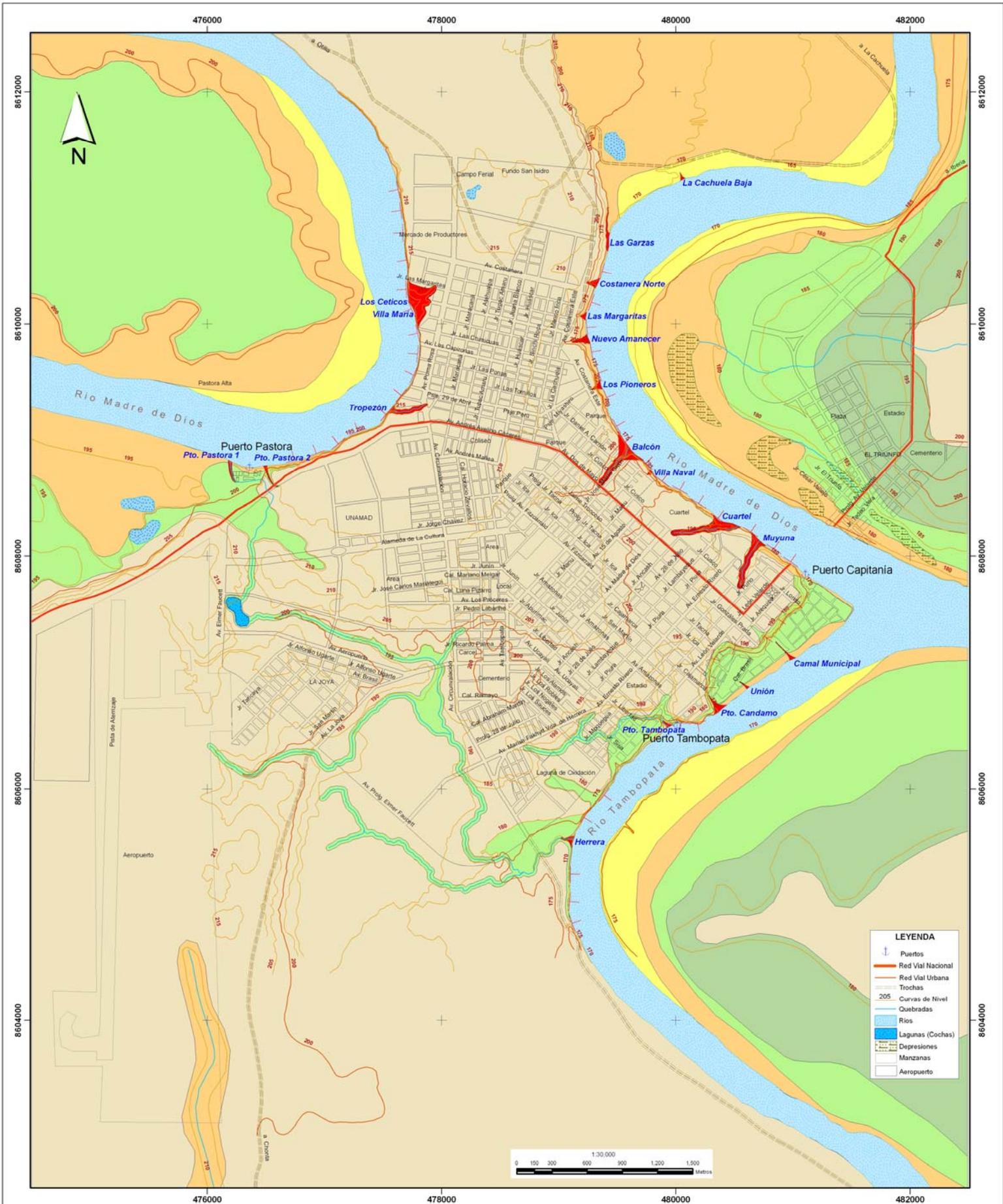


INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL					
CIVIL					
PROYECTO:	PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES				
ESTUDIO:	MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO				PLANO:
MAPA:	UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO				
DESEÑO:	DIBUJO:	REVISADO:	APROBADO:	ESCALA:	FECHA:
O.G.CH.	O.G.CH.	E.M.E.	A.Z.O.	1:37,000	DICIEMBRE 2006

01



INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL					
CIVIL					
PROYECTO: PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES					PLANO
ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO					02
MAPA: MAPA BASE					
DISEÑO: O.G.CH	DIBUJO: O.G.CH	REVISADO: E.M.E	APROBADO: A.Z.O	ESCALA: 1/30,000	FECHA: DICIEMBRE 2006

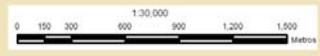


LEYENDA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Terraza baja inundable - Media Plana con buen drenaje
	Terraza baja inundable - Media con drenaje moderado
	Terraza baja inundable - Media con drenaje moderado a malo
	Llanuras de inundación - Meandros y Playas
	Colinas bajas ligeramente a fuertemente disectadas (Pendiente suave, de 0° a 10°)
	Cárcavas activas
	Barranco de río (Acanitlado Fluvial, Línea de escarpa)

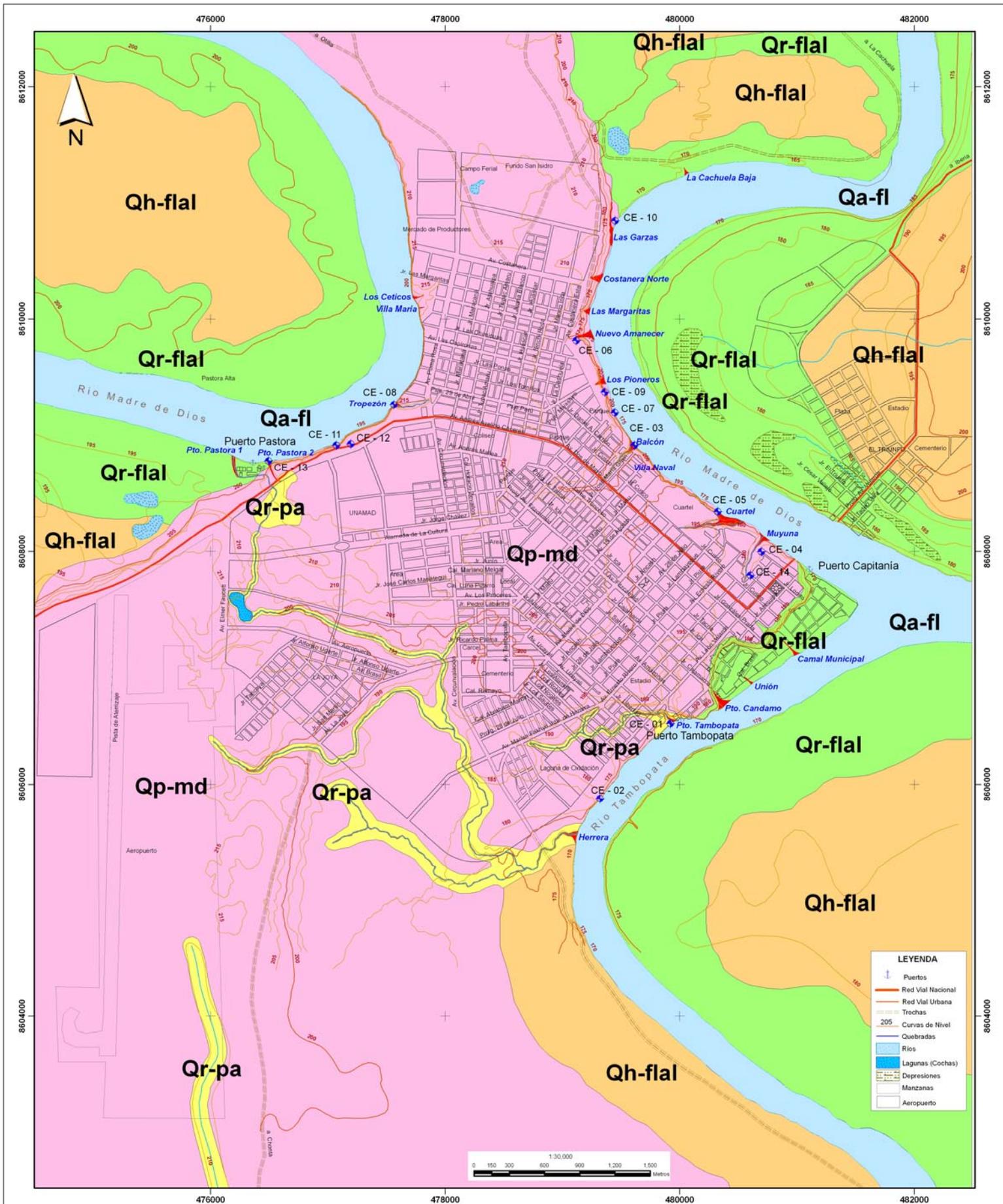
LEYENDA

	Puertos
	Red Vial Nacional
	Red Vial Urbana
	Trochas
	205 Curvas de Nivel
	Quebradas
	Ríos
	Lagunas (Cochas)
	Depresiones
	Manzanas
	Aeropuerto



INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

PROYECTO:	PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES			PLANO:	03						
ESTUDIO:	MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO										
MAPA:	GEOMORFOLOGIA										
DESEÑO:	O.G.CH	DEBUDO:	O.G.CH	REVISADO:	E.M.E.	APROBADO:	A.Z.O.	ESCALA:	1/30,000	FECHA:	DICIEMBRE 2006



LEYENDA

- Puertos
- Red Vial Nacional
- Red Vial Urbana
- Trochas
- Curvas de Nivel
- Quebradas
- Rios
- Lagunas (Cochas)
- Depresiones
- Manzanas
- Aeropuerto

LEYENDA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	Qa - fl Terraza To - Depósito actual fluvial
	Qr - flal Terraza T1 - Depósito cuaternario reciente fluvio aluvial
	Qr - pa Terraza T1b - Depósito cuaternario reciente palustre
	Qh - flal Terraza T2 - Depósito cuaternario holoceno fluvio aluvial
	Qp - md Terraza T3 - Formación Madre de Dios
	CE Columna Estratigráfica

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

PROYECTO: **PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES**

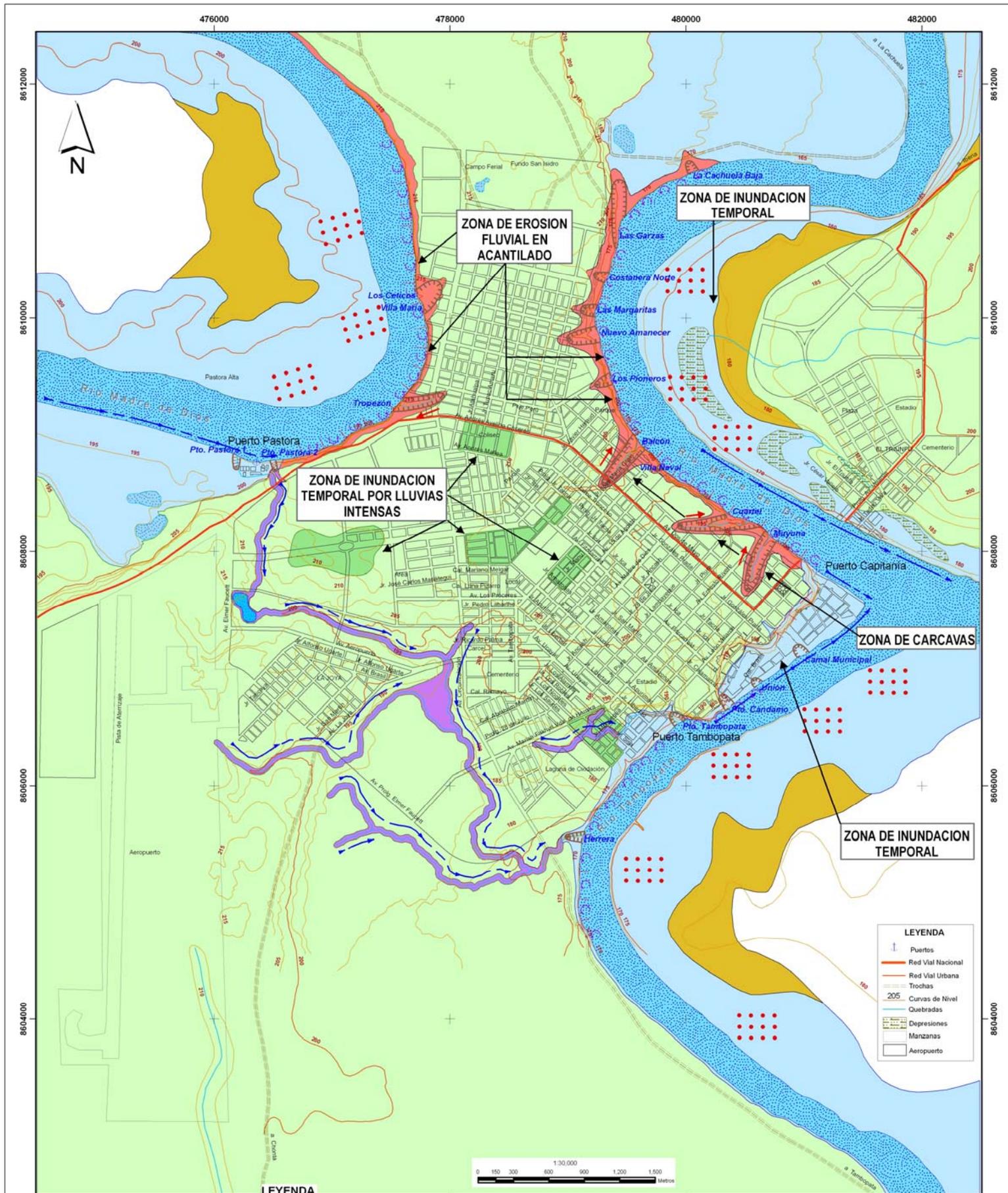
ESTUDIO: **MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO**

MAPA: **GEOLOGIA**

FECHA: **DICIEMBRE 2006**

04

DESIGNO: O.G.CH.	DIBUJO: O.G.CH.	REVISADO: E.M.E.	APROBADO: A.Z.O.	ESCALA: 1/30,000	FECHA: DICIEMBRE 2006
------------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	-----------------------



SIMBOLO	DESCRIPCION
	Zona de inundación permanente: Rios y/o Cochas
	Zona de inundación temporal: Terrazas bajas inundables
	Depósitos de Meandro
	Zona de Sedimentación
	Zona de Erosión Fluvial moderada
	Zona de Erosión Fluvial intensa
	Zona de Cárcavas: Erosión Marginal y por el fondo con deslizamiento de talud (intensa)
	Zona de acantilado: Erosión Fluvial marginal en el pie (moderada a intensa)
	Zona de actividad por Cárcavas, Erosión Marginal, erosión en el fondo, deslizamientos y derrumbes de talud (moderada a intensa)
	Zona de actividad en quebradas: Inundación y Erosión Fluvial
	Zona de Inundación temporal por lluvias intensas
	Zona de actividad geodinámica externa leve a media por escorrentía pluvial
	Zona sin información: fuera del área de estudio

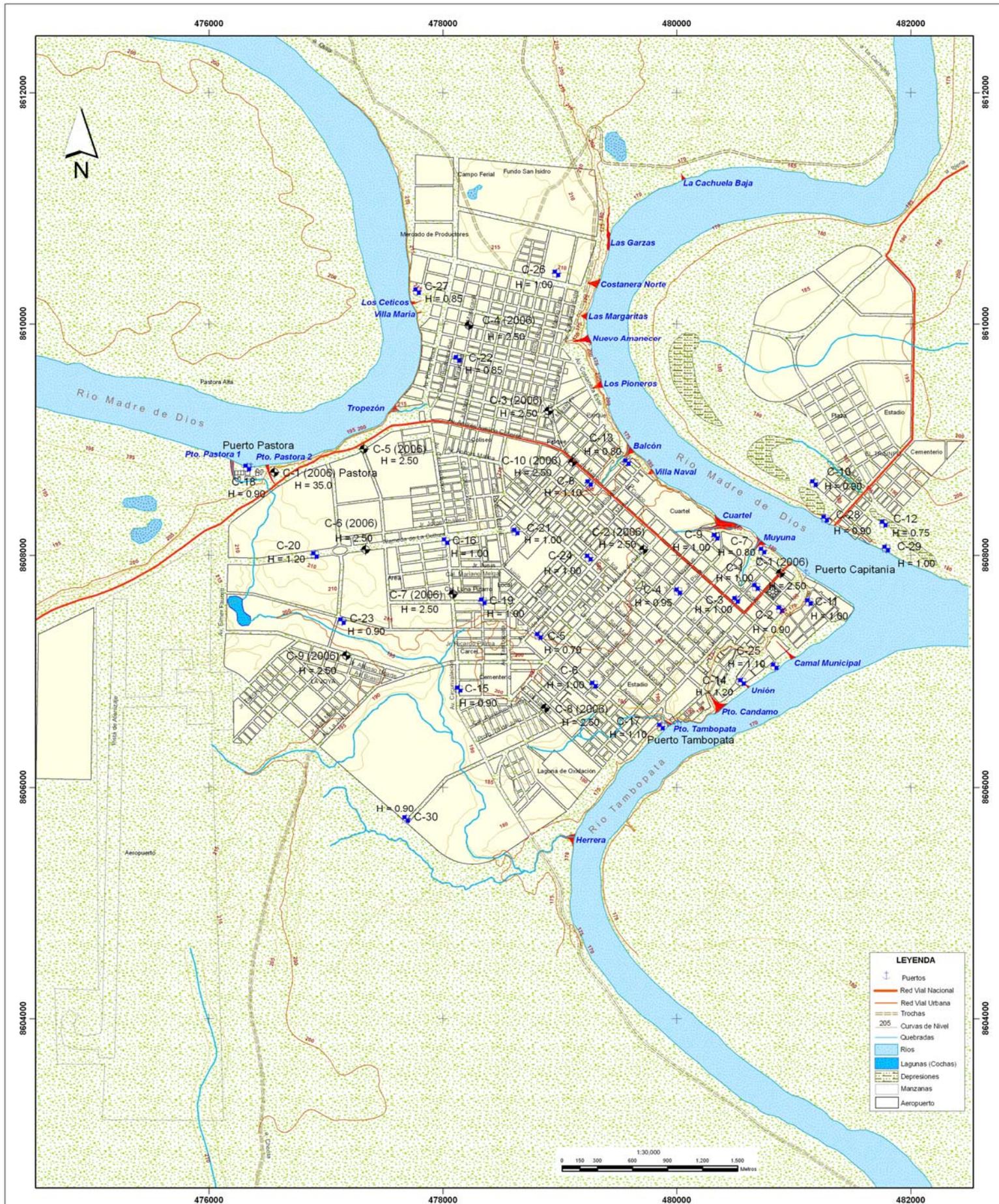
INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

PROYECTO: PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO: **MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO** PLANO: **05**

MAPA: **ACTIVIDAD GEODINAMICA EXTERNA**

DBEÑO: O.G.CH	DIBUJO: O.G.CH	REVISADO: E.M.E.	APROBADO: A.Z.O.	ESCALA: 1/30,000	FECHA: DICIEMBRE 2006
---------------	----------------	------------------	------------------	------------------	-----------------------



LEYENDA

- Puertos
- Red Vial Nacional
- Red Vial Urbana
- Trochas
- Curvas de Nivel
- Cuebradas
- Rios
- Lagunas (Cochas)
- Depresiones
- Manzanas
- Aeropuerto

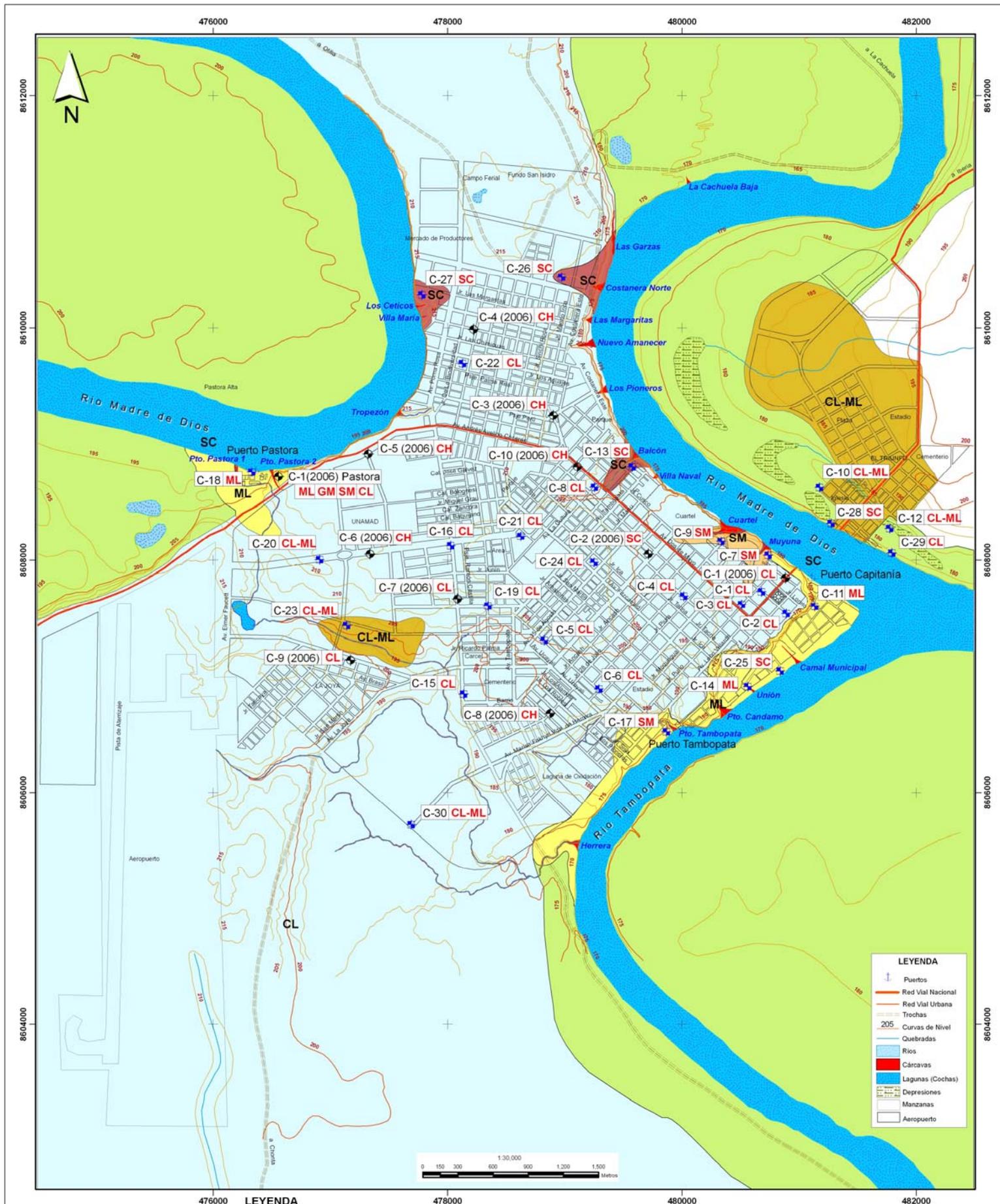


LEYENDA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	Calicata aperturada en estudios previos (año 2005)
	Calicata aperturada el año 2006
C-2	Denominación de Calicata
H = 2.50	Profundidad excavada (mts.)

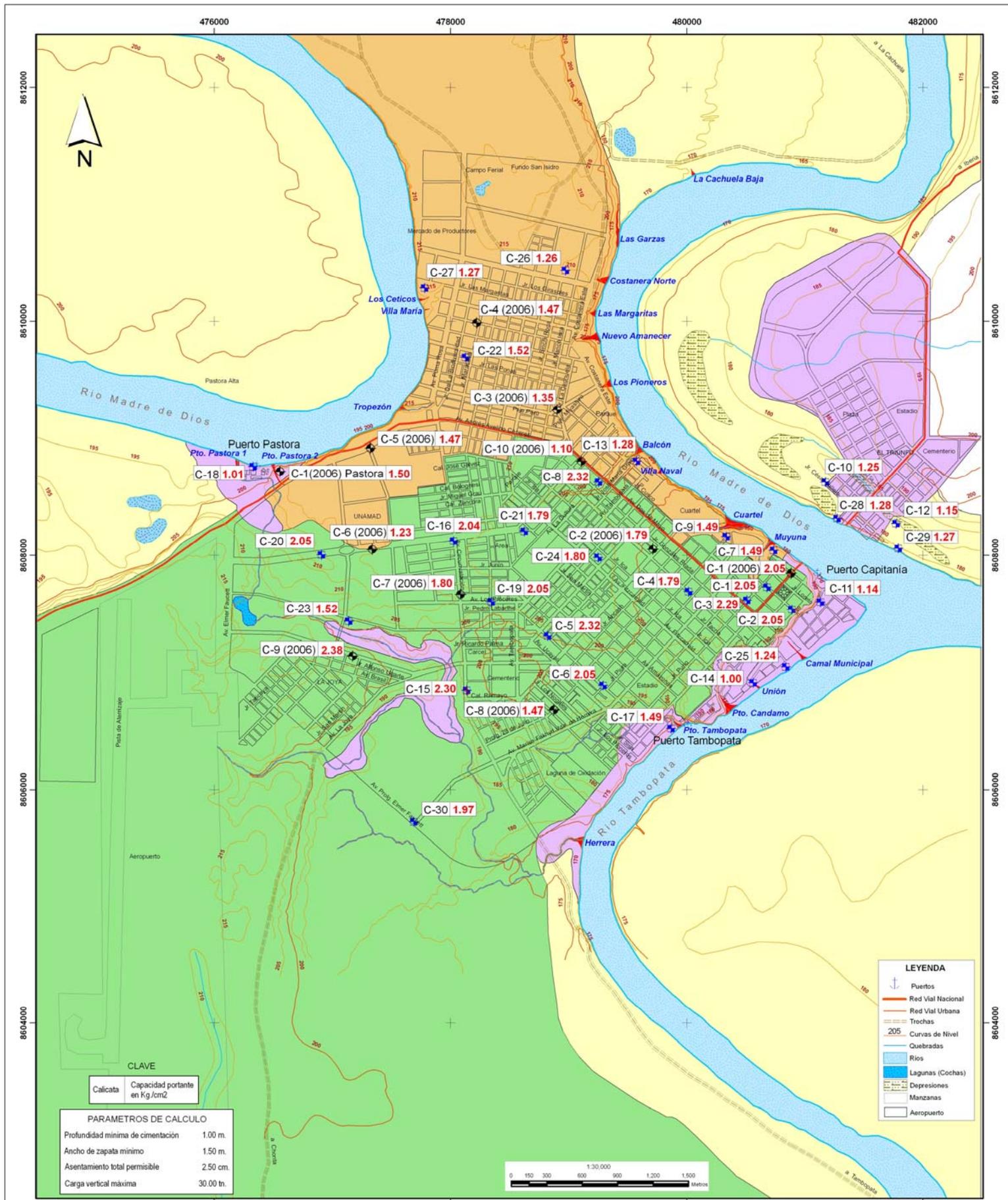
INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

PROYECTO:	PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES			PLANO:	06
ESTUDIO:	MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO				
MAPA:	UBICACION DE CALICATAS			FECHA:	DICIEMBRE 2006
DISEÑO:	O.G.CH	DIBUJO:	O.G.CH	REVISADO:	EME
				APROBADO:	A.Z.O.
				ESCALA:	1/30.000



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Cursos o depósitos de agua (Cochas)
	Arcilla inorgánica de origen residual (Fm. Madre de Dios) con baja a media plasticidad (CL) y en sitios aislados con alta plasticidad (CH)
	Arcilla limosa inorgánica de origen fluvioaluvial con baja a media plasticidad (CL-ML)
	Limo arenoso inorgánico de origen fluvioaluvial con baja a media plasticidad (ML)
	Arena Limosa de origen fluvioaluvial (SM)
	Arena Arcillosa de origen fluvioaluvial (SC)
	Suelos de depósitos fluviales recientes y antiguos que se encuentran cubiertos por vegetación propia de la selva baja: arcillas inorgánicas, limos inorgánicos y arenas limosas, de baja plasticidad
	Zona sin información: fuera del área de estudio
	Calicata aperturada en estudios previos (año 2005)
	Calicata aperturada el año 2006
C-2	Denominación de Calicata
CL	Clasificación de suelos SUCS

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL					
CIVIL					
PROYECTO: PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES					
ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO					PLANO: 07
MAPA: ZONIFICACION DE SUELOS					
DESEÑO: E.M.E.	DIBUJO: O.G.CH.	REVISADO: E.M.E.	APROBADO: A.Z.O.	ESCALA: 1/30,000	FECHA: DICIEMBRE 2006



CLAVE

Calicata	Capacidad portante en Kg/cm ²
----------	--

PARAMETROS DE CALCULO

Profundidad mínima de cimentación	1.00 m.
Ancho de zapata mínimo	1.50 m.
Asentamiento total permisible	2.50 cm.
Carga vertical máxima	30.00 tn.

LEYENDA

	Puertos
	Red Vial Nacional
	Red Vial Urbana
	Trochas
	Curvas de Nivel
	Cuebradas
	Ríos
	Lagunas (Cochas)
	Depresiones
	Manzanas
	Aeropuerto

LEYENDA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	Capacidad portante igual a 1.0 Kg/cm ² , en suelos arcillo-limosos de baja a media plasticidad y nivel freático eventualmente dentro de la zona activa de presiones.
	Capacidad portante entre 1.0 Kg/cm ² a 1.5 Kg/cm ² , en suelos arcillosos de baja a alta plasticidad, arenas-limosas y nivel freático fuera de la zona activa de presiones.
	Capacidad portante entre 1.5 Kg/cm ² a 2.00 Kg/cm ² , en suelos arcillosos de baja a media plasticidad y nivel freático fuera de la zona activa de presiones.
	Capacidad portante entre 0.75 Kg/cm ² a 1.00 Kg/cm ² , en suelos fluvioaluviales y nivel freático eventualmente dentro de la zona activa de presiones. Fuera de la ciudad de Puerto Maldonado
	Zona sin información: fuera del área de estudio
	Calicata aperturada en estudios previos (año 2005)
	Calicata aperturada el año 2006

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

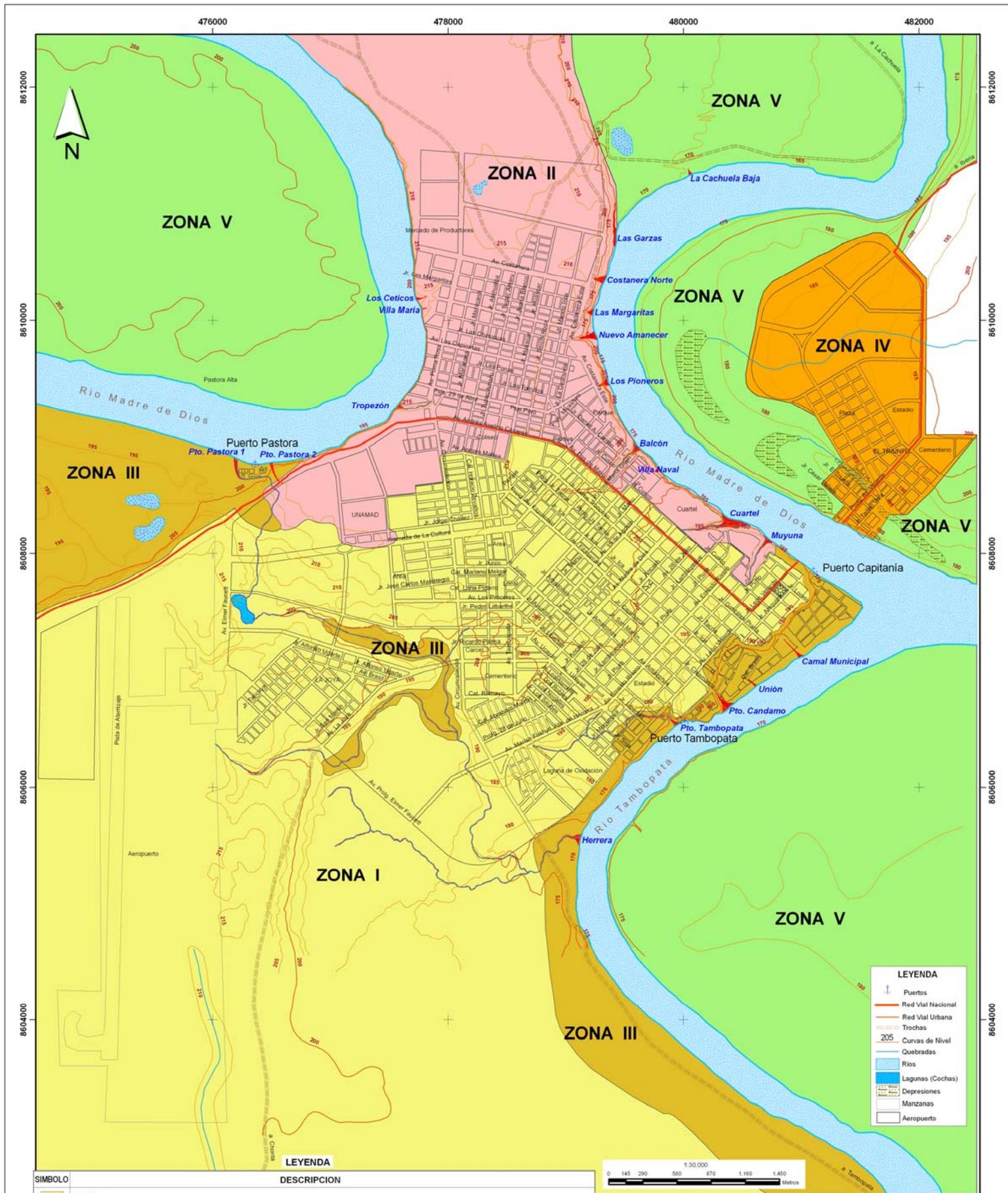
PROYECTO: PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO: **MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO**

MAPA: **ZONIFICACION DE CAPACIDAD PORTANTE**

PLANO: **08**

DESEÑO: O.G.CH.	DBUO: O.G.CH.	REVISADO: E.M.E.	APROBADO: A.Z.O.	ESCALA: 1/30,000	FECHA: DICIEMBRE 2006
-----------------	---------------	------------------	------------------	------------------	-----------------------



LEYENDA

- ↑ Puertos
- Red Vial Nacional
- Red Vial Urbana
- Trochas
- 205 Curvas de Nivel
- Quebradas
- Rios
- Lagunas (Cochas)
- Depresiones
- Manzanas
- Aeropuerto

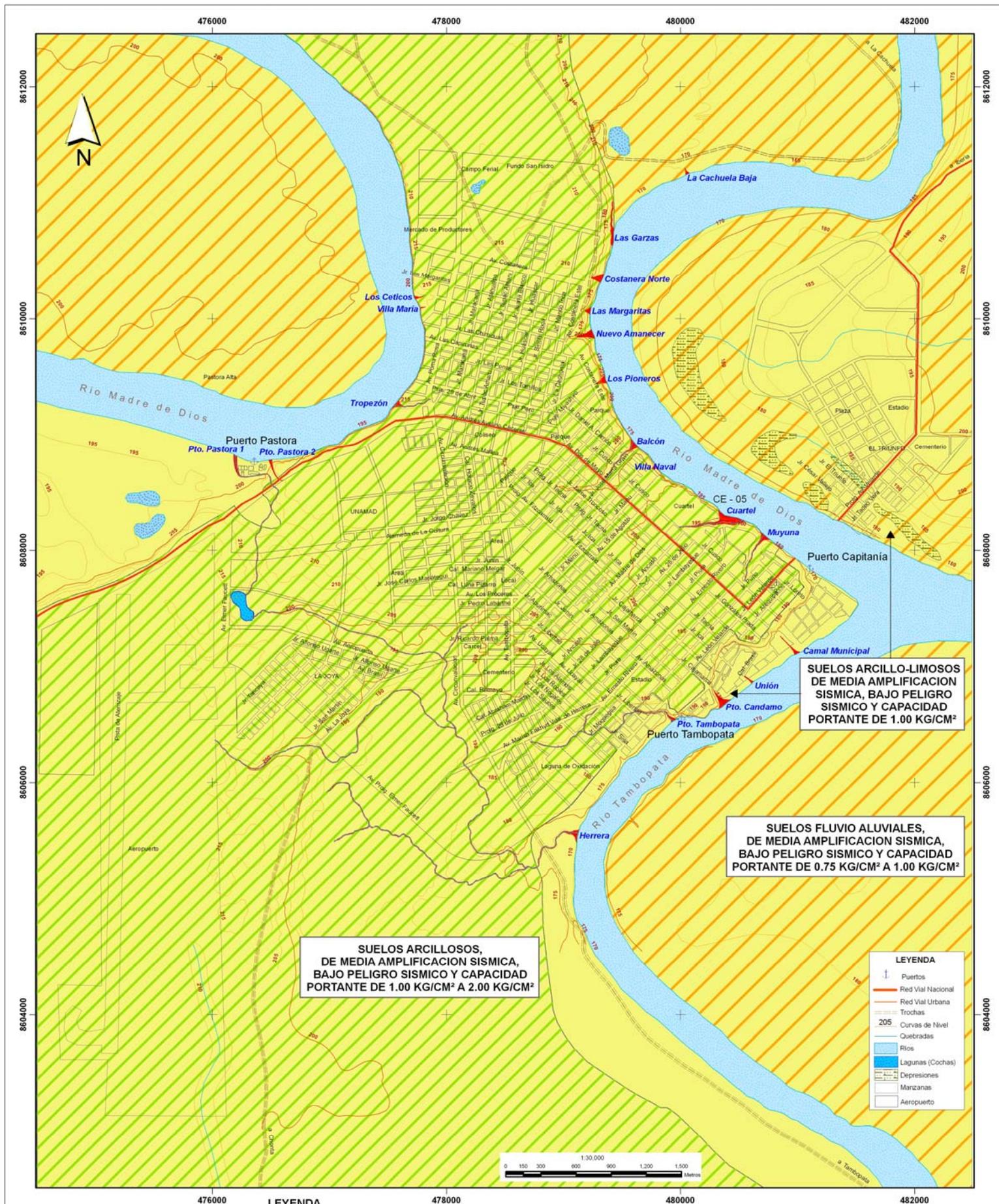
LEYENDA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	ZONA I : Suelos arcillosos inorgánicos de baja a media plasticidad, sobre terrenos de pendiente muy suave a suave (0° a 10°), con regular capacidad portante (1.50 Kg/cm^2 a 2.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo potencial de expansión y colapso y nivel freático profundo (mayor a los 10.0 m .)
	ZONA II : Suelos arcillosos inorgánicos de baja a alta plasticidad, sobre terrenos de pendiente muy suave (0° a 5°), con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm^2 a 1.50 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo potencial de expansión y colapso y nivel freático profundo (mayor a los 10.0 m .)
	ZONA III : Suelos arcillosos y limosos inorgánicos de baja a media plasticidad, sobre terrenos de pendiente muy suave (0° a 5°), con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm^2) de media amplificación sísmica, bajo potencial de expansión y colapso y nivel freático superficial a poco profundo (entre 0.0 m . a 5.0 m .)
	ZONA IV : Suelos arcillo - limosos inorgánicos de baja a media plasticidad, sobre terrenos de pendiente muy suave (0° a 10°), con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo potencial de expansión y colapso y nivel freático eventualmente superficial a poco profundo (entre 0.0 m . a 5.0 m .)
	ZONA V : Suelos de Depósitos Fluvio aluviales recientes y antiguos (Terrazas bajas inundables) cubiertos por vegetación propia de la Selva Baja. arcillas inorgánicas, limos inorgánicos y arenas limosas de baja a media plasticidad, sobre terrenos de pendiente muy suave (0° a 5°), con baja a regular capacidad portante (0.75 Kg/cm^2 a 1.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo potencial de expansión y colapso y nivel freático eventualmente superficial a poco profundo (entre 0.0 m . a 5.0 m .)
	Zona sin información. Fuera del área de estudio



INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

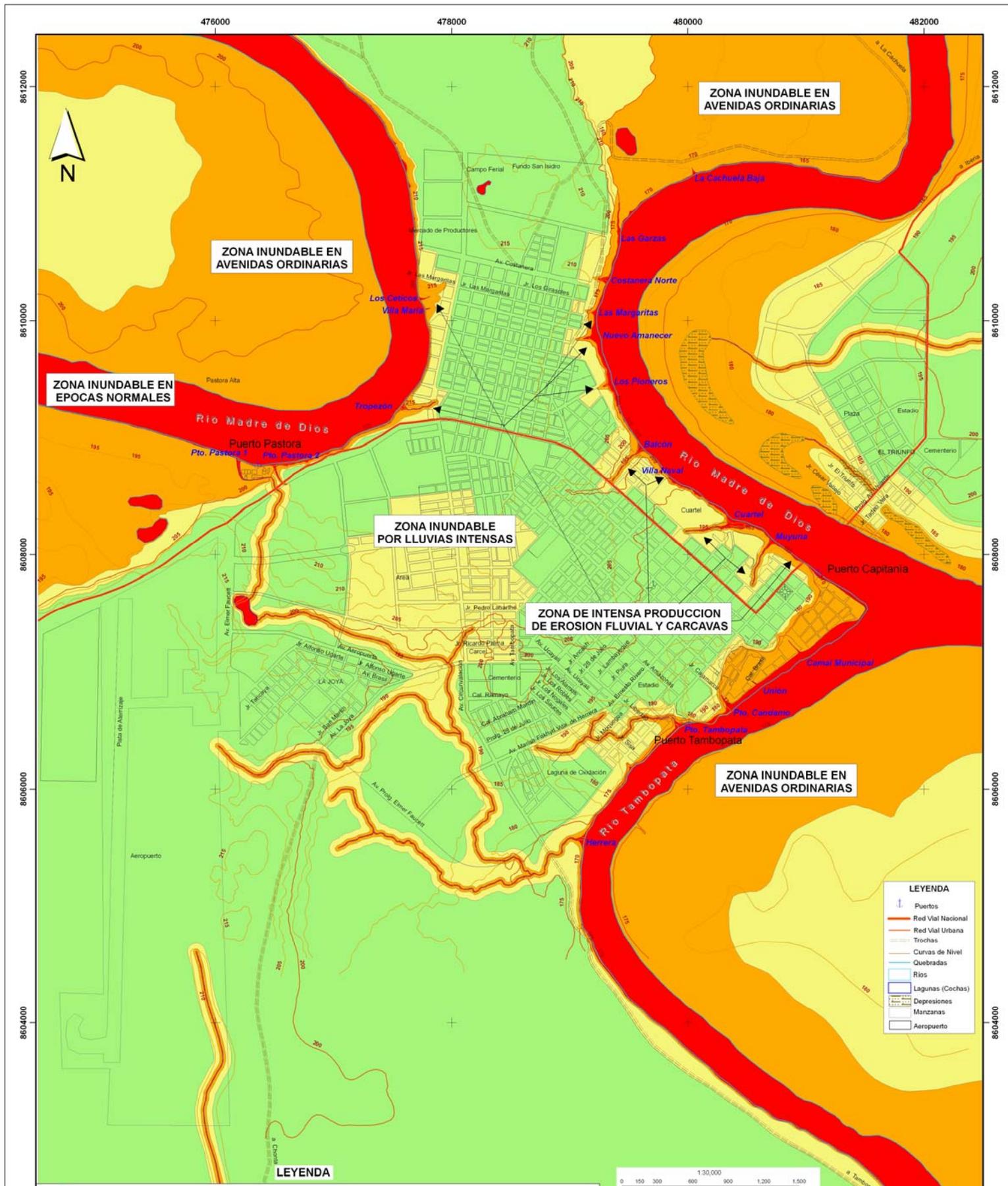
PROYECTO: PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES		PLANO: 09
ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO		
MAPA: ZONIFICACION GEOTECNICA		
DISEÑO: O.G.CH.	DIBUJO: O.G.CH.	REVISADO: E.M.E.
APROBADO: A.Z.O.	ESCALA: 1/30,000	FECHA: DICIEMBRE 2006



LEYENDA

- Zona de Peligro Medio - Bajo:**
Terrenos sobre suelos arcillosos de baja a alta plasticidad, de pendiente muy suave a suave (0° a 10°), con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm^2 a 2.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico y bajo potencial de expansión y colapso.
- Zona de Peligro Medio:**
Terrenos sobre suelos arcillosos y limosos de baja a media plasticidad, de pendiente muy suave (0° a 10°), con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico y bajo potencial de expansión y colapso, nivel freático eventualmente superficial a poco profundo.
- Zona de Peligro Medio - Alto:**
Terrenos sobre suelos fluvio aluviales, cubiertos por vegetación: arcillas inorgánicas, limos inorgánicos y arenas limosas de baja a media plasticidad, de pendiente muy suave (0° a 5°), con baja a regular capacidad portante (0.75 Kg/cm^2 a 1.00 Kg/cm^2), media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico, bajo potencial de expansión y colapso, nivel freático eventualmente superficial a poco profundo.

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL					
PROYECTO: PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES					
ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO					PLANO: 10
MAPA: ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICOS-GEOTECNICOS					
DISEÑO: O.G.CH.	DIBUJO: O.G.CH.	REVISADO: E.M.E.	APROBADO: A.Z.O.	ESCALA: 1:30,000	FECHA: DICIEMBRE 2006



Zona de Peligro Muy Alto:
 Áreas que corresponden a actuales lechos de ríos, cárcavas expuestas a inundaciones muy frecuentes, riberas de los ríos que erosionan continuamente por la acción hidrodinámica del flujo, cochas y quebradas. Estas áreas rápidamente se activan e incrementan en magnitud de peligrosidad, inmediatamente después de una precipitación, sea suave o intensa. Las precipitaciones intensas producen inundaciones medias a profundas, repentinas, frecuentes y de corta duración, el flujo de escorrentía es repentino e intenso y el transporte de sedimentos es considerable, existen flujos de lodo en forma frecuente y colmatación de material de arrastre en diversos puntos de la zona.

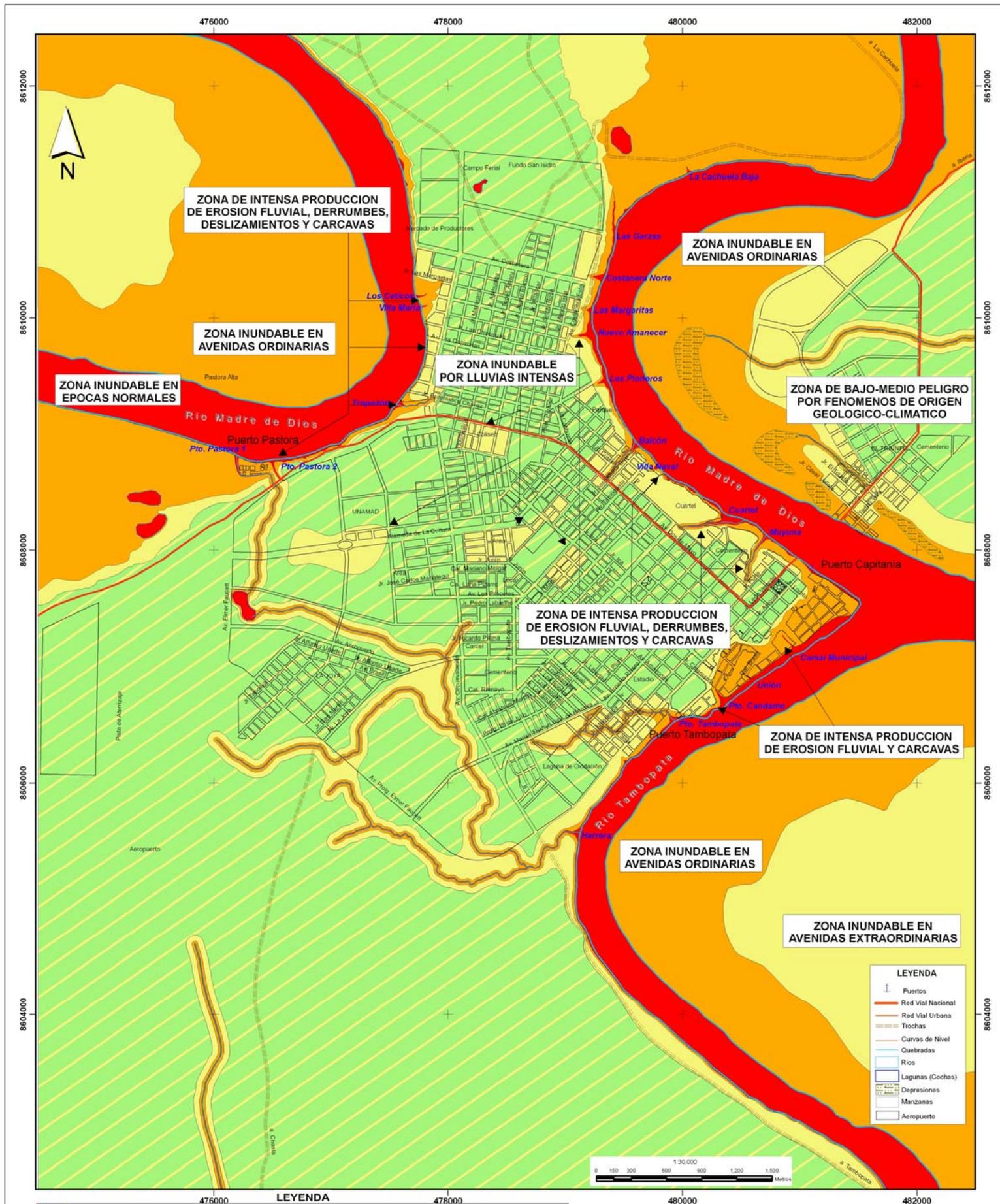
Zona de Peligro Alto:
 Áreas que conforman los perímetros de las cárcavas y los taludes de las mismas. En esta zona se producen inundaciones por precipitaciones de menores intensidades y corta duración. Alta erosión laminar debido a las precipitaciones. Alto arrastre de sedimentos. Niveles topográficos bajos dentro de la ciudad, en las cuales se forman inundaciones superficiales y encharcamientos de agua importantes y frecuentes. El drenaje es muy lento. Corresponden a la franja de terreno que queda inundada por el flujo de las quebradas, durante precipitaciones ordinarias. Constituyen planicies de inundación de avenidas extraordinarias y antiguos cauces de ríos, zonas propensas a erosión fluvial.

Zona de Peligro Medio:
 Áreas que colindan con las cárcavas, hasta una distancia de los bordes, de dos veces la profundidad máxima de las mismas. Aquí ocurren inundaciones superficiales repentinas o encharcamiento de agua moderado debido a precipitaciones intensas y de corta duración sólo en puntos críticos. El flujo de escorrentía superficial es moderado, existen algunos flujos de lodo en puntos críticos y colmatación de material de arrastre en diversos puntos de la zona. También inundaciones debido a la obstrucción de drenes y quebradas. Mientras que las inundaciones por desborde del río es muy poco probable, el desplazamiento del cauce no llegaría a esta zona, ni los efectos de erosión en las riberas.

Zona de Peligro Bajo:
 Áreas con niveles topográficos altos. Se presentan inundaciones y encharcamiento de agua leves debido a precipitaciones intensas y de larga duración. La formación de cárcavas tardarían en alcanzar estas áreas. La evacuación de aguas pluviales son relativamente rápidas con bajo grado de arrastre de sedimentos. No existe flujo de lodos. Las inundaciones por desborde de los ríos son muy poco probables. La divagación o desplazamiento de los cauces de ríos no llegaría a esta zona ni los efectos de erosión de las riberas.

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

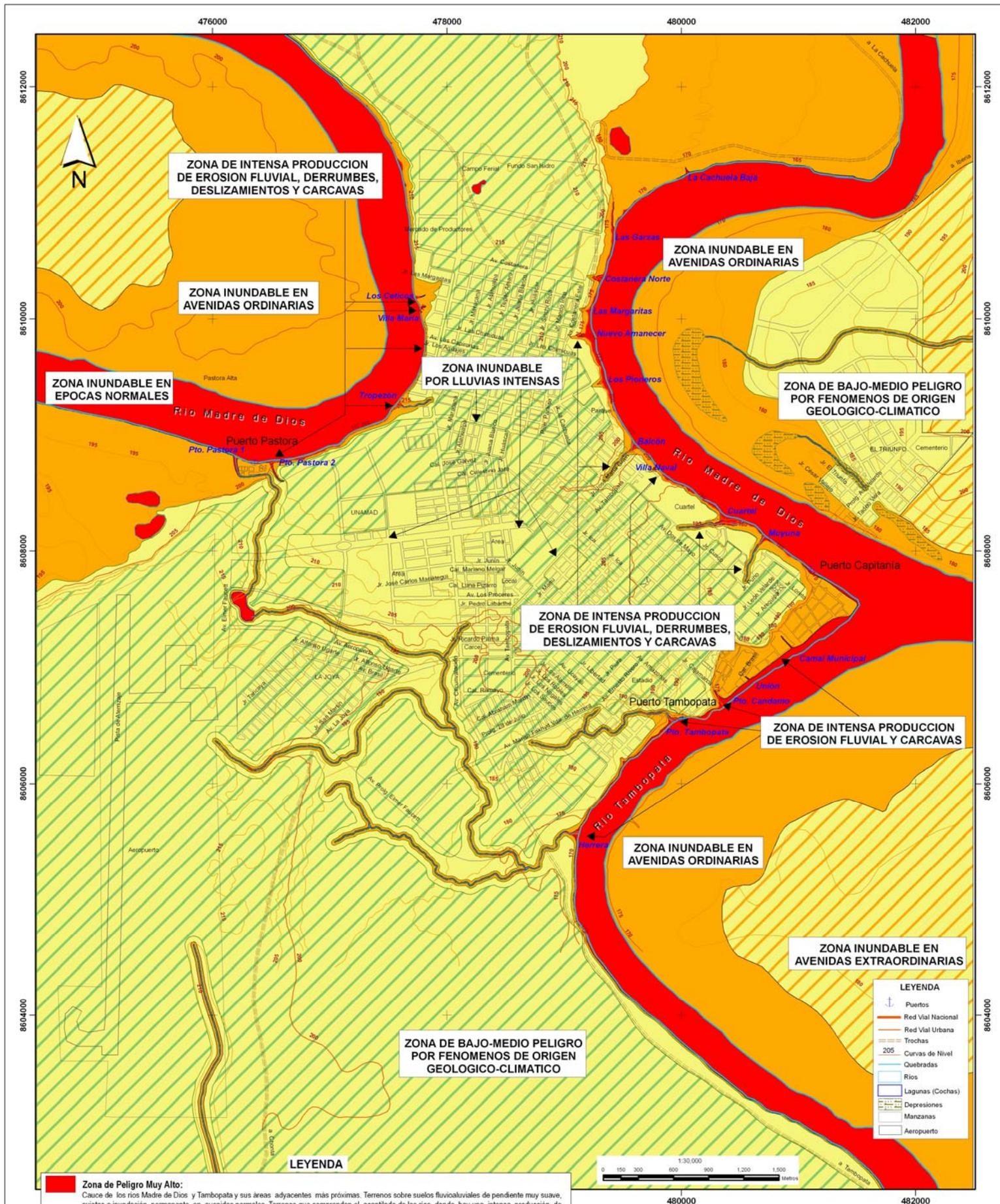
PROYECTO: PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES		11
ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO		
MAPA: ZONIFICACION DE PELIGROS CLIMATICOS		
DESEN: O.G.CH	DIBUJO: O.G.CH	REVISADO: E.M.E.
AFROBRADO: A.Z.O.		ESCALA: 1:30,000
FECHA: DICIEMBRE 2006		



- Zona de Peligro Muy Alto:**
Cauce de los rios Madre de Dios y Tambopata y sus áreas adyacentes más próximas. Terrenos sobre suelos fluvioaluviales de pendiente muy suave, sujetos a inundación permanente en avenidas normales. Terrenos que comprenden el acantilado de los rios, donde hay una intensa producción de erosión marginal, deslizamientos, derrumbes y cárcavas.
- Zona de Peligro Alto:**
Terrenos sobre suelos fluvioaluviales adyacentes a los rios Madre de Dios y Tambopata de pendiente muy suave, sujetos a inundación permanente en avenidas ordinarias. Terrenos con alta influencia de la actividad de las cárcavas, erosión y deslizamientos. Corresponde también a los alrededores más cercanos de la zona de Peligro Muy Alto.
- Zona de Peligro Medio:**
Terrenos sobre suelos fluvioaluviales de pendiente muy suave a suave, sujetos a inundación en avenidas extraordinarias y áreas sin drenaje de la ciudad inundables por lluvias intensas. Terrenos con débil influencia de la actividad de las cárcavas, erosión y deslizamientos. Corresponde también a los alrededores más cercanos de la zona de Peligro Alto.
- Zona de Peligro Bajo - Medio:**
Terrenos sobre suelos arcillosos de pendiente muy suave a suave, en donde las lluvias intensas ocasionan escorrentía de magnitud moderada que tiene un inadecuado drenaje en sitios críticos aislados. Terrenos alejados de la influencia de cárcavas, deslizamientos y erosión fluvial.

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL					
PROYECTO:	PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES				
ESTUDIO:	MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO				PLANO:
MAPA:	ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICOS				
ELABORADO:	DIBUJADO:	REVISADO:	APROBADO:	ESCALA:	FECHA:
O.G.CH.	O.G.CH.	E.M.E.	A.Z.O.	1/30,000	DICIEMBRE 2006

12



Zona de Peligro Muy Alto:
Cauce de los ríos Madre de Dios y Tambopata y sus áreas adyacentes más próximas. Terrenos sobre suelos fluvioaluviales de pendiente muy suave, sujetos a inundación permanente en avenidas normales. Terrenos que comprenden el acantilado de los ríos, donde hay una intensa producción de erosión marginal, deslizamientos, derrumbes y cárcavas.

Zona de Peligro Alto:
Terrenos sobre suelos fluvioaluviales adyacentes a los ríos Madre de Dios y Tambopata de pendiente muy suave, sujetos a inundación permanente en avenidas ordinarias. Terrenos con alta influencia de la actividad de las cárcavas, erosión y deslizamientos.

Zona de Peligro Medio-Alto:
Terrenos sobre suelos fluvioaluviales de pendiente muy suave (0° a 5°) de media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico y capacidad portante de 0.75 Kg./cm^2 a 1.00 Kg./cm^2 , sujetos a inundación en avenidas ordinarias y extraordinarias con nivel freático eventualmente superficial a poco profundo.

Zona de Peligro Medio:
Terrenos sobre suelos arcillosos y limosos de pendiente muy suave a suave (0° a 10°) de media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico y capacidad portante de 1.00 Kg./cm^2 a 2.00 Kg./cm^2 , sujetos a inundación en avenidas extraordinarias. Áreas sin drenaje de la ciudad que se inundan por lluvias intensas con nivel freático eventualmente superficial a poco profundo. Terrenos con débil influencia de la actividad de las cárcavas, erosión y deslizamientos.

Zona de Peligro Medio-Bajo:
Terrenos sobre suelos arcillosos de pendiente muy suave a suave (0° a 10°) de media amplificación sísmica, bajo peligro sísmico y capacidad portante de 1.00 Kg./cm^2 a 2.00 Kg./cm^2 , en donde las lluvias intensas ocasionan escorrentía de magnitud moderada que tiene un inadecuado drenaje en sitios críticos aislados. Terrenos alejados de la influencia de cárcavas, deslizamientos y erosión fluvial.

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

PROYECTO: PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

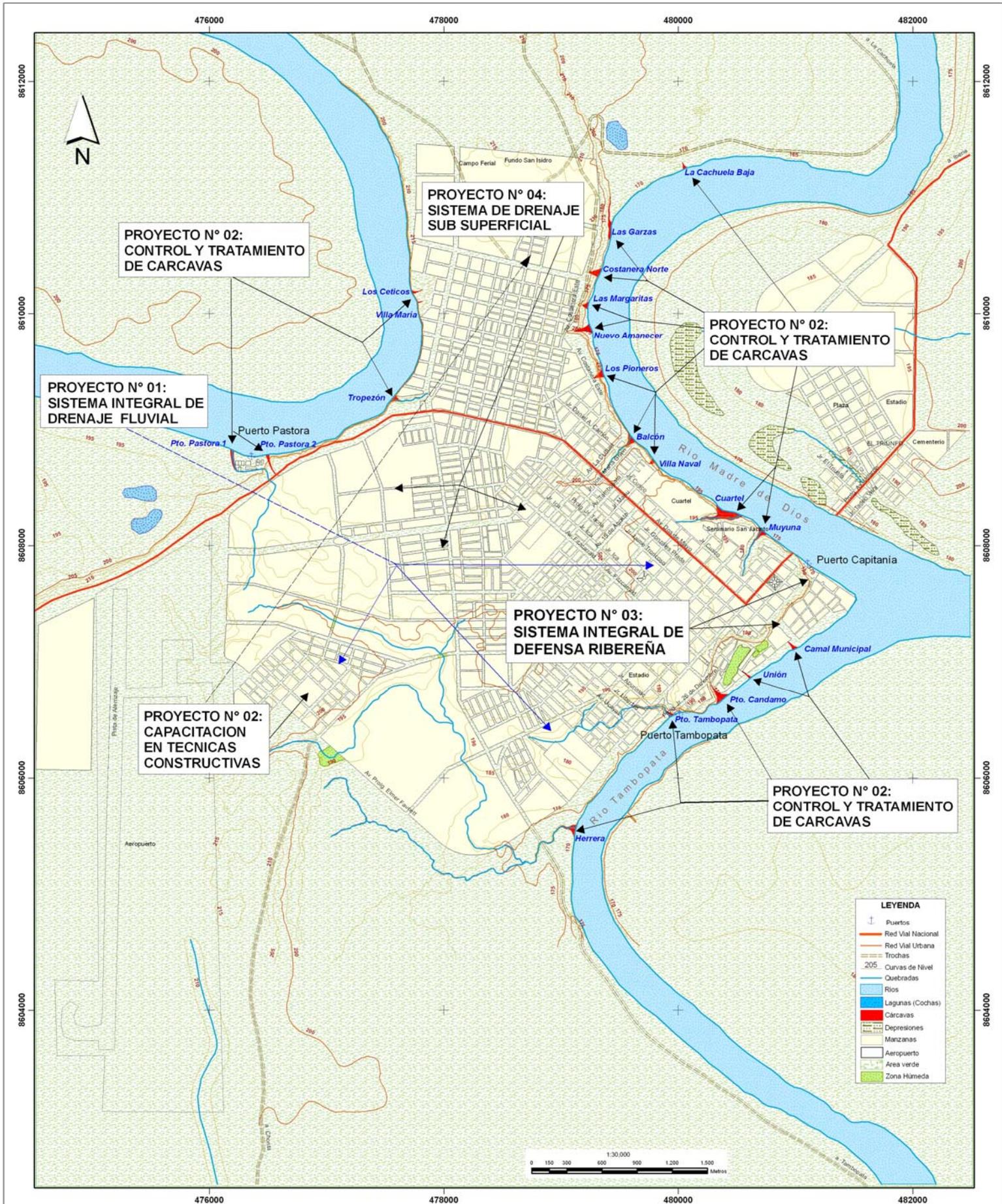
ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO

MAPA: ZONIFICACION DE PELIGROS MULTIPLES

ESCALA: 1/30,000

FECHA: DICIEMBRE 2006

13



INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL				
PROYECTO:		PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES		
ESTUDIO:		MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO		PLANO:
MAPA:		UBICACION DE PROYECTOS DE MITIGACION DE DESASTRES		
14				
DESENHO:	DIBUJO:	REVISADO:	APROBADO:	ESCALA:
O.G.CH	O.G.CH	E.M.E	A.Z.O	1/30,000
FECHA:			DICIEMBRE 2005	

ANEXO Nº 01 : ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

Informe : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 1
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.00

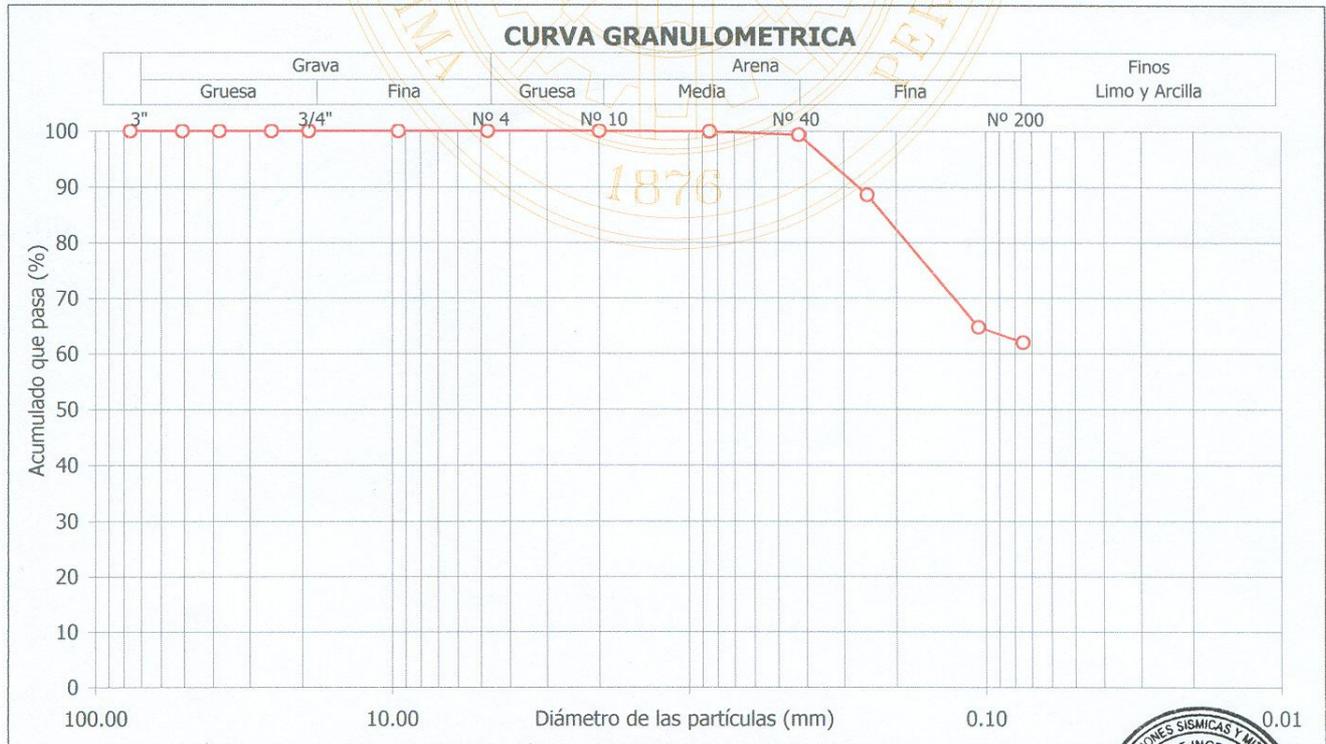
Contenido de humedad; ASTM - D2216		
Humedad	(%)	14.8

Límites de consistencia		
Límite Líquido	(%)	39
Límite Plástico	(%)	15
Índice de Plasticidad	(%)	24
Límite de Contracción	(%)	12

Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
Nº 4	4.750	100.0
Nº 10	2.000	100.0
Nº 20	0.850	99.9
Nº 40	0.425	99.3
Nº 60	0.250	88.5
Nº 140	0.106	64.6
Nº 200	0.075	61.9

Resultados de la granulometría por tamizado		
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		---
Coefficiente de Curvatura (Cc)		---
Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	0.0
Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	38.1
Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	61.9

Clasificación; ASTM - D2487 / D3282	
AASHTO : A-6 (12)	
SUCS : - CL // Arcilla delgada arenosa	



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

Luna
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES

LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM - D3080

Informe Nº : LG06-457

Fecha : Octubre, 2006

Solicitante : INDECI - PNUD

Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 1

Velocidad : 0.25 mm/min

Muestra : M - 1

AASHTO : A-6 (12)

Profundidad (m) : 2.00

SUCS : CL // Arcilla delgada arenosa

Estado : Inalterado

Esfuerzo Normal (kg/cm ²)		0.5 Kg/cm ²			1 Kg/cm ²		2 Kg/cm ²	
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
Altura (cm)		1.98	1.96	1.98	2.00	2.00	2.00	
Diámetro (cm)		6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	
Humedad (%)		15.56	15.40	15.71	15.53	16.18	16.02	
Densidad seca (g/cm ³)		1.51	1.53	1.60	1.63	1.57	1.61	
0.5 Kg/cm ²			1 Kg/cm ²			2 Kg/cm ²		
Deformación (%)	Esf. de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.08	0.17	0.05	0.18	0.18	0.05	0.34	0.17
0.10	0.13	0.26	0.10	0.26	0.26	0.10	0.47	0.23
0.20	0.18	0.35	0.20	0.30	0.30	0.20	0.60	0.30
0.35	0.24	0.48	0.35	0.39	0.39	0.35	0.79	0.39
0.50	0.29	0.58	0.50	0.47	0.47	0.50	0.93	0.46
0.75	0.34	0.69	0.75	0.53	0.53	0.75	1.10	0.55
1.00	0.40	0.79	1.00	0.59	0.59	1.00	1.25	0.63
1.25	0.43	0.86	1.25	0.65	0.65	1.25	1.38	0.69
1.50	0.47	0.94	1.50	0.69	0.69	1.50	1.50	0.75
1.75	0.50	1.00	1.75	0.74	0.74	1.75	1.55	0.78
2.00	0.52	1.04	2.00	0.80	0.80	2.00	1.62	0.81
2.50	0.52	1.04	2.50	0.91	0.91	2.50	1.74	0.87
3.00	0.52	1.03	3.00	0.99	0.99	3.00	1.79	0.89
3.50	0.51	1.02	3.50	1.07	1.07	3.50	1.80	0.90
4.00	0.50	0.99	4.00	1.09	1.09	4.00	1.82	0.91
4.50	0.49	0.98	4.50	1.08	1.08	4.50	1.82	0.91
5.00	0.48	0.97	5.00	1.05	1.05	5.00	1.80	0.90
6.00	0.47	0.94	6.00	1.02	1.02	6.00	1.78	0.89
7.00	0.46	0.92	7.00	1.01	1.01	7.00	1.78	0.89
8.00	0.45	0.90	8.00	0.99	0.99	8.00	1.77	0.88
9.00	0.45	0.89	9.00	0.98	0.98	9.00	1.76	0.88
10.00	0.44	0.88	10.00	0.98	0.98	10.00	1.75	0.87
11.00	0.44	0.88	11.00	0.98	0.98	11.00	1.74	0.87
12.00	0.44	0.88	12.00	0.98	0.98	12.00	1.73	0.87

Observaciones : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante.

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
 INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
 JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM - D3080

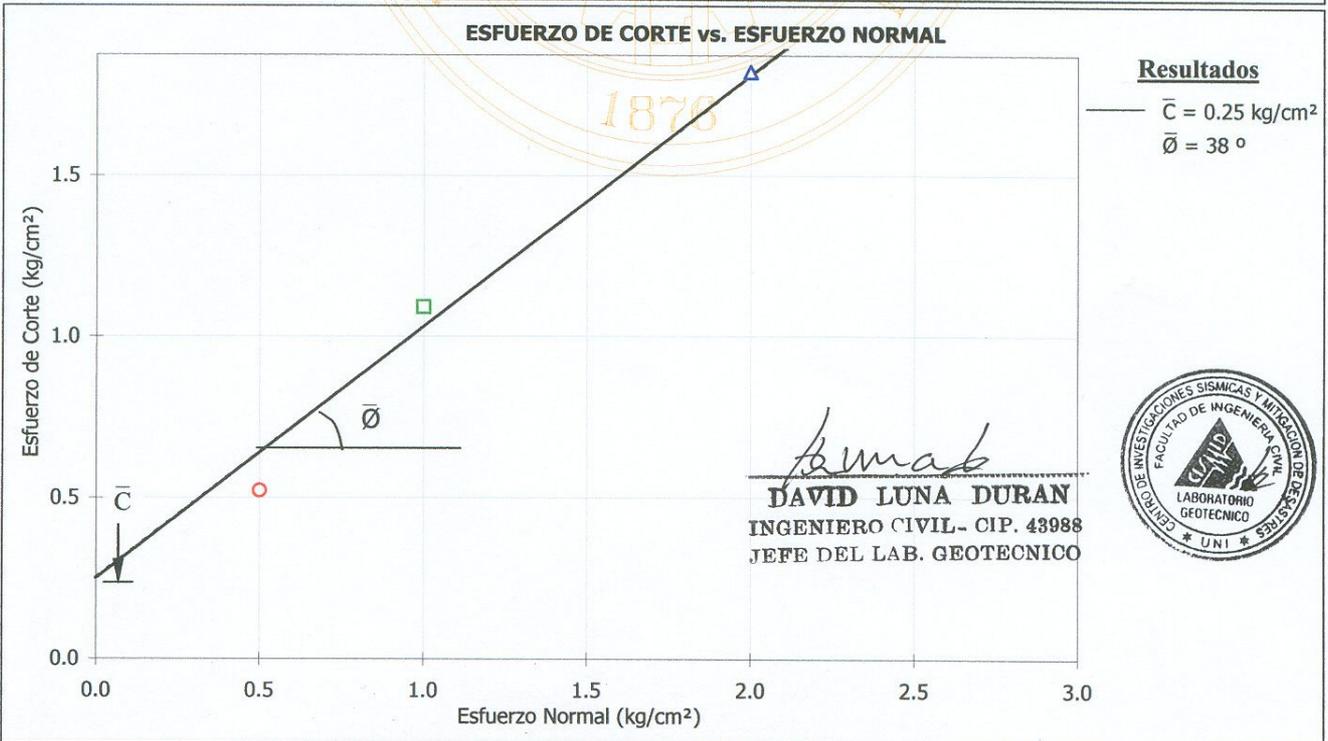
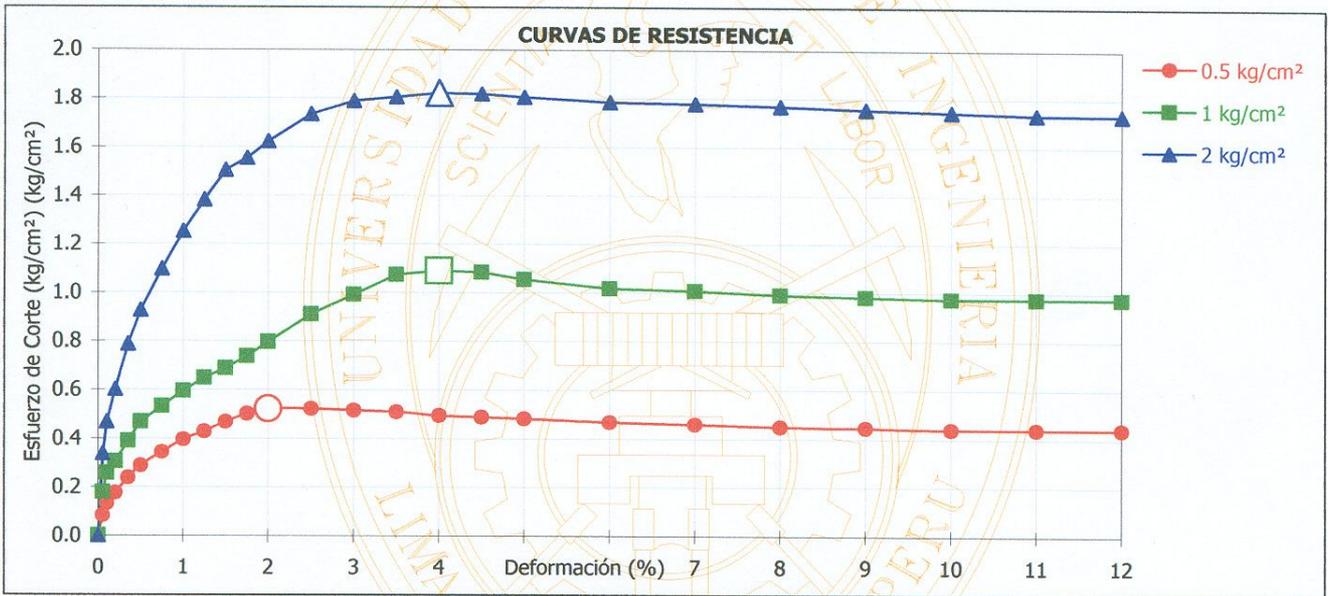
Informe Nº : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 1
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.00
Estado : Inalterado

Velocidad : 0.25 mm/min
AASHTO : A-6 (12)
SUCS : CL // Arcilla delgada arenosa





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

Informe : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 2
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 1.50

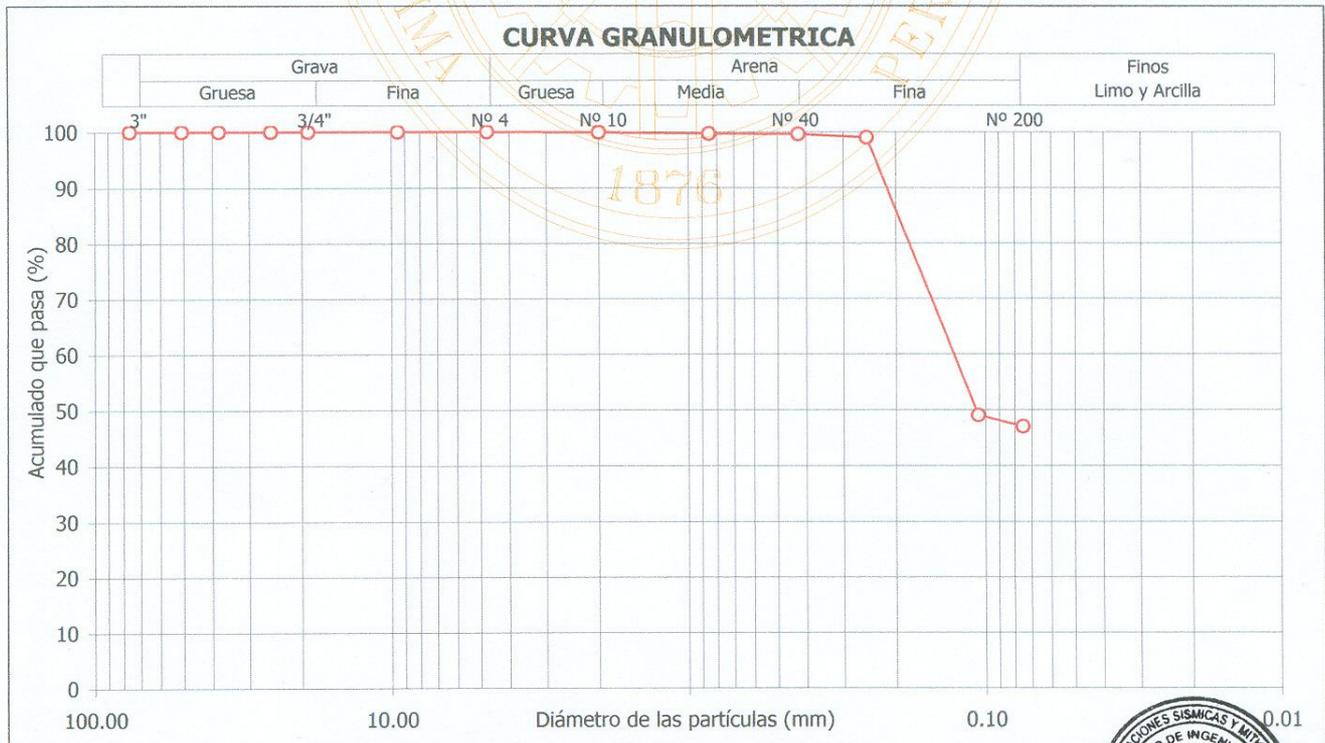
Contenido de humedad; ASTM - D2216		
Humedad	(%)	11.9

Límites de consistencia		
Límite Líquido	(%)	32
Límite Plástico	(%)	17
Índice de Plasticidad	(%)	15
Límite de Contracción	(%)	13

Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
Nº 4	4.750	100.0
Nº 10	2.000	99.9
Nº 20	0.850	99.6
Nº 40	0.425	99.5
Nº 60	0.250	98.9
Nº 140	0.106	48.9
Nº 200	0.075	46.9

Resultados de la granulometría por tamizado		
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		---
Coefficiente de Curvatura (Cc)		---
Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	0.0
Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	53.1
Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	46.9

Clasificación; ASTM - D2487 / D3282	
AASHTO :	A-6 (4)
SUCS :	SC // Arena arcillosa



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM - D3080

Informe N° : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 2
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 1.50
Estado : Inalterado

Velocidad : 0.25 mm/min
AASHTO : A-6 (4)
SUCS : SC // Arena arcillosa

Esfuerzo Normal (kg/cm ²)		0.5 Kg/cm ²			1 Kg/cm ²		2 Kg/cm ²	
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
Altura (cm)		1.99	1.96	1.98	2.00	1.99	2.00	
Diámetro (cm)		6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	
Humedad (%)		14.71	14.40	15.21	14.98	14.95	14.94	
Densidad seca (g/cm ³)		1.58	1.61	1.46	1.48	1.51	1.55	
0.5 Kg/cm ²			1 Kg/cm ²			2 Kg/cm ²		
Deformación (%)	Esf. de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.06	0.11	0.05	0.20	0.20	0.05	0.30	0.15
0.10	0.13	0.26	0.10	0.29	0.29	0.10	0.40	0.20
0.20	0.24	0.48	0.20	0.40	0.40	0.20	0.57	0.29
0.35	0.34	0.68	0.35	0.52	0.52	0.35	0.77	0.39
0.50	0.41	0.83	0.50	0.62	0.62	0.50	0.90	0.45
0.75	0.54	1.09	0.75	0.74	0.74	0.75	1.09	0.54
1.00	0.63	1.25	1.00	0.84	0.84	1.00	1.22	0.61
1.25	0.70	1.40	1.25	0.92	0.92	1.25	1.35	0.68
1.50	0.76	1.53	1.50	1.00	1.00	1.50	1.46	0.73
1.75	0.82	1.64	1.75	1.07	1.07	1.75	1.61	0.81
2.00	0.86	1.71	2.00	1.12	1.12	2.00	1.71	0.86
2.50	0.90	1.80	2.50	1.19	1.19	2.50	1.78	0.89
3.00	0.85	1.69	3.00	1.20	1.20	3.00	1.77	0.88
3.50	0.73	1.45	3.50	1.10	1.10	3.50	1.75	0.87
4.00	0.67	1.34	4.00	1.06	1.06	4.00	1.74	0.87
4.50	0.65	1.31	4.50	1.03	1.03	4.50	1.73	0.86
5.00	0.63	1.27	5.00	1.00	1.00	5.00	1.70	0.85
6.00	0.62	1.23	6.00	0.96	0.96	6.00	1.67	0.83
7.00	0.61	1.21	7.00	0.92	0.92	7.00	1.64	0.82
8.00	0.58	1.16	8.00	0.91	0.91	8.00	1.62	0.81
9.00	0.55	1.10	9.00	0.89	0.89	9.00	1.59	0.80
10.00	0.55	1.10	10.00	0.89	0.89	10.00	1.58	0.79
11.00	0.55	1.10	11.00	0.89	0.89	11.00	1.58	0.79
12.00	0.55	1.10	12.00	0.89	0.89	12.00	1.58	0.79

Observaciones : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante.

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM - D3080

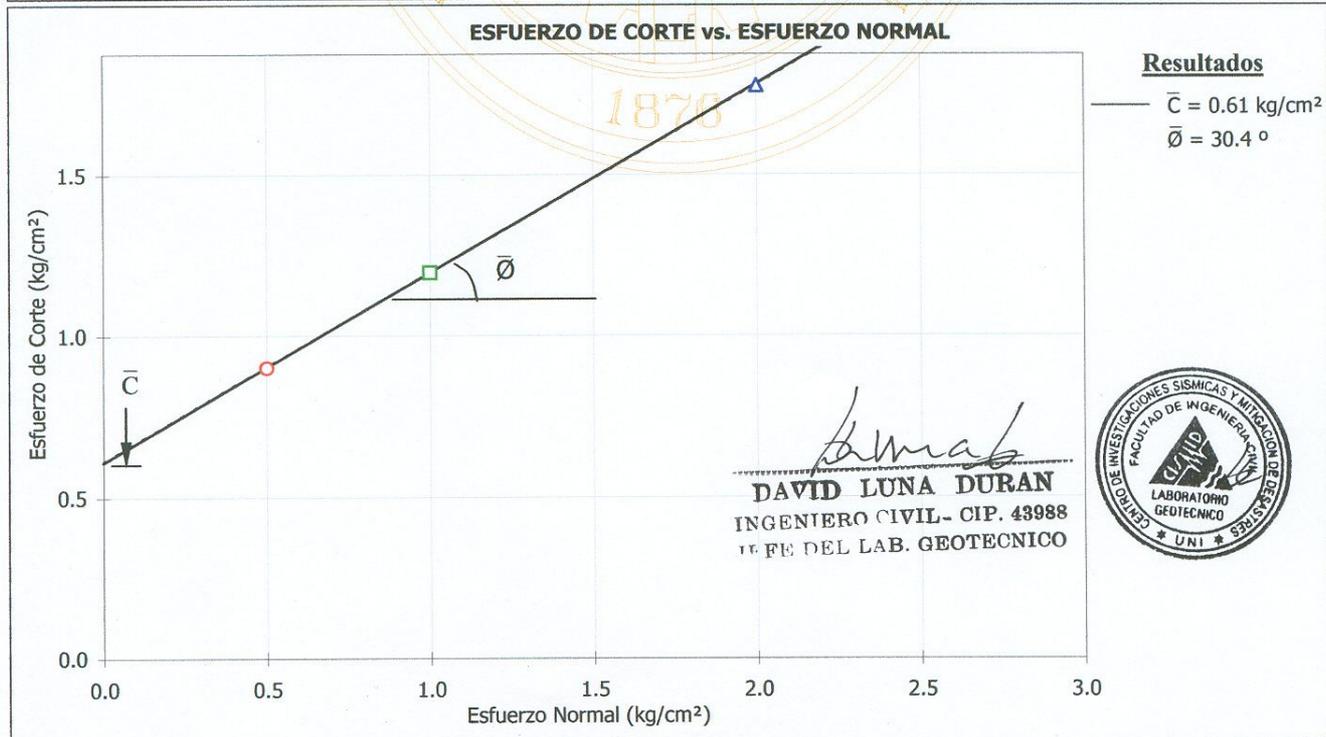
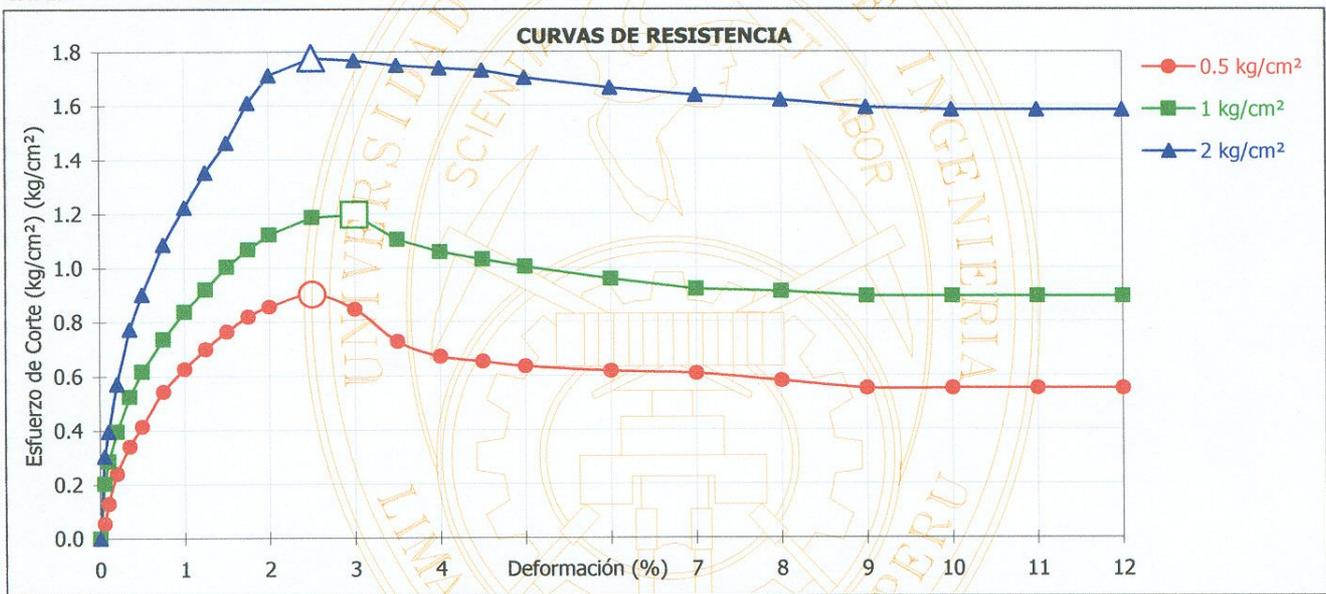
Informe Nº : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 2
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 1.50
Estado : Inalterado

Velocidad : 0.25 mm/min
AASHTO : A-6 (4)
SUCS : SC // Arena arcillosa





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL
(ASTM-D2435)

INFORME : LG06-457
SOLICITANTE : INDECI - PNUD
PROYECTO : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

FECHA : Octubre, 2006

UBICACION : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Perforación : C - 2
Area : M - 1
Profundidad (m) : 1.50

Clasificación - SUCS : SC
Estado de la muestra : Inalterado
Fecha de instalación : 17 de Octubre

DATOS DEL ESPECIMEN	
Altura (cm)	1.88
Diámetro (cm)	6.00
Gravedad de Sólidos (G _s)	2.63

Humedad inicial (%)	15.7
Humedad final (%)	17.3
Saturación inicial (%)	61.6
Saturación final (%)	97.6

ETAPA DE CARGA									
Carga Aplicada (kg/cm ²)	Lectura Final (mm)	Asent. (mm)	Altura			Densidad Seca (g/cm ³)	Relación de Vacíos (e)	Deform. Vertical (%)	Coefic. de consolid. (cm ² /min)
			Final (mm)	Promedio (mm)	Drenada (mm)				
0.0	10.868	0.000	18.800	18.800	9.400	1.574	0.668	0.000	---
0.1	10.541	0.327	18.473	18.637	9.318	1.602	0.639	1.739	---
0.2	10.489	0.379	18.421	18.447	9.224	1.606	0.634	2.016	0.23
0.4	10.360	0.508	18.292	18.357	9.178	1.618	0.623	2.702	0.30
0.8	10.185	0.683	18.117	18.205	9.102	1.633	0.607	3.633	0.20
1.6	9.942	0.926	17.874	17.996	8.998	1.656	0.586	4.926	0.43
3.2	9.422	1.446	17.354	17.614	8.807	1.705	0.539	7.691	0.47
6.4	8.579	2.289	16.511	16.933	8.466	1.792	0.465	12.176	0.41

ETAPA DE DESCARGA									
Carga Aplicada (kg/cm ²)	Lectura Final (mm)	Asent. (mm)	Altura			Densidad Seca (g/cm ³)	Relación de Vacíos (e)	Deform. Vertical (%)	Coefic. de consolid. (cm ² /min)
			Final (mm)	Promedio (mm)	Drenada (mm)				
6.4	8.579	2.289	16.511	16.511	8.256	1.792	0.465	12.176	---
3.2	8.590	2.278	16.522	15.372	7.686	1.791	0.466	12.117	---
1.6	8.639	2.229	16.571	15.402	7.701	1.786	0.470	11.856	---
0.8	8.687	2.181	16.619	15.451	7.725	1.781	0.474	11.601	---
0.4	8.740	2.128	16.672	15.501	7.751	1.775	0.479	11.319	---
0.2	8.790	2.078	16.722	15.553	7.776	1.770	0.483	11.053	---
0.1	8.830	2.038	16.762	15.598	7.799	1.765	0.487	10.840	---

RESULTADOS			
Presión de Preconsolidación (P _c)	2.33 kg/cm ²	Índice de Compresión (C _c)	0.260
		Índice de Expansión (C _s)	0.014

Observaciones : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante.

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL
(ASTM-D2435)

INFORME : LG06-457
SOLICITANTE : INDECI - PNUD
PROYECTO : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

UBICACION : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Perforación : C - 2
Area : M - 1
Profundidad (m) : 1.50

Clasificación - SUCS : SC
Estado de la muestra : Inalterado
Fecha de instalación : 17 de Octubre

DETALLE DE LA ETAPA DE CARGA

0.1 Kg/cm ²		0.2 Kg/cm ²		0.4 Kg/cm ²		0.8 Kg/cm ²		1.6 Kg/cm ²		3.2 Kg/cm ²		6.4 Kg/cm ²	
Tiempo (min)	Def. (mm)												
0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000
0.13	0.066	0.13	0.019	0.13	0.074	0.13	0.080	0.13	0.110	0.13	0.237	0.13	0.484
0.25	0.113	0.25	0.021	0.25	0.079	0.25	0.085	0.25	0.123	0.25	0.269	0.25	0.527
0.5	0.243	0.5	0.022	0.5	0.084	0.5	0.091	0.5	0.133	0.5	0.297	0.5	0.567
1	0.303	1	0.024	1	0.090	1	0.100	1	0.143	1	0.324	1	0.613
2	0.310	2	0.026	2	0.094	2	0.108	2	0.155	2	0.357	2	0.660
4	0.319	4	0.029	4	0.100	4	0.112	4	0.162	4	0.380	4	0.682
8	0.320	8	0.031	8	0.104	8	0.120	8	0.176	8	0.407	8	0.712
15	0.320	15	0.032	15	0.107	15	0.125	15	0.184	15	0.423	15	0.742
30	0.326	30	0.033	30	0.111	30	0.131	30	0.193	30	0.440	30	0.780
80	0.327	65	0.036	65	0.114	60	0.138	60	0.200	60	0.460	60	0.801
150	0.327	155	0.041	125	0.118	315	0.150	225	0.220	120	0.473	135	0.815
450	0.327	215	0.044	230	0.121	505	0.155	285	0.224	240	0.490	335	0.822
1375	0.327	275	0.046	355	0.123	4285	0.175	410	0.226	350	0.493	1055	0.837
		405	0.049	1325	0.129			515	0.230	510	0.500	1395	0.843
		635	0.051					1460	0.243	1795	0.520		
		1575	0.052										

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





ENSAYO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL
(ASTM-D2435)

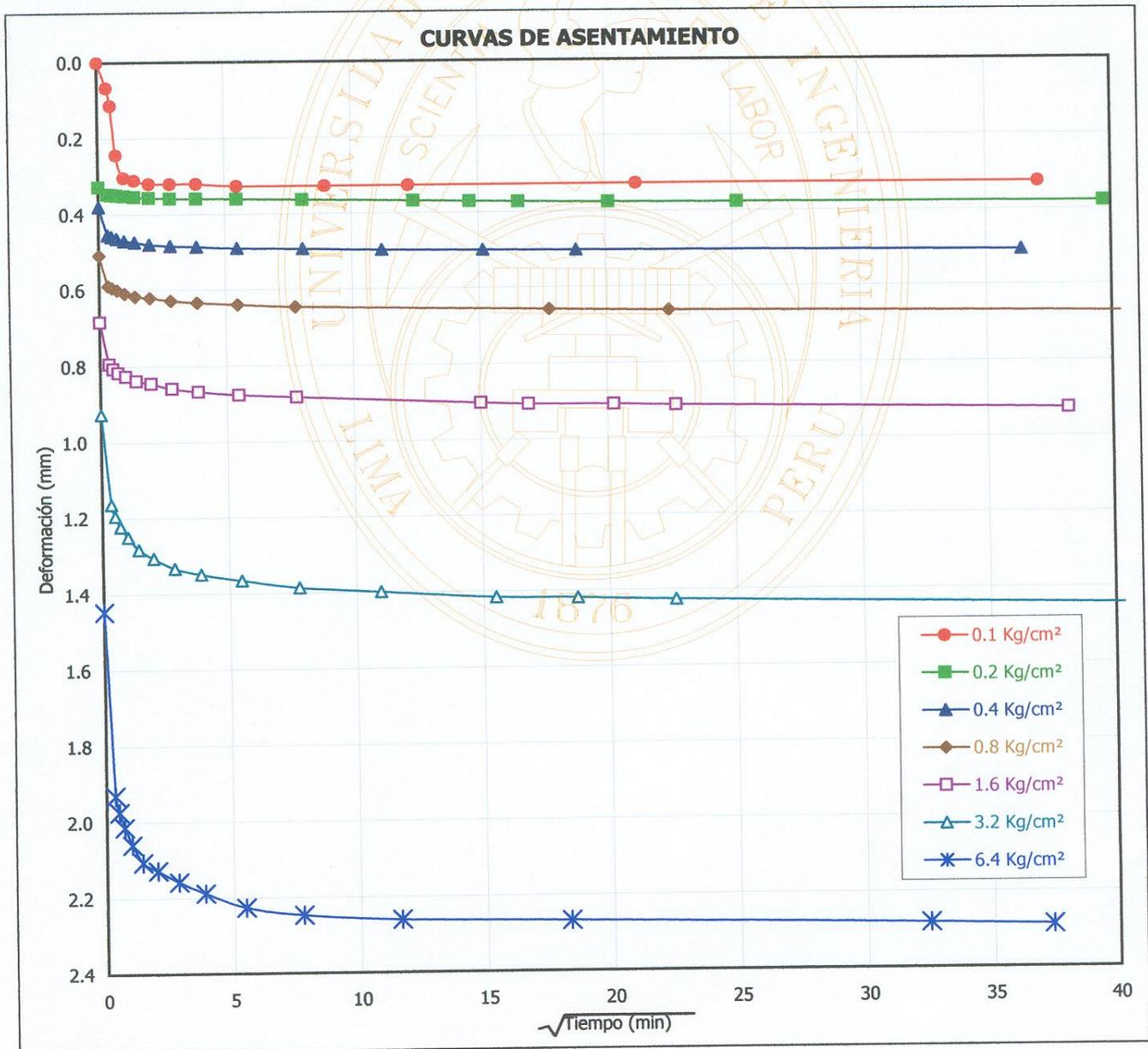
INFORME : LG06-457
SOLICITANTE : INDECI - PNUD
PROYECTO : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

FECHA : Octubre, 2006

UBICACION : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Perforación : C - 2
Area : M - 1
Profundidad (m) : 1.50

Clasificación - SUCS : SC
Estado de la muestra : Inalterado
Fecha de instalación : 17 de Octubre



David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO

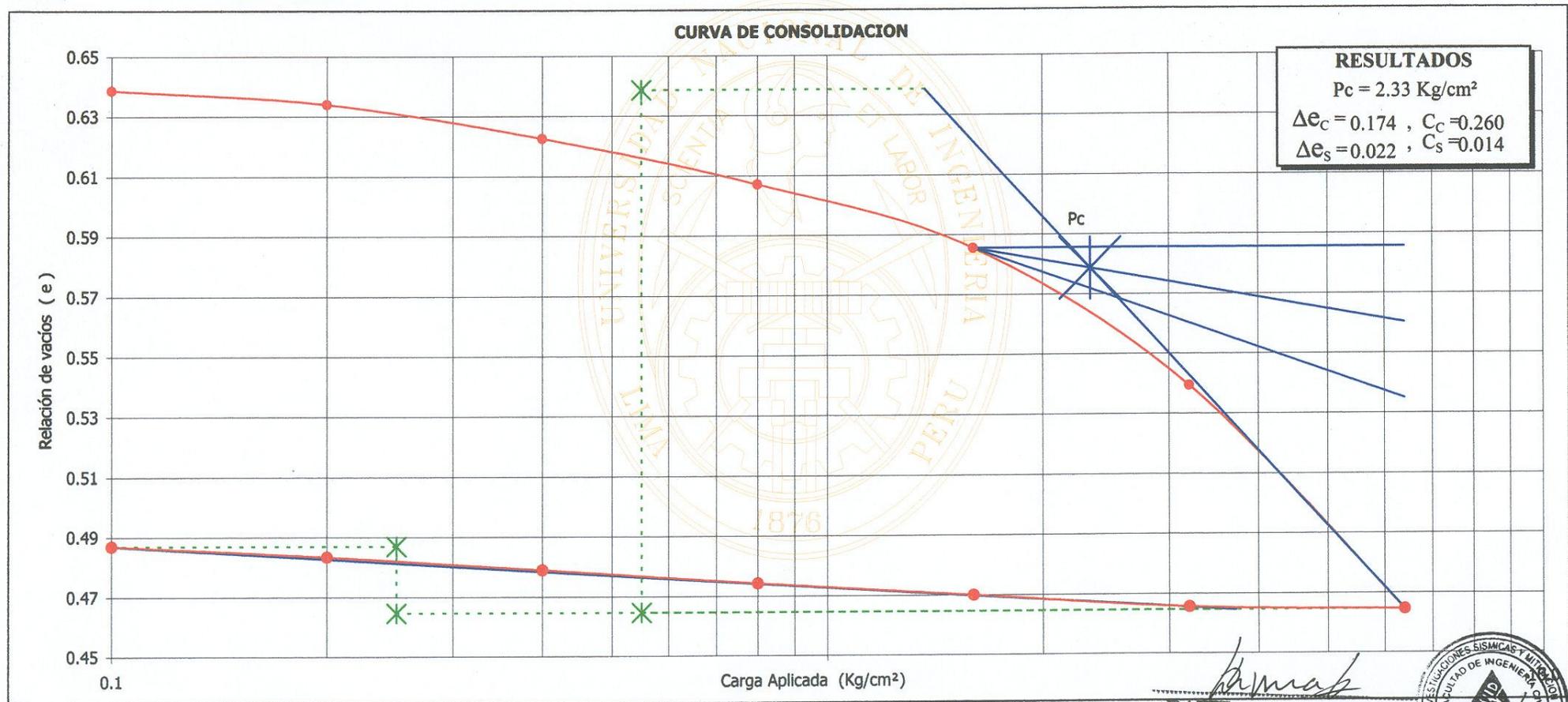


Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYO DE CONSOLIDACION (ASTM-D2435)

INFORME : LG06-457
SOLICITANTE : INDECI - PNUD
PROYECTO : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado
UBICACION : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios
FECHA : Octubre, 2006

Perforación : C - 2
Area : M - 1
Profundidad (m) : 1.50
Clasific. (S.U.C.S.) : SC
Estado : Inalterado



David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

Informe : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado
Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Fecha : Octubre, 2006

Sondaje : C - 3
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.00

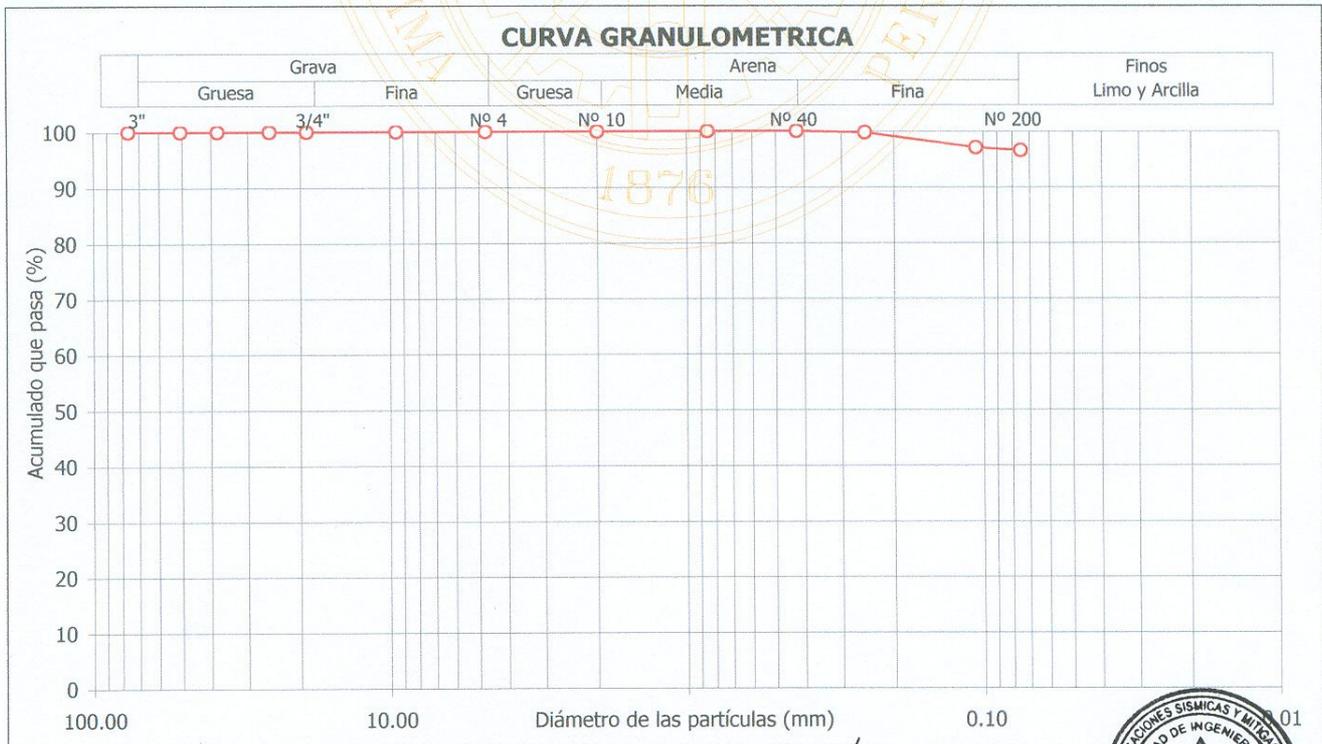
Contenido de humedad; ASTM - D2216		
Humedad	(%)	22.3

Límites de consistencia		
Límite Líquido	(%)	56
Límite Plástico	(%)	27
Índice de Plasticidad	(%)	29
Límite de Contracción	(%)	20

Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
Nº 4	4.750	100.0
Nº 10	2.000	100.0
Nº 20	0.850	100.0
Nº 40	0.425	100.0
Nº 60	0.250	99.7
Nº 140	0.106	97.0
Nº 200	0.075	96.5

Resultados de la granulometría por tamizado		
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		---
Coefficiente de Curvatura (Cc)		---
Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	0.0
Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	3.5
Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	96.5

Clasificación; ASTM - D2487 / D3282	
A A S H T O : A-7-6 (33)	
S U C S : CH // Arcilla gruesa	



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

Informe : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 4
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.00

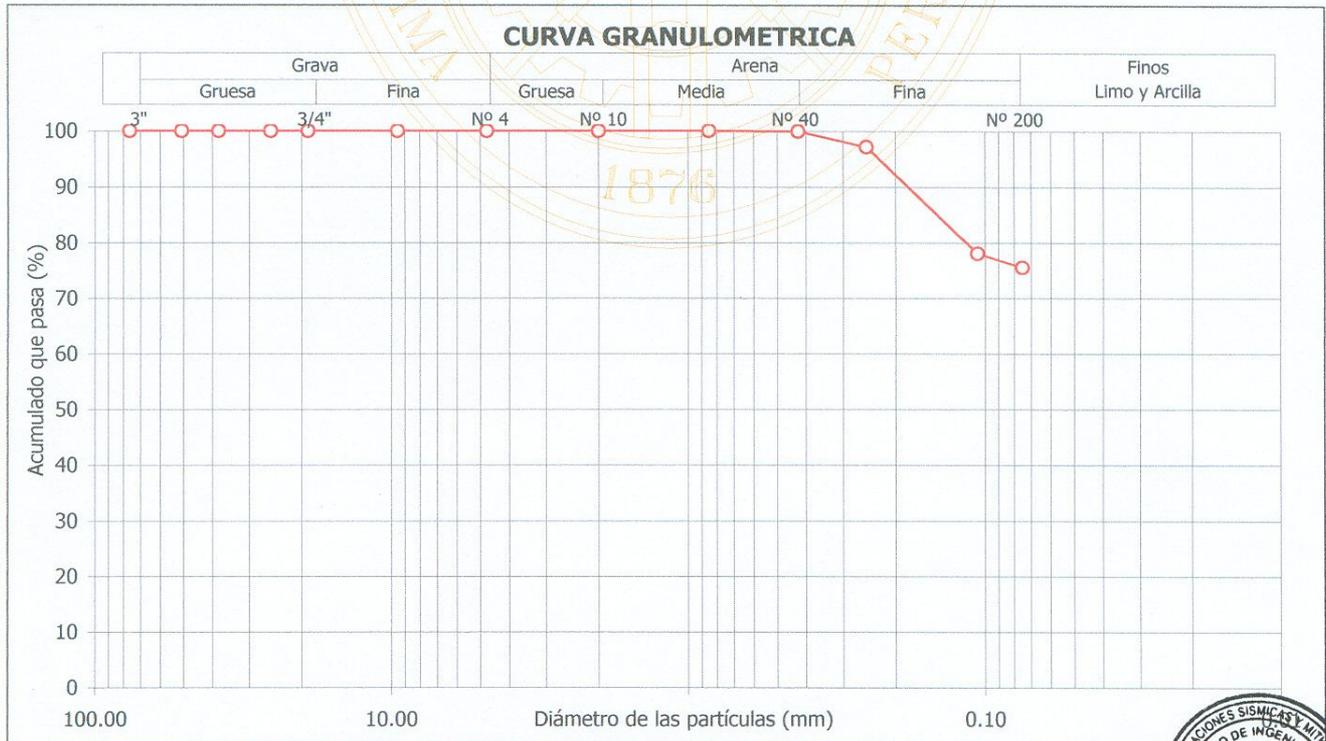
Contenido de humedad; ASTM - D2216		
Humedad	(%)	22.6

Límites de consistencia		
Límite Líquido	(%)	51
Límite Plástico	(%)	22
Índice de Plasticidad	(%)	29
Límite de Contracción	(%)	15

Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
Nº 4	4.750	100.0
Nº 10	2.000	100.0
Nº 20	0.850	100.0
Nº 40	0.425	99.9
Nº 60	0.250	97.1
Nº 140	0.106	78.0
Nº 200	0.075	75.5

Resultados de la granulometría por tamizado		
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		---
Coefficiente de Curvatura (Cc)		---
Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	0.0
Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	24.5
Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	75.5

Clasificación; ASTM - D2487 / D3282	
AASHTO :	A-7-6 (22)
SUCS :	CH // Arcilla gruesa con arena



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL
(ASTM-D2435)

INFORME : LG06-457
SOLICITANTE : INDECI - PNUD
PROYECTO : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

FECHA : Octubre, 2006

UBICACION : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 4
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.00

Clasificación - SUCS : CH

Estado de la muestra : Inalterado

Fecha de instalación : 17 de Octubre

DATOS DEL ESPECIMEN	
Altura (cm)	1.92
Diámetro (cm)	5.98
Gravedad de Sólidos (G _s)	2.69

Humedad inicial (%)	25.1
Humedad final (%)	21.3
Saturación inicial (%)	81.8
Saturación final (%)	98.6

ETAPA DE CARGA									
Carga Aplicada (kg/cm ²)	Lectura Final (mm)	Asent. (mm)	Altura			Densidad Seca (g/cm ³)	Relación de Vacíos (e)	Deform. Vertical (%)	Coefic. de consolid. (cm ² /min)
			Final (mm)	Promedio (mm)	Drenada (mm)				
0.0	7.528	0.000	19.200	19.200	9.600	1.473	0.824	0.000	---
0.1	7.485	0.043	19.157	19.179	9.589	1.476	0.820	0.224	0.38
0.2	7.390	0.138	19.062	19.110	9.555	1.484	0.811	0.719	0.43
0.4	7.219	0.309	18.891	18.977	9.488	1.497	0.795	1.609	0.58
0.8	6.918	0.610	18.590	18.741	9.370	1.521	0.766	3.177	0.55
1.6	6.390	1.138	18.062	18.326	9.163	1.566	0.716	5.927	1.22
3.2	5.689	1.839	17.361	17.712	8.856	1.629	0.649	9.578	0.67
6.4	4.970	2.558	16.642	17.002	8.501	1.700	0.581	13.323	0.50

ETAPA DE DESCARGA									
Carga Aplicada (kg/cm ²)	Lectura Final (mm)	Asent. (mm)	Altura			Densidad Seca (g/cm ³)	Relación de Vacíos (e)	Deform. Vertical (%)	Coefic. de consolid. (cm ² /min)
			Final (mm)	Promedio (mm)	Drenada (mm)				
6.4	4.970	2.558	16.642	16.642	8.321	1.700	0.581	13.323	---
3.2	5.015	2.513	16.687	15.386	7.693	1.695	0.585	13.089	---
1.6	5.080	2.448	16.752	15.441	7.720	1.688	0.591	12.750	---
0.8	5.150	2.378	16.822	15.508	7.754	1.681	0.598	12.385	---
0.4	5.205	2.323	16.877	15.571	7.785	1.676	0.603	12.099	---
0.2	5.255	2.273	16.927	15.623	7.812	1.671	0.608	11.839	---
0.1	5.330	2.198	17.002	15.686	7.843	1.664	0.615	11.448	---

RESULTADOS			
Presión de Preconsolidación (P _c)	1.04 kg/cm ²	Indice de Compresión (C _c)	0.228
		Indice de Expansión (C _s)	0.019

Observaciones : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 48988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES

LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL (ASTM-D2435)

INFORME : LG06-457

Fecha : Octubre, 2006

SOLICITANTE : INDECI - PNUD

PROYECTO : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

UBICACION : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 4

Clasificación - SUCS : CH

Muestra : M - 1

Estado de la muestra : Inalterado

Profundidad (m) : 2.00

Fecha de instalación : 17 de Octubre

DETALLE DE LA ETAPA DE CARGA

0.1 Kg/cm ²		0.2 Kg/cm ²		0.4 Kg/cm ²		0.8 Kg/cm ²		1.6 Kg/cm ²		3.2 Kg/cm ²		6.4 Kg/cm ²	
Tiempo (min)	Def. (mm)												
0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000
0.13	0.018	0.13	0.052	0.13	0.070	0.13	0.214	0.13	0.393	0.13	0.485	0.13	0.443
0.25	0.023	0.25	0.055	0.25	0.090	0.25	0.218	0.25	0.420	0.25	0.515	0.25	0.509
0.5	0.026	0.5	0.056	0.5	0.101	0.5	0.220	0.5	0.440	0.5	0.551	0.5	0.534
1	0.028	1	0.060	1	0.110	1	0.229	1	0.459	1	0.581	1	0.564
2	0.030	2	0.063	2	0.115	2	0.234	2	0.476	2	0.605	2	0.594
4	0.032	4	0.066	4	0.121	4	0.240	4	0.486	4	0.622	4	0.620
8	0.034	8	0.067	8	0.128	8	0.247	8	0.493	8	0.638	8	0.640
15	0.036	15	0.070	15	0.131	15	0.250	15	0.500	15	0.648	15	0.654
30	0.038	30	0.073	30	0.138	30	0.260	30	0.509	30	0.658	30	0.677
70	0.040	75	0.078	60	0.145	60	0.264	100	0.520	60	0.665	60	0.689
140	0.041	155	0.083	120	0.152	300	0.280	190	0.528	120	0.675	150	0.694
440	0.042	215	0.086	225	0.158	490	0.281	250	0.528	180	0.680	240	0.701
1365	0.043	275	0.088	350	0.160	4305	0.301	375	0.528	300	0.688	480	0.710
		405	0.091	1335	0.171			480	0.528	570	0.695	1386	0.719
		635	0.093					1365	0.528	1530	0.701		
		1580	0.095										

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
 INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
 JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL
(ASTM-D2435)

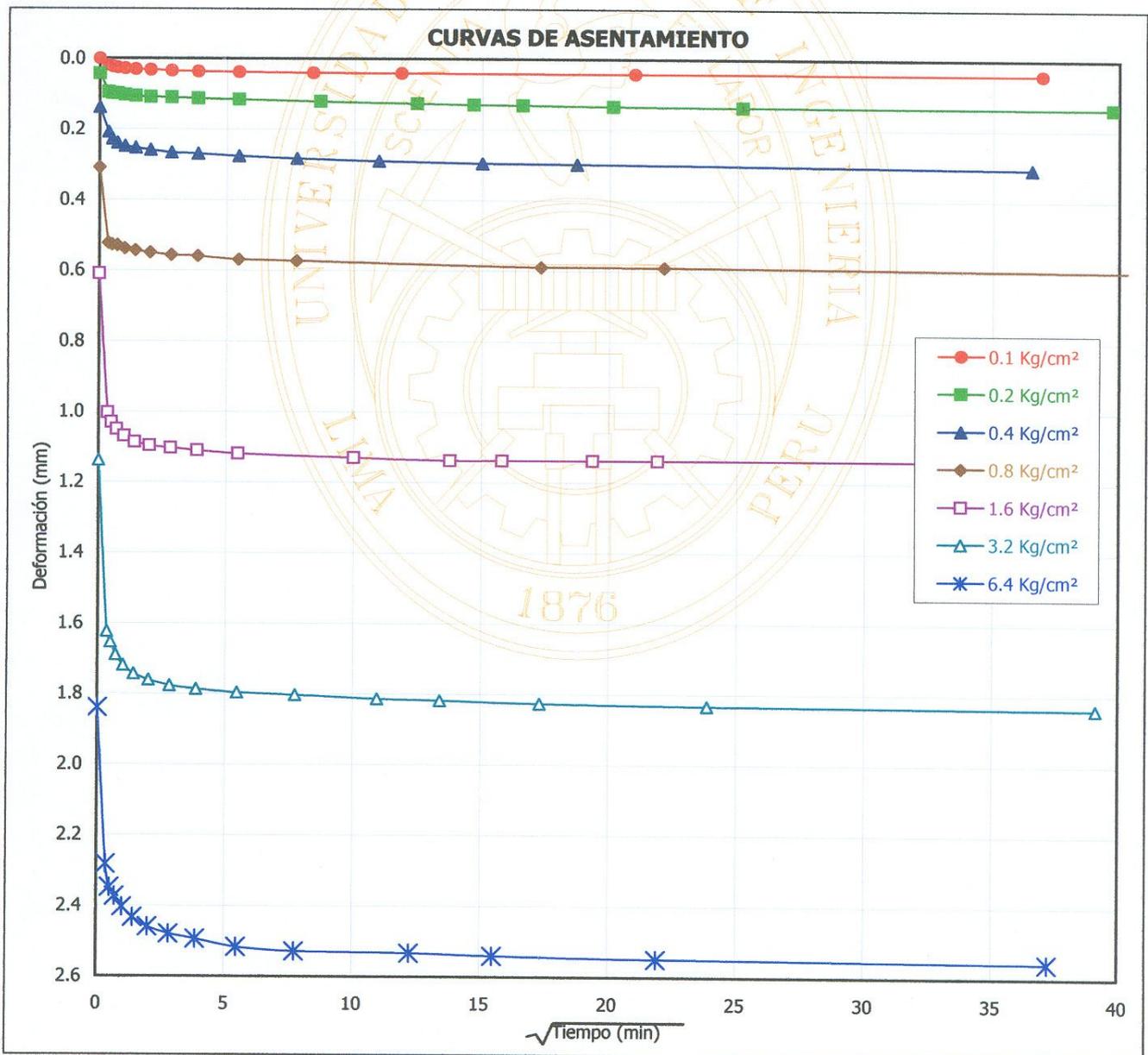
INFORME : LG06-457
SOLICITANTE : INDECI - PNUD
PROYECTO : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

FECHA : Octubre, 2006

UBICACION : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 4
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.00

Clasificación - SUCS : CH
Estado de la muestra : Inalterado
Fecha de instalación : 17 de Octubre



David Luna Durán
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



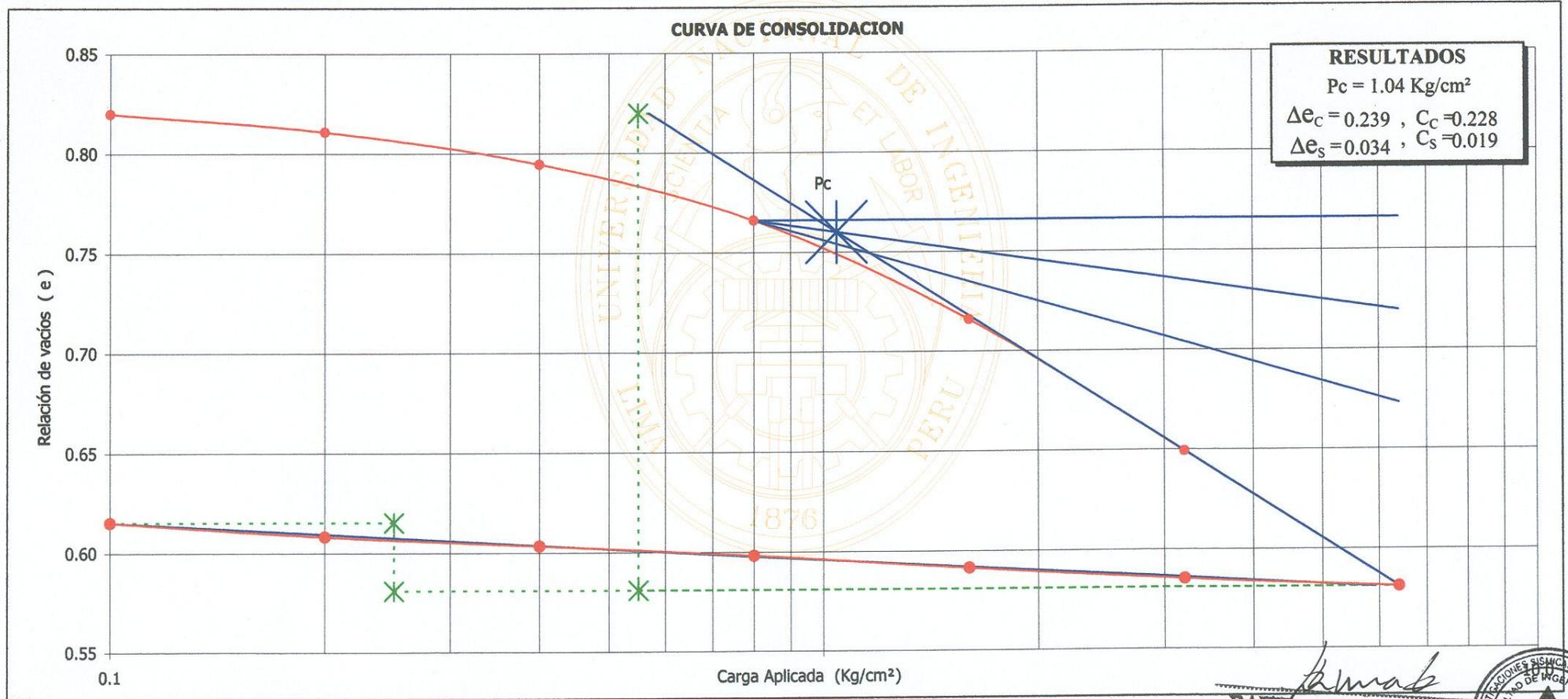
Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYO DE CONSOLIDACION (ASTM-D2435)

INFORME : LG06-457
SOLICITANTE : INDECI - PNUD
PROYECTO : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado
UBICACION : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios
FECHA : Octubre, 2006

Perforación : C - 4
Area : M - 1
Profundidad (m) : 2.00
Clasific. (S.U.C.S.) : CH
Estado : Inalterado

CURVA DE CONSOLIDACION



David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

Informe : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 5
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.00

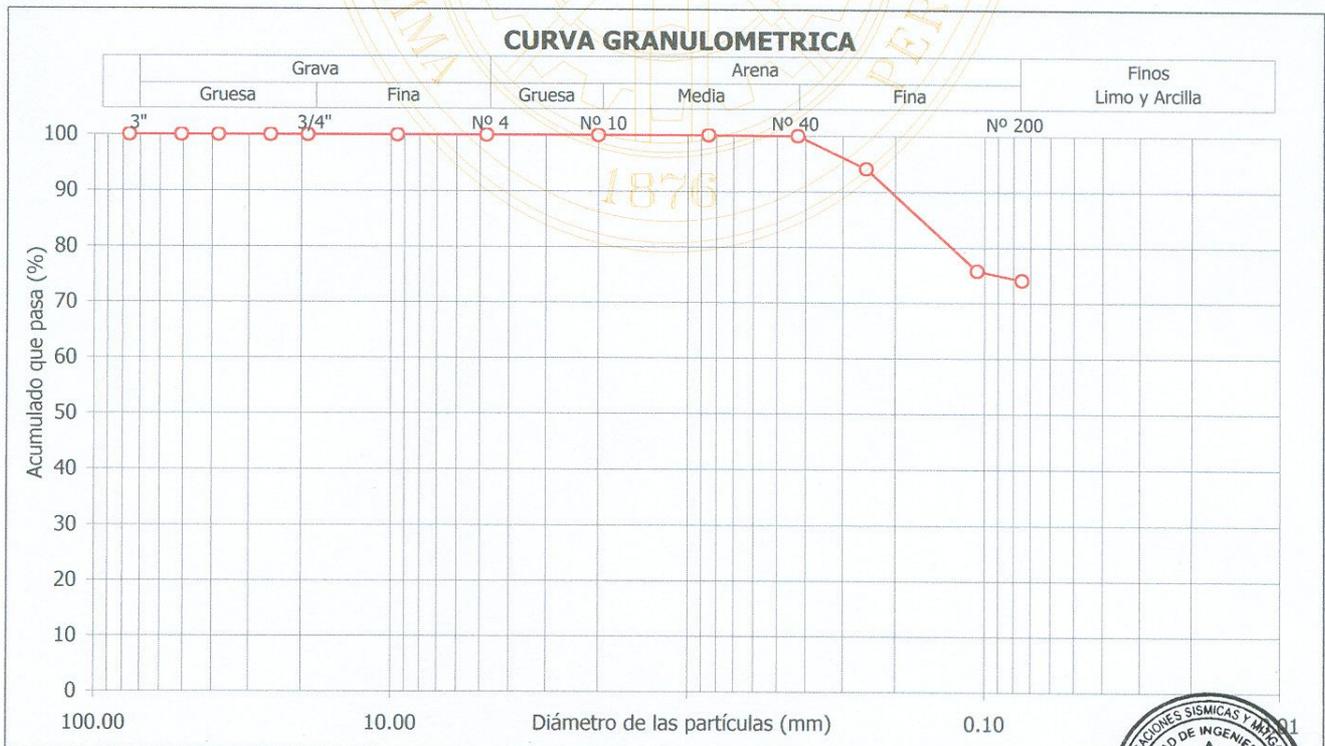
Contenido de humedad; ASTM - D2216		
Humedad	(%)	23.2

Límites de consistencia		
Límite Líquido	(%)	50
Límite Plástico	(%)	19
Índice de Plasticidad	(%)	31
Límite de Contracción	(%)	13

Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
Nº 4	4.750	100.0
Nº 10	2.000	100.0
Nº 20	0.850	100.0
Nº 40	0.425	99.9
Nº 60	0.250	94.0
Nº 140	0.106	75.7
Nº 200	0.075	74.0

Resultados de la granulometría por tamizado		
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		---
Coefficiente de Curvatura (Cc)		---
Grava [Nº 4 < φ < 3"]	(%)	0.0
Arena [Nº 200 < φ < Nº 4]	(%)	26.0
Finos [φ < Nº 200]	(%)	74.0

Clasificación; ASTM - D2487 / D3282		
A A S H T O : A-7-6 (22)		
S U C S : CH // Arcilla gruesa con arena		



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO

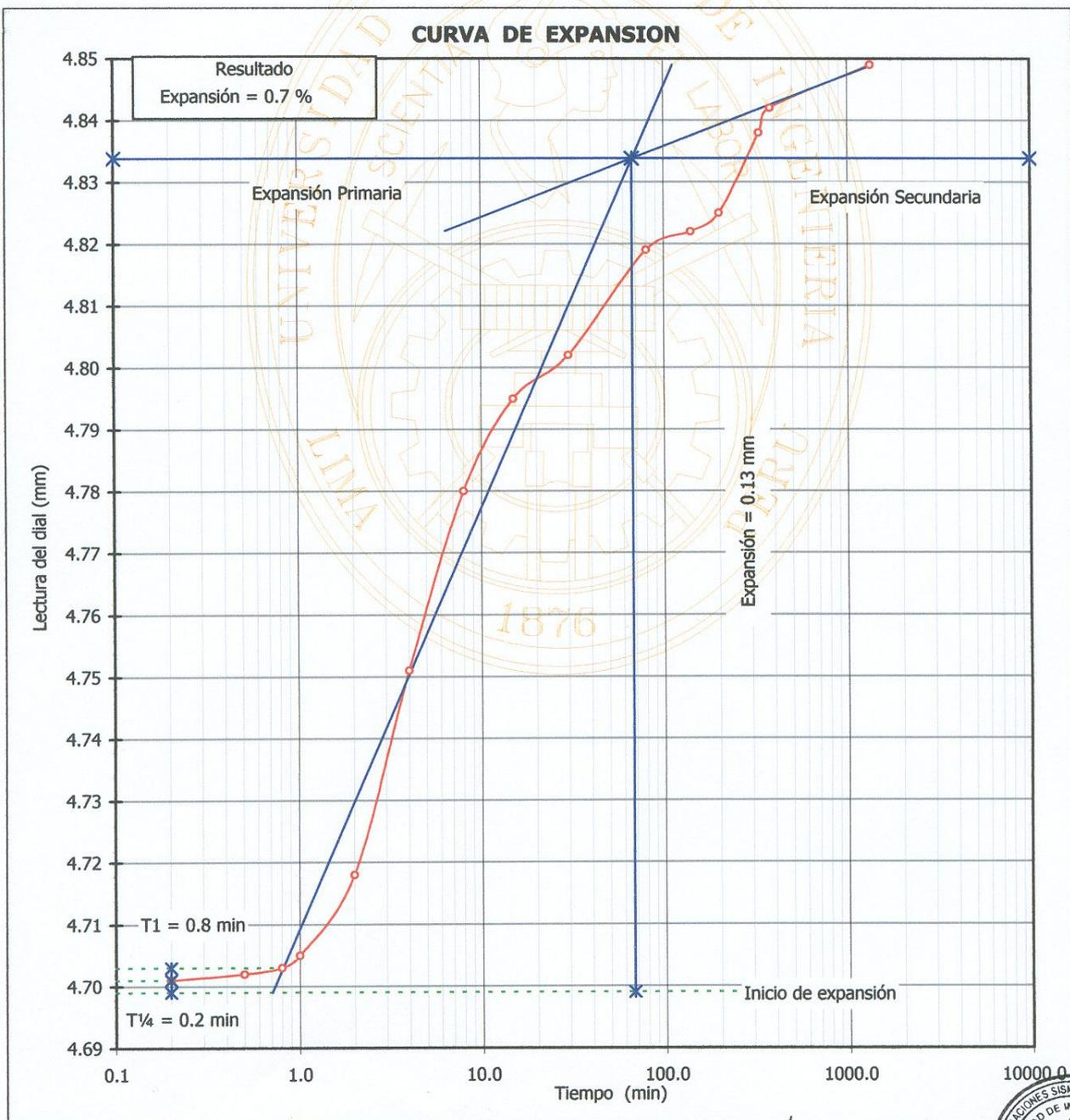




POTENCIAL DE EXPANSION O ASENTAMIENTO DE SUELOS COHESIVOS
(ASTM - D4546, METODO A)

INFORME : LG06-457
SOLICITANTE : INDECI - PNUD
PROYECTO : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado
UBICACION : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios
FECHA : Octubre, 2006
Sondaje : C - 5
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.00

Clasificación (S.U.C.S.) : CH
Estado del espécimen : Inalterado
Carga de asiento (Kg/cm²) : 0.01



David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 49088
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO

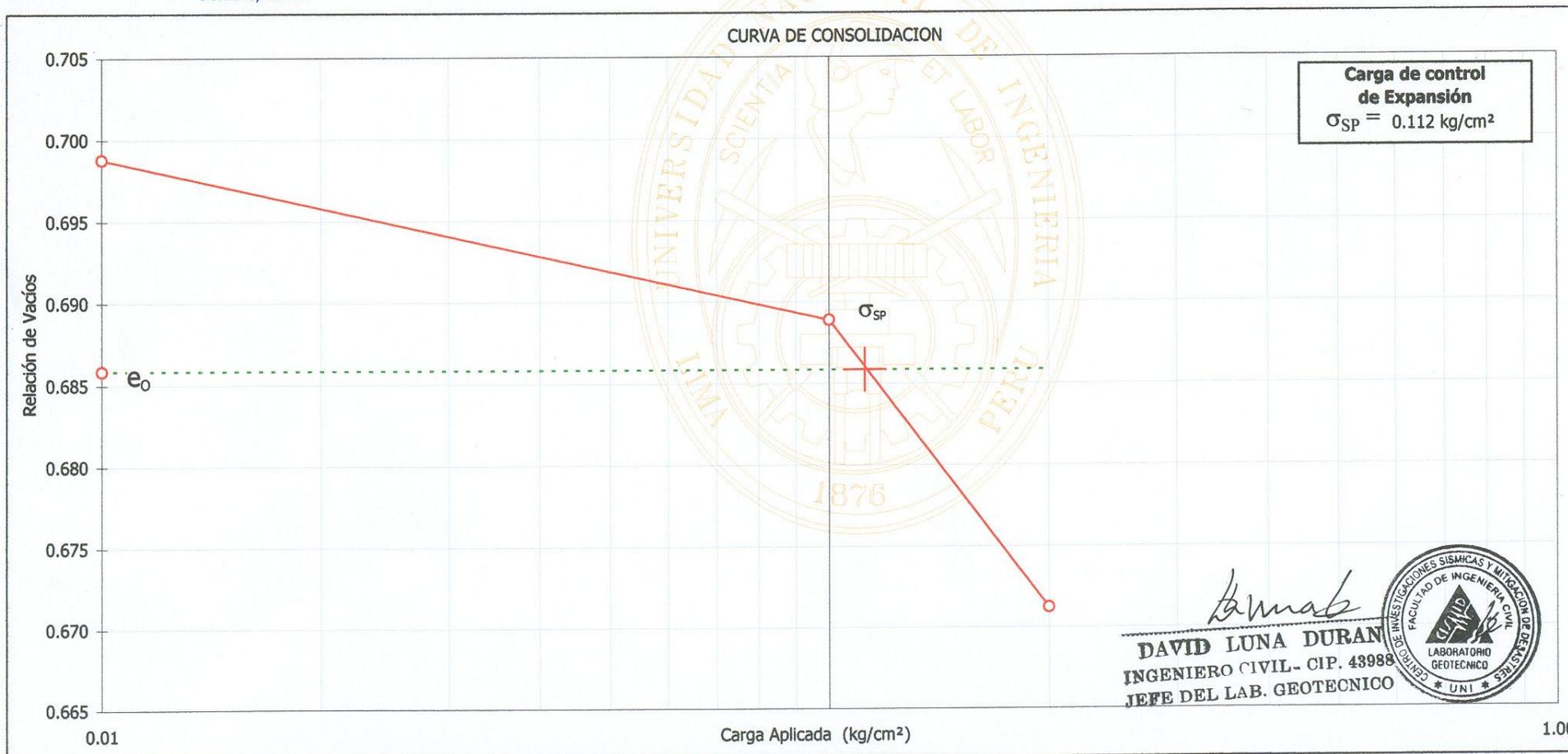




POTENCIAL DE EXPANSION O ASENTAMIENTO DE SUELOS COHESIVOS
(ASTM - D4546, METODO A)

INFORME : LG06-457
SOLICITANTE : INDECI - PNUD
PROYECTO : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado
UBICACION : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios
FECHA : Octubre, 2006

Sondaje : C - 5
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.00
Clasific. (S.U.C.S.) : CH
Estado : Inalterado





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

Informe : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 6
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.00

Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
Nº 4	4.750	99.8
Nº 10	2.000	99.6
Nº 20	0.850	99.0
Nº 40	0.425	96.0
Nº 60	0.250	88.5
Nº 140	0.106	84.0
Nº 200	0.075	83.1

Contenido de humedad; ASTM - D2216		
Humedad	(%)	21.7

Límites de consistencia		
Límite Líquido	(%)	56
Límite Plástico	(%)	28
Índice de Plasticidad	(%)	28
Límite de Contracción	(%)	19

Resultados de la granulometría por tamizado		
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		---
Coefficiente de Curvatura (Cc)		---
Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	0.2
Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	16.7
Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	83.1

Clasificación; ASTM - D2487 / D3282		
A A S H T O : A-7-6 (26)		
S U C S : CH // Arcilla gruesa con arena		



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES

LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM - D3080

Informe N° : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 6

Velocidad : 0.25 mm/min

Muestra : M - 1

AASHTO : A-7-6 (26)

Profundidad (m) : 2.00

SUCS : CH // Arcilla gruesa con arena

Estado : Inalterado

Esfuerzo Normal (kg/cm ²)		0.5 Kg/cm ²		1 Kg/cm ²		2 Kg/cm ²		
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
Altura (cm)		1.99	1.97	1.99	2.00	1.99	2.00	
Diámetro (cm)		6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	
Humedad (%)		23.72	23.12	23.39	22.92	25.70	24.89	
Densidad seca (g/cm ³)		1.42	1.43	1.40	1.42	1.46	1.50	
0.5 Kg/cm ²			1 Kg/cm ²			2 Kg/cm ²		
Deformación (%)	Esf. de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.17	0.34	0.05	0.19	0.19	0.05	0.35	0.18
0.10	0.27	0.54	0.10	0.26	0.26	0.10	0.44	0.22
0.20	0.33	0.67	0.20	0.35	0.35	0.20	0.54	0.27
0.35	0.40	0.79	0.35	0.43	0.43	0.35	0.63	0.31
0.50	0.44	0.87	0.50	0.49	0.49	0.50	0.69	0.35
0.75	0.47	0.94	0.75	0.57	0.57	0.75	0.77	0.38
1.00	0.49	0.99	1.00	0.63	0.63	1.00	0.83	0.41
1.25	0.50	0.99	1.25	0.68	0.68	1.25	0.90	0.45
1.50	0.50	1.00	1.50	0.73	0.73	1.50	0.96	0.48
1.75	0.51	1.01	1.75	0.75	0.75	1.75	1.03	0.52
2.00	0.51	1.02	2.00	0.78	0.78	2.00	1.08	0.54
2.50	0.49	0.99	2.50	0.82	0.82	2.50	1.16	0.58
3.00	0.47	0.95	3.00	0.83	0.83	3.00	1.23	0.61
3.50	0.45	0.91	3.50	0.85	0.85	3.50	1.28	0.64
4.00	0.43	0.86	4.00	0.86	0.86	4.00	1.31	0.65
4.50	0.42	0.83	4.50	0.87	0.87	4.50	1.32	0.66
5.00	0.41	0.81	5.00	0.88	0.88	5.00	1.34	0.67
6.00	0.40	0.81	6.00	0.88	0.88	6.00	1.36	0.68
7.00	0.39	0.79	7.00	0.89	0.89	7.00	1.35	0.68
8.00	0.39	0.77	8.00	0.87	0.87	8.00	1.35	0.67
9.00	0.38	0.77	9.00	0.86	0.86	9.00	1.33	0.66
10.00	0.38	0.75	10.00	0.85	0.85	10.00	1.32	0.66
11.00	0.38	0.75	11.00	0.85	0.85	11.00	1.32	0.66
12.00	0.38	0.75	12.00	0.85	0.85	12.00	1.32	0.66

Observaciones : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante.

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL- CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM - D3080

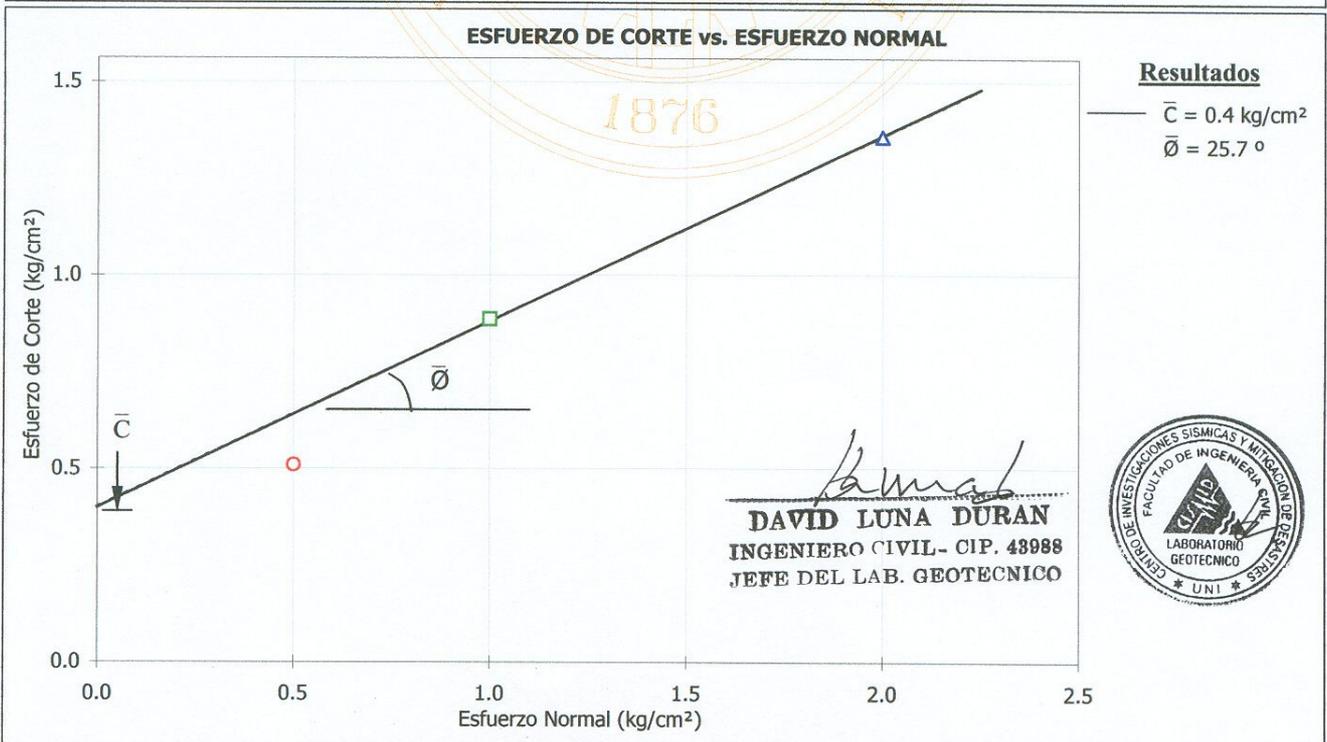
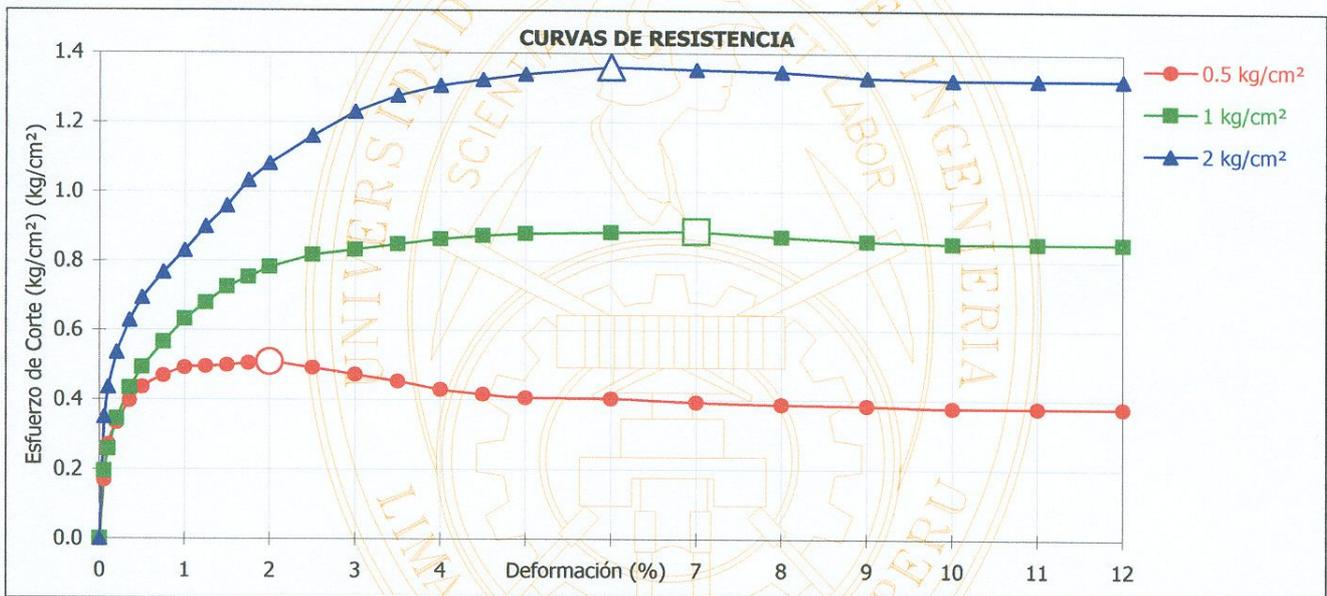
Informe Nº : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 6
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.00
Estado : Inalterado

Velocidad : 0.25 mm/min
AASHTO : A-7-6 (26)
SUCS : CH // Arcilla gruesa con arena





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

Informe : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 7
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.00

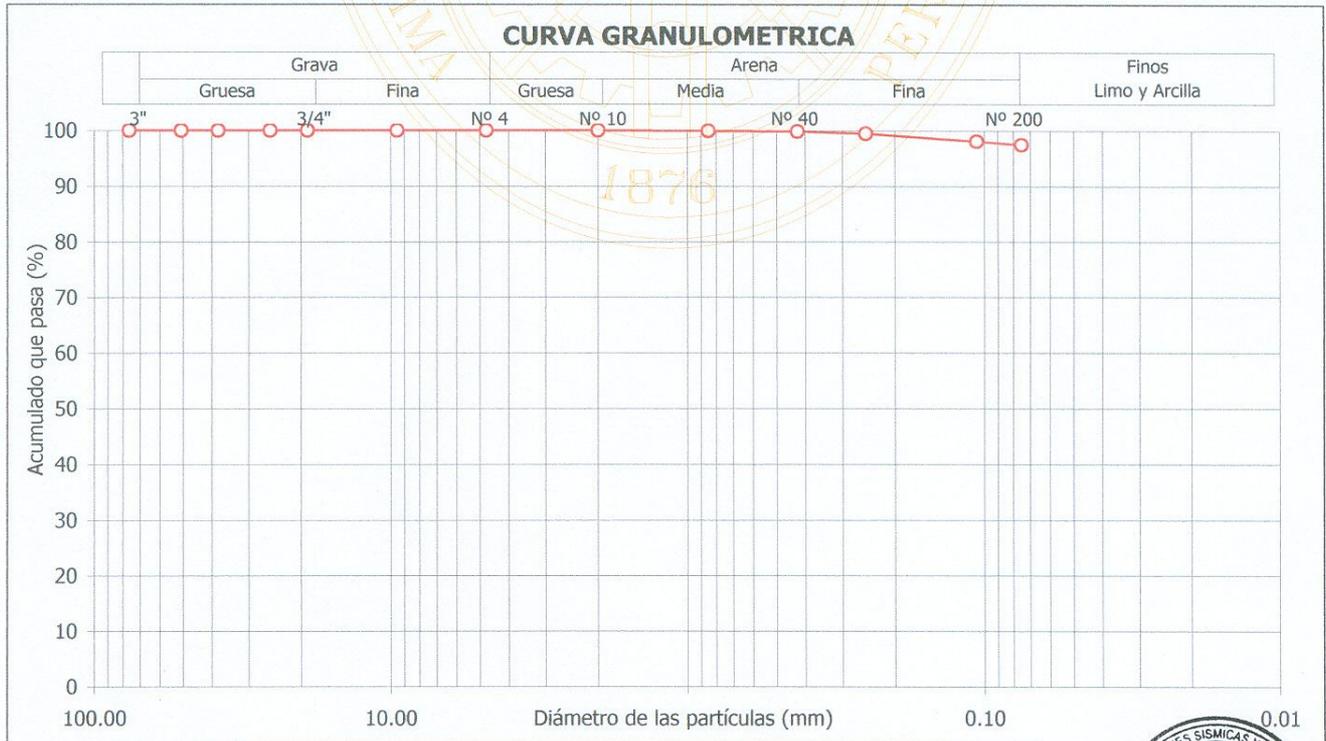
Contenido de humedad; ASTM - D2216		
Humedad	(%)	21.0

Límites de consistencia		
Límite Líquido	(%)	46
Límite Plástico	(%)	22
Índice de Plasticidad	(%)	24
Límite de Contracción	(%)	17

Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
Nº 4	4.750	100.0
Nº 10	2.000	100.0
Nº 20	0.850	99.9
Nº 40	0.425	99.8
Nº 60	0.250	99.4
Nº 140	0.106	98.0
Nº 200	0.075	97.4

Resultados de la granulometría por tamizado		
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		---
Coefficiente de Curvatura (Cc)		---
Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	0.0
Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	2.6
Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	97.4

Clasificación; ASTM - D2487 / D3282	
AASHTO :	A-7-6 (26)
SUCS :	CL // Arcilla delgada



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 48088
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM - D3080

Informe N° : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 7
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.00
Estado : Inalterado

Velocidad : 0.25 mm/min
AASHTO : A-7-6 (26)
SUCS : CL // Arcilla delgada

Esfuerzo Normal (kg/cm ²)		0.5 Kg/cm ²		1 Kg/cm ²		2 Kg/cm ²	
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (cm)		1.99	1.97	1.98	2.00	1.99	2.00
Diámetro (cm)		6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Humedad (%)		21.70	21.08	20.93	20.33	21.95	21.43
Densidad seca (g/cm ³)		1.39	1.41	1.39	1.41	1.45	1.49

0.5 Kg/cm ²			1 Kg/cm ²			2 Kg/cm ²		
Deformación (%)	Esf. de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.19	0.38	0.05	0.17	0.17	0.05	0.21	0.10
0.10	0.28	0.56	0.10	0.21	0.21	0.10	0.27	0.14
0.20	0.32	0.65	0.20	0.28	0.28	0.20	0.39	0.20
0.35	0.36	0.73	0.35	0.36	0.36	0.35	0.52	0.26
0.50	0.40	0.79	0.50	0.40	0.40	0.50	0.63	0.32
0.75	0.46	0.91	0.75	0.50	0.50	0.75	0.69	0.35
1.00	0.50	0.99	1.00	0.56	0.56	1.00	0.77	0.38
1.25	0.53	1.05	1.25	0.60	0.60	1.25	0.88	0.44
1.50	0.56	1.11	1.50	0.65	0.65	1.50	0.99	0.50
1.75	0.58	1.16	1.75	0.70	0.70	1.75	1.07	0.53
2.00	0.59	1.19	2.00	0.76	0.76	2.00	1.18	0.59
2.50	0.60	1.20	2.50	0.80	0.80	2.50	1.26	0.63
3.00	0.60	1.20	3.00	0.88	0.88	3.00	1.35	0.68
3.50	0.59	1.18	3.50	0.91	0.91	3.50	1.43	0.72
4.00	0.59	1.18	4.00	0.95	0.95	4.00	1.49	0.75
4.50	0.59	1.17	4.50	0.99	0.99	4.50	1.51	0.76
5.00	0.59	1.17	5.00	1.00	1.00	5.00	1.54	0.77
6.00	0.58	1.16	6.00	1.01	1.01	6.00	1.55	0.78
7.00	0.56	1.12	7.00	1.02	1.02	7.00	1.55	0.78
8.00	0.56	1.11	8.00	1.02	1.02	8.00	1.55	0.77
9.00	0.55	1.10	9.00	1.01	1.01	9.00	1.53	0.77
10.00	0.55	1.09	10.00	0.99	0.99	10.00	1.52	0.76
11.00	0.55	1.09	11.00	0.99	0.99	11.00	1.52	0.76
12.00	0.55	1.09	12.00	0.99	0.99	12.00	1.52	0.76

Observaciones : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante.

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES

LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM - D3080

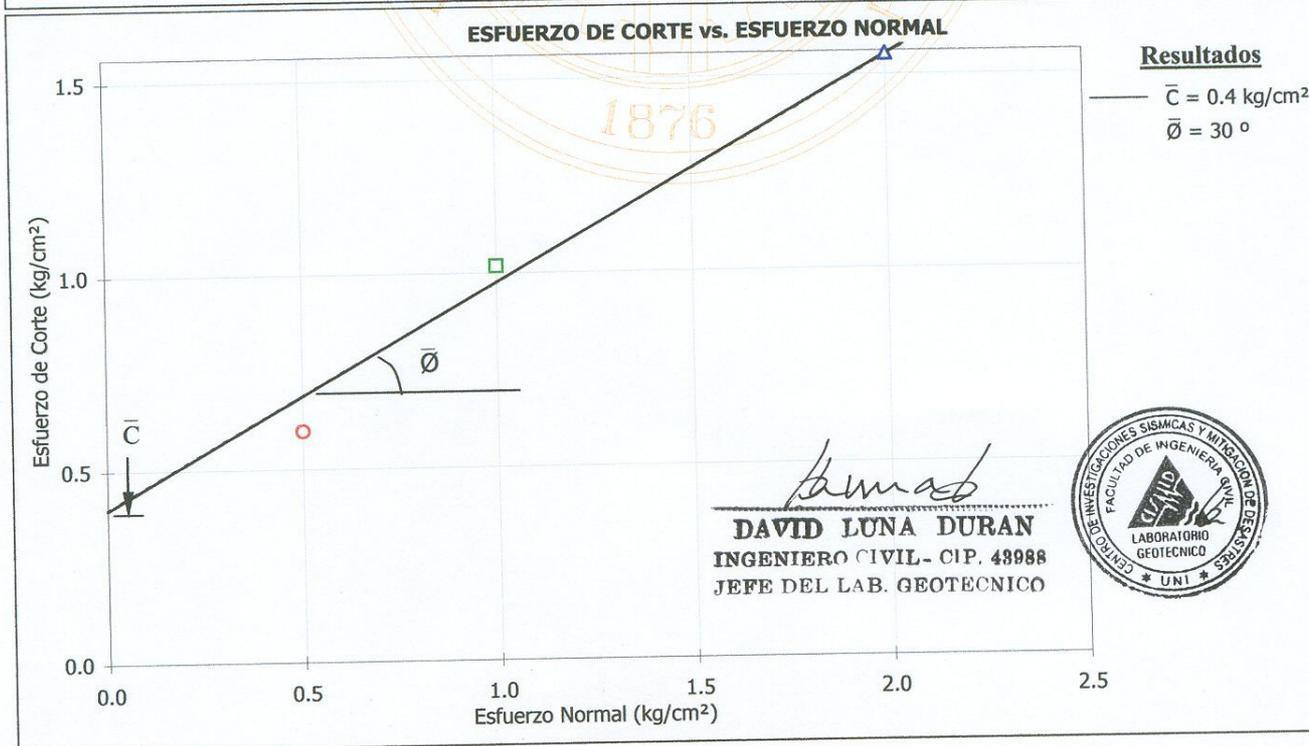
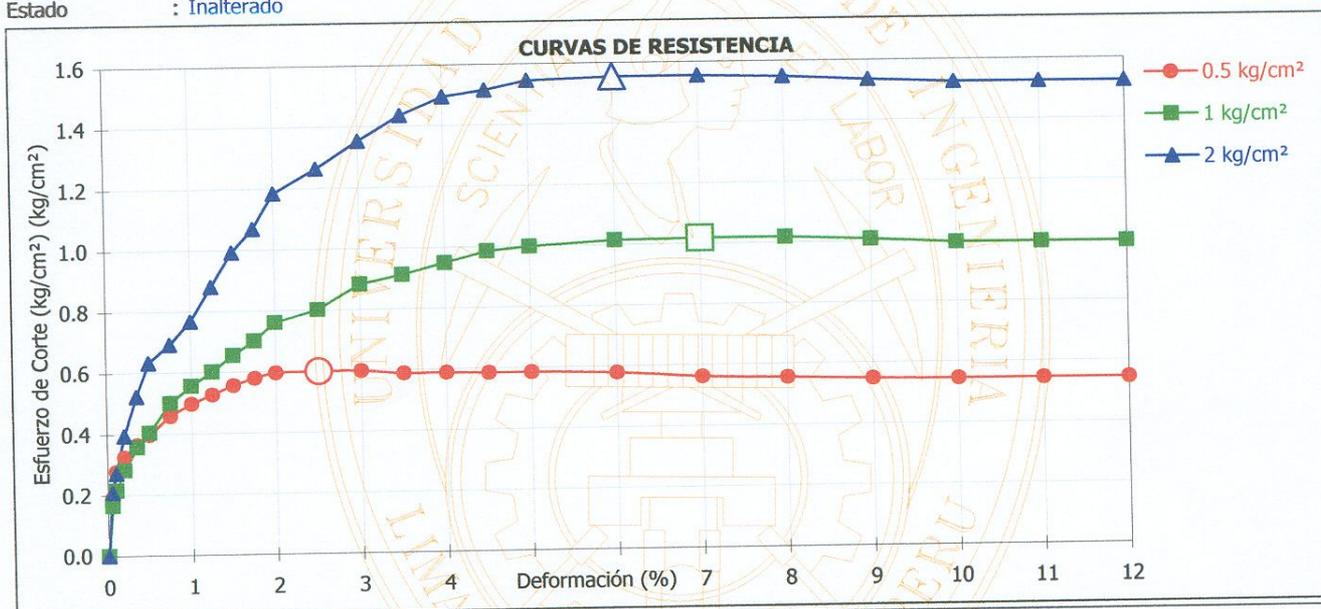
Fecha : Octubre, 2006

Informe N° : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 7
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.00
Estado : Inalterado

Velocidad : 0.25 mm/min
AASHTO : A-7-6 (26)
SUCS : CL // Arcilla delgada





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

Informe : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 8
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 0.20 - 1.50

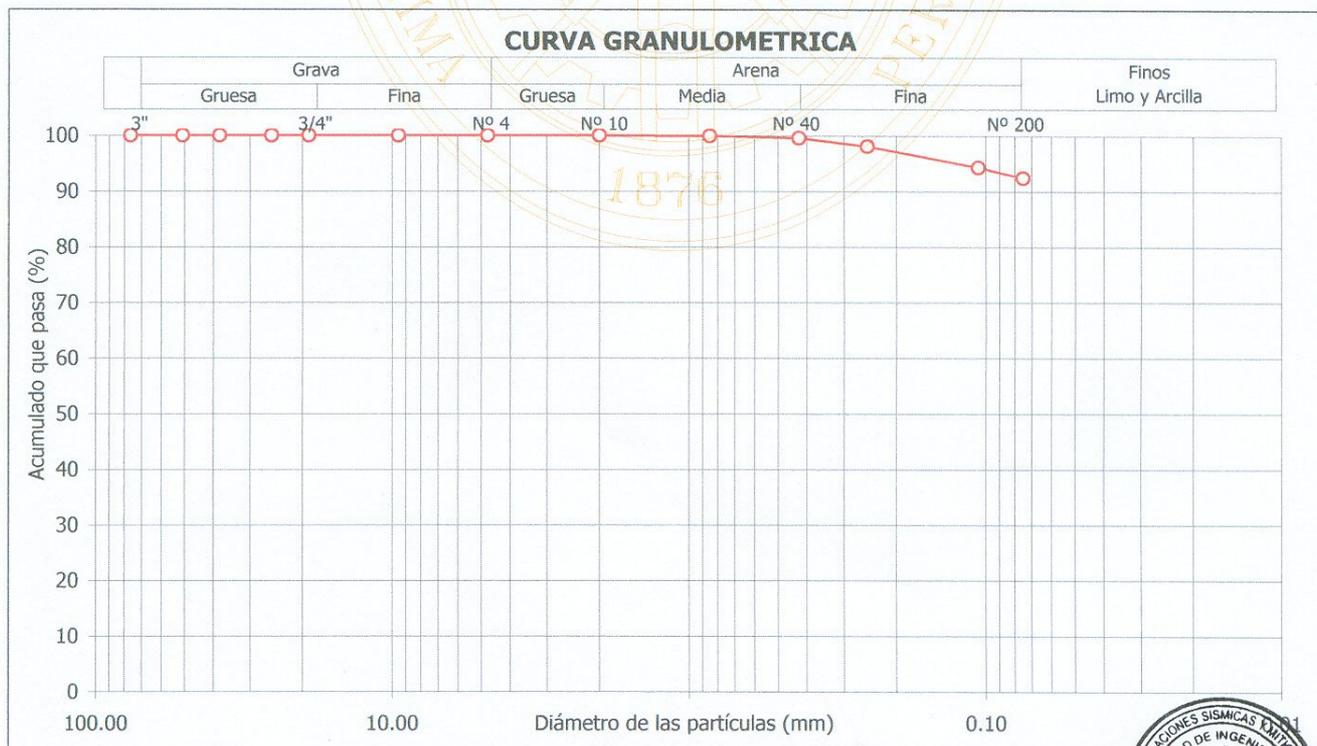
Contenido de humedad; ASTM - D2216		
Humedad	(%)	20.1

Límites de consistencia		
Límite Líquido	(%)	53
Límite Plástico	(%)	21
Índice de Plasticidad	(%)	32
Límite de Contracción	(%)	16

Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
Nº 4	4.750	100.0
Nº 10	2.000	100.0
Nº 20	0.850	99.9
Nº 40	0.425	99.5
Nº 60	0.250	98.0
Nº 140	0.106	94.2
Nº 200	0.075	92.3

Resultados de la granulometría por tamizado		
Coficiente de Uniformidad (Cu)		---
Coficiente de Curvatura (Cc)		---
Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	0.0
Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	7.7
Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	92.3

Clasificación; ASTM - D2487 / D3282	
AASHTO :	A-7-6 (32)
SUCS :	CH // Arcilla gruesa



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

Informe : LG06-457
 Solicitante : INDECI - PNUD
 Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 8
 Muestra : M - 2
 Profundidad (m) : 1.50 - 2.00

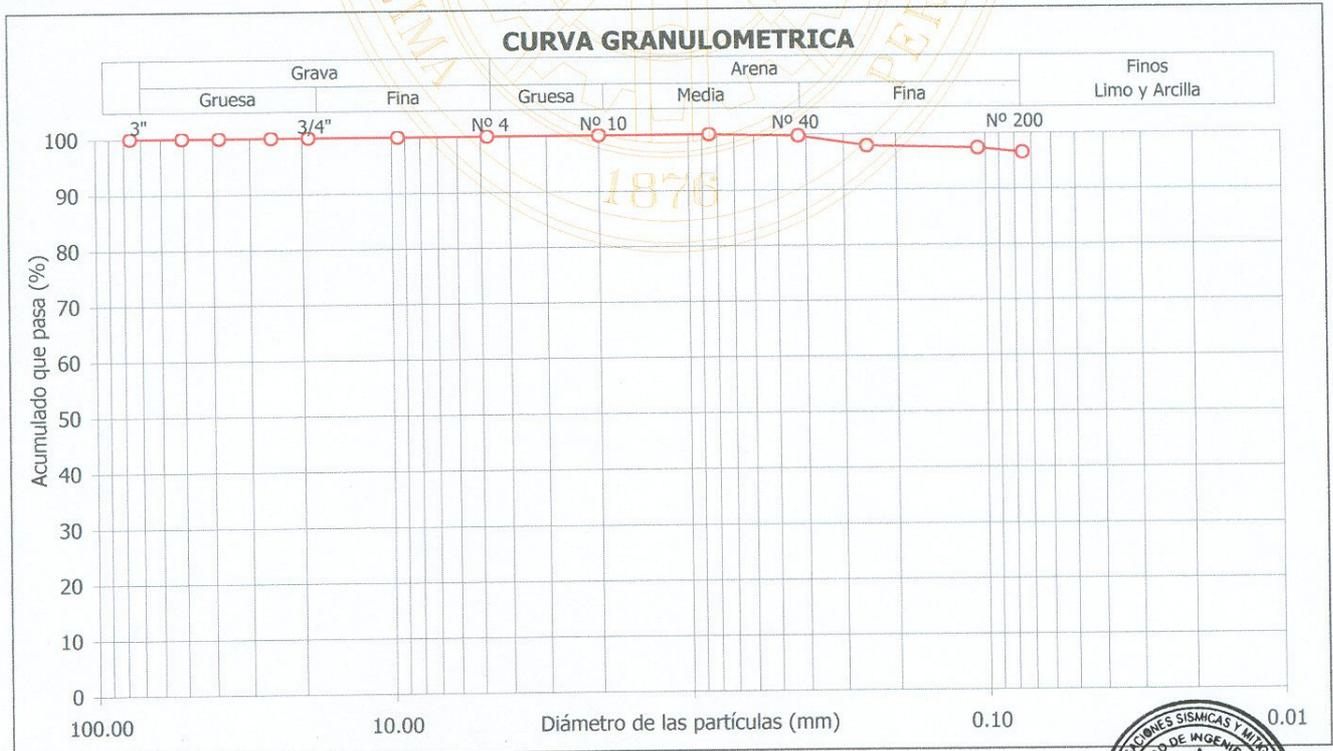
Contenido de humedad; ASTM - D2216		
Humedad	(%)	21.0

Límites de consistencia		
Límite Líquido	(%)	53
Límite Plástico	(%)	23
Índice de Plasticidad	(%)	30
Límite de Contracción	(%)	14

Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
Nº 4	4.750	100.0
Nº 10	2.000	100.0
Nº 20	0.850	100.0
Nº 40	0.425	99.6
Nº 60	0.250	97.7
Nº 140	0.106	97.2
Nº 200	0.075	96.4

Resultados de la granulometría por tamizado		
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		---
Coefficiente de Curvatura (Cc)		---
Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	0.0
Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	3.6
Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	96.4

Clasificación; ASTM - D2487 / D3282	
AASHTO :	A-7-6 (33)
SUCS :	CH // Arcilla gruesa



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
 INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
 JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

Informe : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 9
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.00

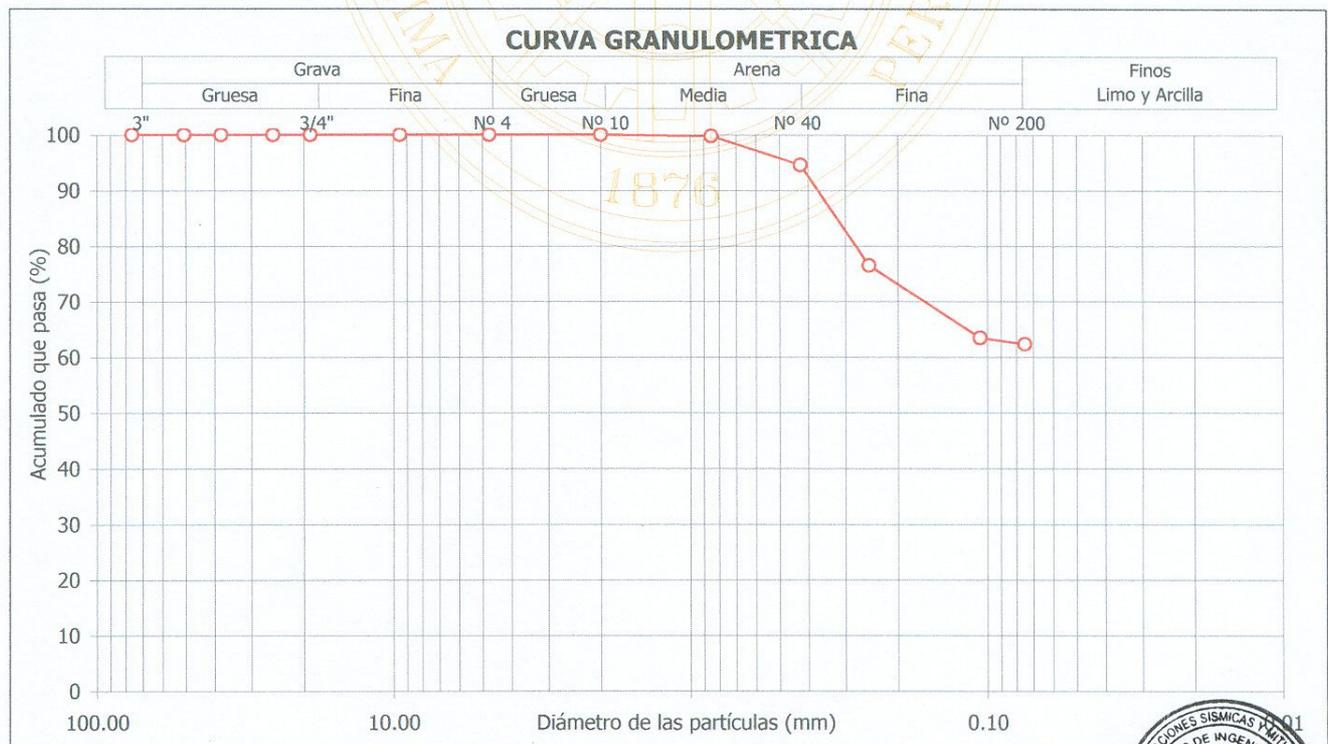
Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
Nº 4	4.750	100.0
Nº 10	2.000	100.0
Nº 20	0.850	99.7
Nº 40	0.425	94.5
Nº 60	0.250	76.4
Nº 140	0.106	63.4
Nº 200	0.075	62.3

Contenido de humedad; ASTM - D2216		
Humedad	(%)	16.9

Límites de consistencia		
Límite Líquido	(%)	47
Límite Plástico	(%)	20
Índice de Plasticidad	(%)	27
Límite de Contracción	(%)	14

Resultados de la granulometría por tamizado		
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		---
Coefficiente de Curvatura (Cc)		---
Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	0.0
Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	37.7
Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	62.3

Clasificación; ASTM - D2487 / D3282		
AASHTO : A-7-6 (14)		
SUCS : CL // Arcilla delgada arenosa		



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

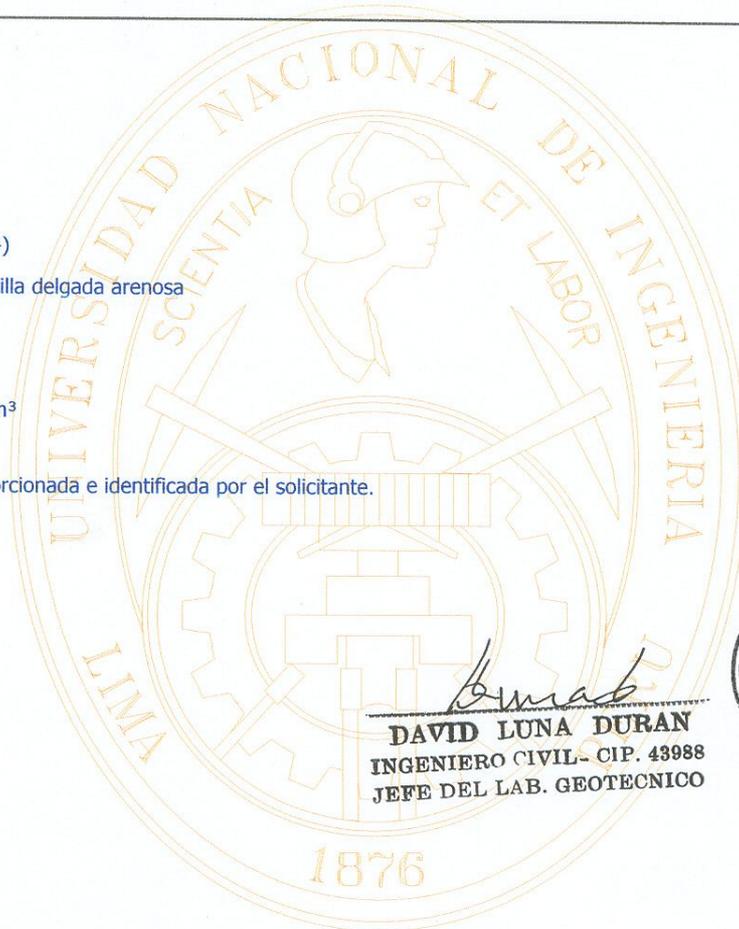
ENSAYOS DE LABORATORIO

Informe : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado
Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Fecha : Octubre, 2006

Sondaje : C - 9
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.00
Clasificación
AASHTO : A-7-6 (14)
SUCS : CL / Arcilla delgada arenosa
Peso volumétrico
Humedad : 16.6 %
 γ_{HUMEDA} : 2.02 g/cm³
Observaciones

La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante.



David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

Informe : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 10
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.00

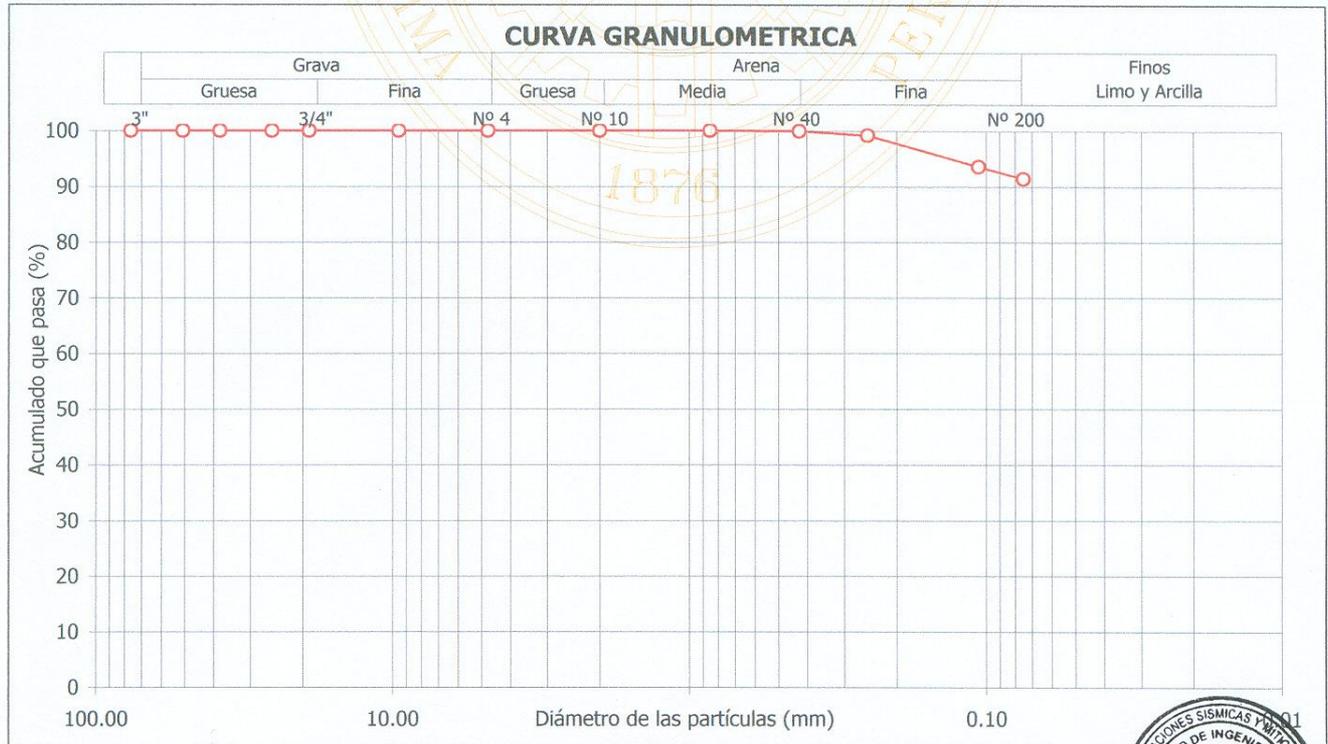
Contenido de humedad; ASTM - D2216		
Humedad	(%)	22.0

Límites de consistencia		
Límite Líquido	(%)	52
Límite Plástico	(%)	26
Índice de Plasticidad	(%)	26
Límite de Contracción	(%)	17

Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q ^a Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
Nº 4	4.750	100.0
Nº 10	2.000	100.0
Nº 20	0.850	100.0
Nº 40	0.425	99.9
Nº 60	0.250	99.1
Nº 140	0.106	93.5
Nº 200	0.075	91.3

Resultados de la granulometría por tamizado		
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		---
Coefficiente de Curvatura (Cc)		---
Grava [Nº 4 < φ < 3"]	(%)	0.0
Arena [Nº 200 < φ < Nº 4]	(%)	8.7
Finos [φ < Nº 200]	(%)	91.3

Clasificación; ASTM - D2487 / D3282		
AASHTO : A-7-6 (27)		
SUCS : CH // Arcilla gruesa		



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

David Luna Durán
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL- CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM - D3080

Informe Nº : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 10
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.00
Estado : Inalterado

Velocidad : 0.25 mm/min
AASHTO : A-7-6 (27)
SUCS : CH // Arcilla gruesa

Esfuerzo Normal (kg/cm ²)		0.5 Kg/cm ²		1 Kg/cm ²		2 Kg/cm ²		
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
Altura (cm)		1.99	1.96	1.98	2.00	1.99	2.00	
Diámetro (cm)		6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	
Humedad (%)		22.53	22.06	22.40	21.91	22.20	20.98	
Densidad seca (g/cm ³)		1.18	1.20	1.22	1.25	1.29	1.33	
0.5 Kg/cm ²		1 Kg/cm ²			2 Kg/cm ²			
Deformación (%)	Esf. de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.06	0.13	0.05	0.10	0.10	0.05	0.30	0.15
0.10	0.10	0.19	0.10	0.13	0.13	0.10	0.40	0.20
0.20	0.13	0.26	0.20	0.19	0.19	0.20	0.53	0.26
0.35	0.17	0.34	0.35	0.21	0.21	0.35	0.66	0.33
0.50	0.20	0.39	0.50	0.24	0.24	0.50	0.76	0.38
0.75	0.21	0.43	0.75	0.28	0.28	0.75	0.84	0.42
1.00	0.23	0.46	1.00	0.33	0.33	1.00	0.92	0.46
1.25	0.25	0.50	1.25	0.36	0.36	1.25	0.99	0.49
1.50	0.26	0.52	1.50	0.40	0.40	1.50	1.04	0.52
1.75	0.26	0.53	1.75	0.42	0.42	1.75	1.10	0.55
2.00	0.27	0.54	2.00	0.45	0.45	2.00	1.16	0.58
2.50	0.28	0.56	2.50	0.50	0.50	2.50	1.22	0.61
3.00	0.32	0.65	3.00	0.53	0.53	3.00	1.29	0.64
3.50	0.35	0.69	3.50	0.57	0.57	3.50	1.34	0.67
4.00	0.37	0.74	4.00	0.59	0.59	4.00	1.41	0.71
4.50	0.39	0.78	4.50	0.61	0.61	4.50	1.45	0.73
5.00	0.41	0.81	5.00	0.64	0.64	5.00	1.50	0.75
6.00	0.44	0.89	6.00	0.69	0.69	6.00	1.59	0.79
7.00	0.46	0.92	7.00	0.73	0.73	7.00	1.66	0.83
8.00	0.46	0.93	8.00	0.73	0.73	8.00	1.72	0.86
9.00	0.46	0.93	9.00	0.73	0.73	9.00	1.75	0.87
10.00	0.46	0.91	10.00	0.73	0.73	10.00	1.76	0.88
11.00	0.46	0.91	11.00	0.73	0.73	11.00	1.76	0.88
12.00	0.45	0.91	12.00	0.73	0.73	12.00	1.76	0.88

Observaciones : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante.

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM - D3080

Informe N° : LG06-457

Fecha : Octubre, 2006

Solicitante : INDECI - PNUD

Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C - 10

Velocidad : 0.25 mm/min

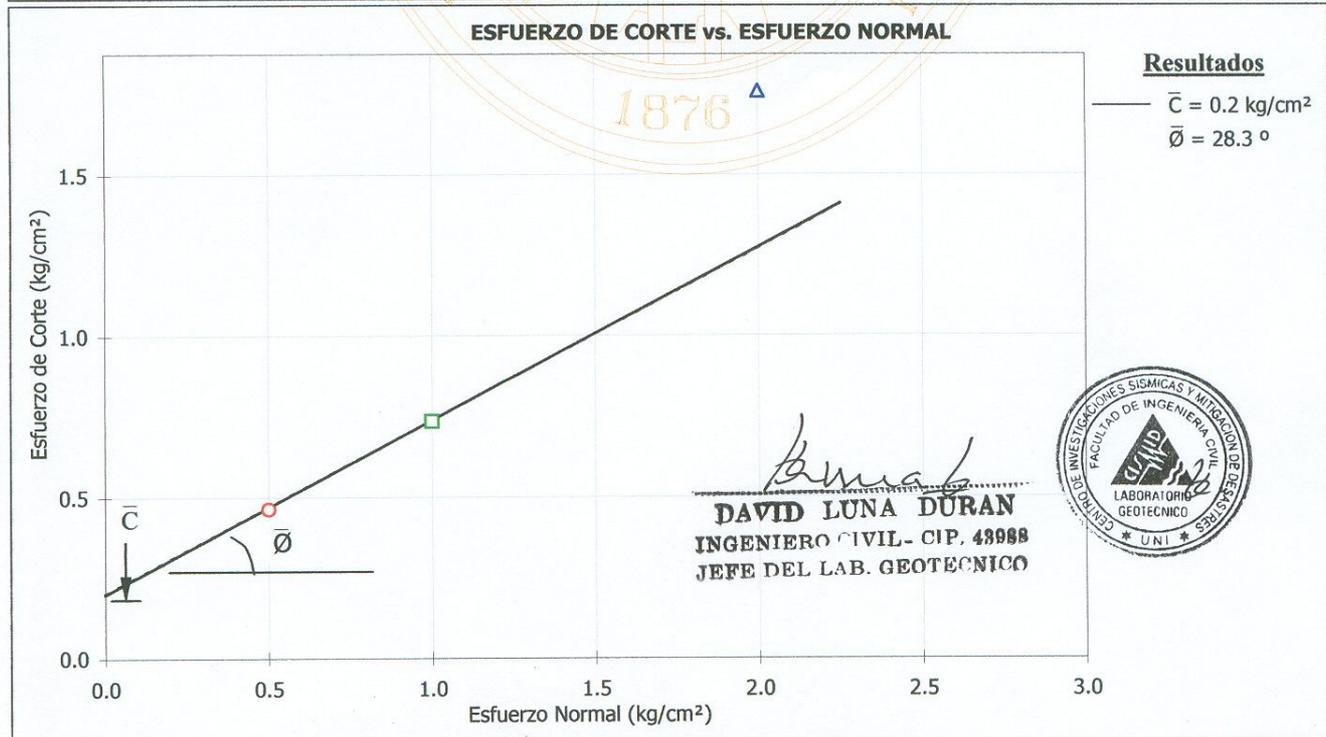
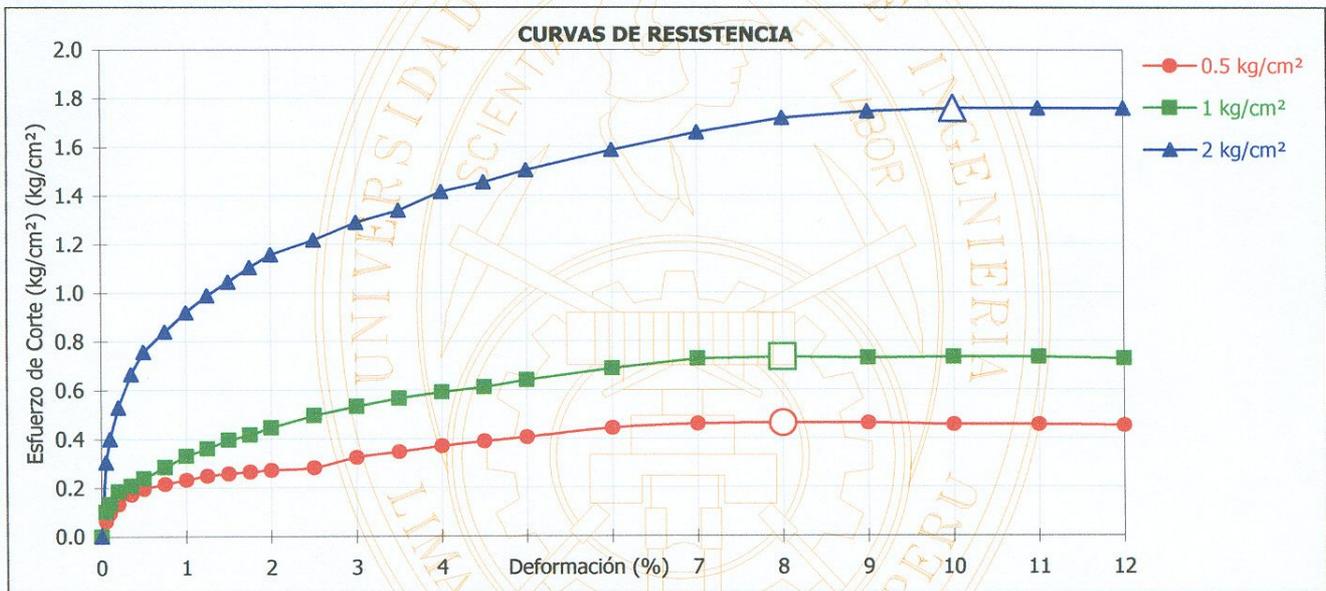
Muestra : M - 1

AASHTO : A-7-6 (27)

Profundidad (m) : 2.00

SUCS : CH // Arcilla gruesa

Estado : Inalterado





ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

Informe : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C-1 Pastora
Muestra : ---
Profundidad (m) : 0.00 - 10.00

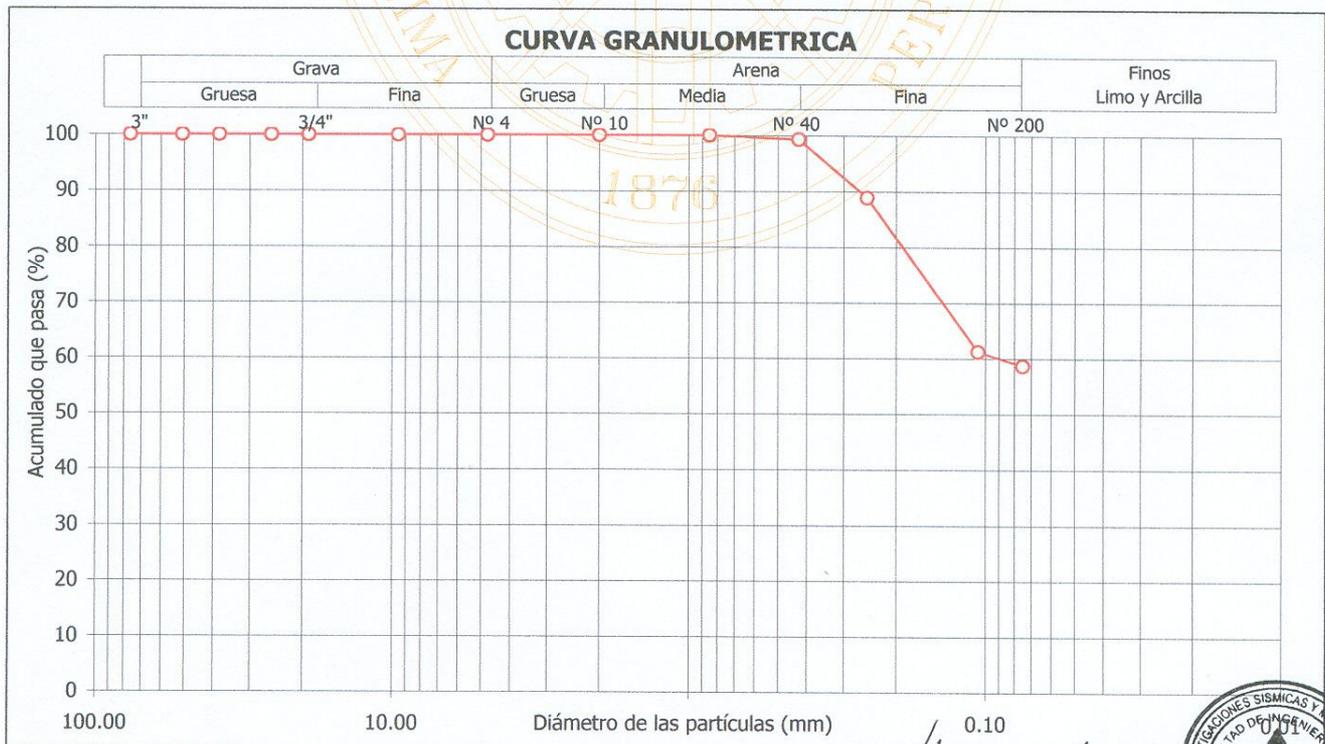
Contenido de humedad; ASTM - D2216		
Humedad	(%)	17.7

Límites de consistencia		
Límite Líquido	(%)	40
Límite Plástico	(%)	21
Índice de Plasticidad	(%)	19
Límite de Contracción	(%)	---

Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
Nº 4	4.750	100.0
Nº 10	2.000	100.0
Nº 20	0.850	100.0
Nº 40	0.425	99.3
Nº 60	0.250	88.8
Nº 140	0.106	61.2
Nº 200	0.075	58.6

Resultados de la granulometría por tamizado		
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		---
Coefficiente de Curvatura (Cc)		---
Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	0.0
Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	41.4
Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	58.6

Clasificación; ASTM - D2487 / D3282	
AASHTO :	A-6 (9)
SUCS :	CL // Arcilla delgada arenosa



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

DAVID LUNA DURAN
 INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
 JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES

LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

Informe : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C-1 Pastora

Muestra : ---

Profundidad (m) : 10.00 - 16.00

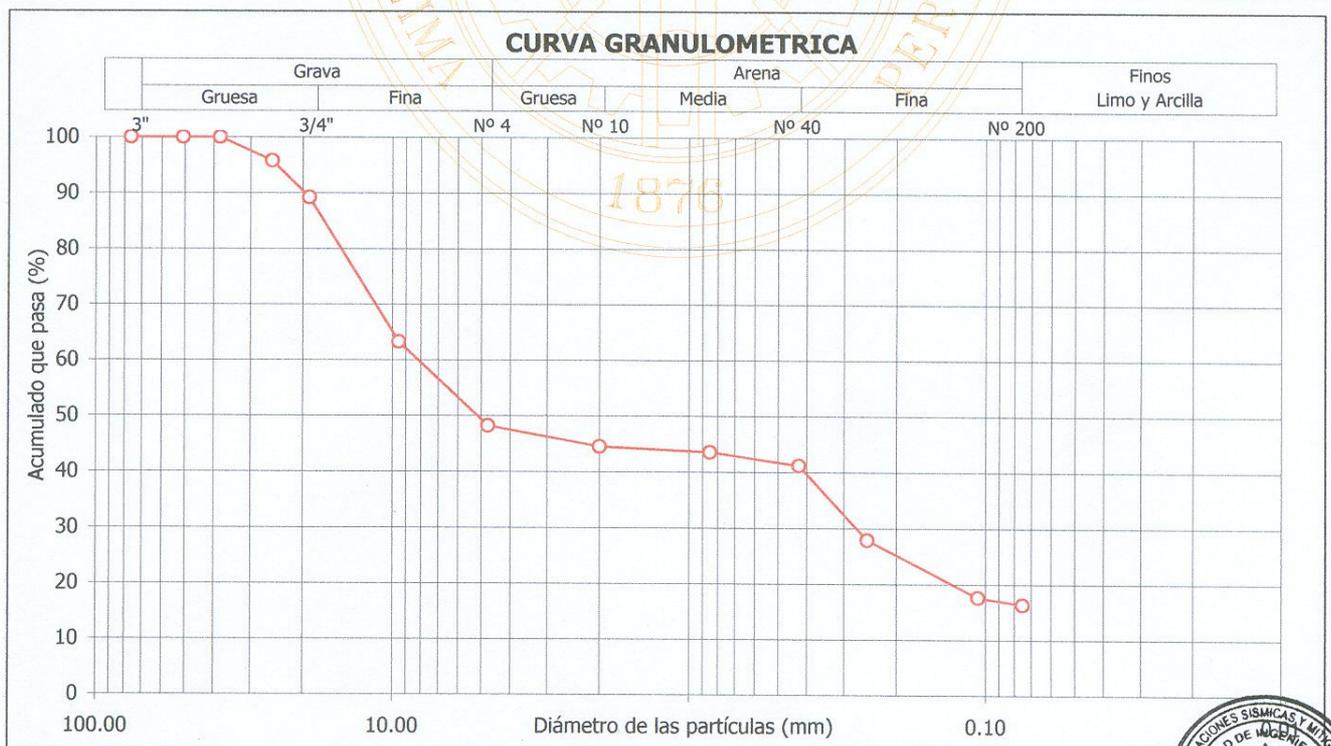
Contenido de humedad; ASTM - D2216		
Humedad	(%)	9.5

Límites de consistencia		
Límite Líquido	(%)	21
Límite Plástico	(%)	NP
Índice de Plasticidad	(%)	NP
Límite de Contracción	(%)	---

Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	95.8
¾"	19.050	89.2
3/8"	9.525	63.3
Nº 4	4.750	48.2
Nº 10	2.000	44.5
Nº 20	0.850	43.5
Nº 40	0.425	41.1
Nº 60	0.250	27.8
Nº 140	0.106	17.6
Nº 200	0.075	16.3

Resultados de la granulometría por tamizado		
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		---
Coefficiente de Curvatura (Cc)		---
Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	51.8
Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	31.9
Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	16.3

Clasificación; ASTM - D2487 / D3282		
AASHTO : A-1b (0)		
SUCS : GM // Grava limosa con arena		



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL- CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

Informe : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C-1 Pastora
Muestra : ---
Profundidad (m) : 16.00 - 28.00

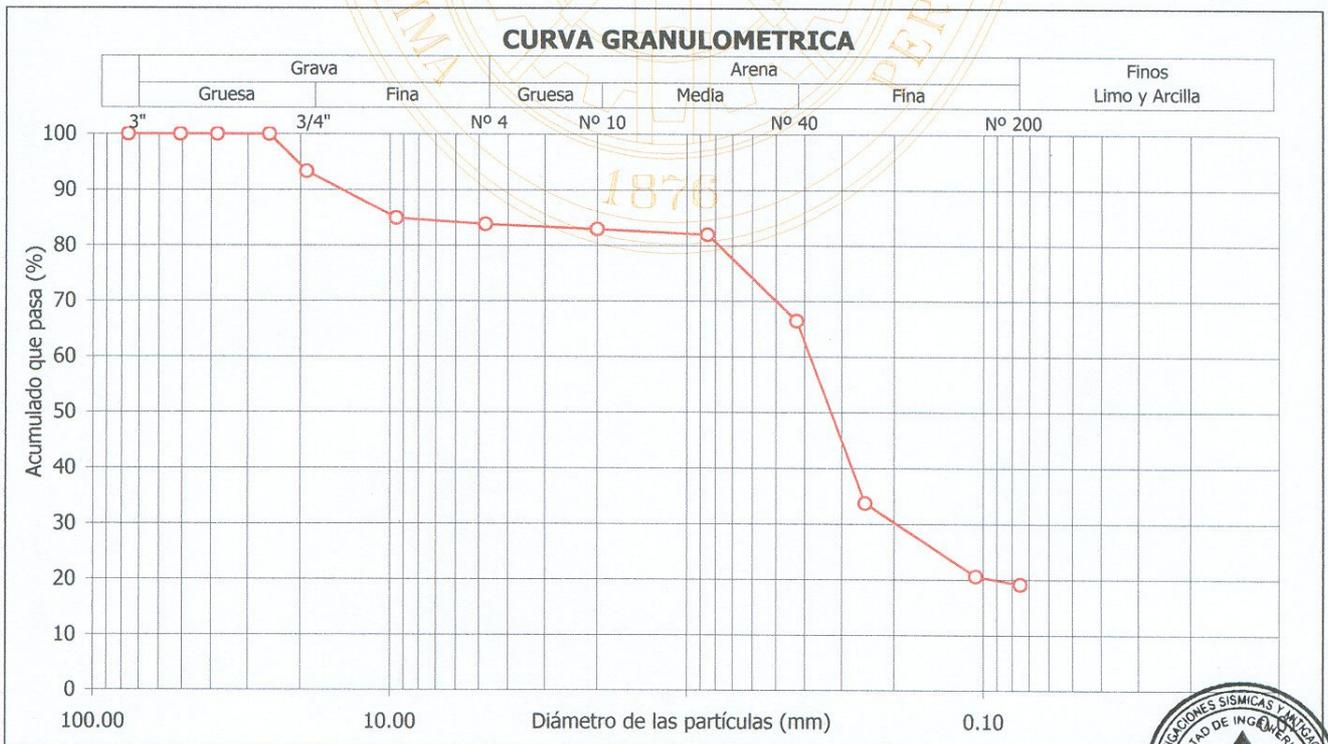
Contenido de humedad; ASTM - D2216		
Humedad	(%)	17.9

Límites de consistencia		
Límite Líquido	(%)	21
Límite Plástico	(%)	NP
Índice de Plasticidad	(%)	NP
Límite de Contracción	(%)	---

Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	93.3
3/8"	9.525	84.9
Nº 4	4.750	83.8
Nº 10	2.000	82.9
Nº 20	0.850	81.9
Nº 40	0.425	66.4
Nº 60	0.250	33.6
Nº 140	0.106	20.5
Nº 200	0.075	19.1

Resultados de la granulometría por tamizado		
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		---
Coefficiente de Curvatura (Cc)		---
Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	16.2
Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	64.7
Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	19.1

Clasificación; ASTM - D2487 / D3282	
AASHTO :	A-2-4 (0)
SUCS :	SM // Arena limosa con grava



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

Informe : LG06-457
Solicitante : INDECI - PNUD
Proyecto : Mapa de Peligros de la Ciudad de Puerto Maldonado

Fecha : Octubre, 2006

Ubicación : Dist. y Prov. Tambopata, Dpto. Madre de Dios

Sondaje : C-1 Pastora
Muestra : ---
Profundidad (m) : 28.00 - 35.00

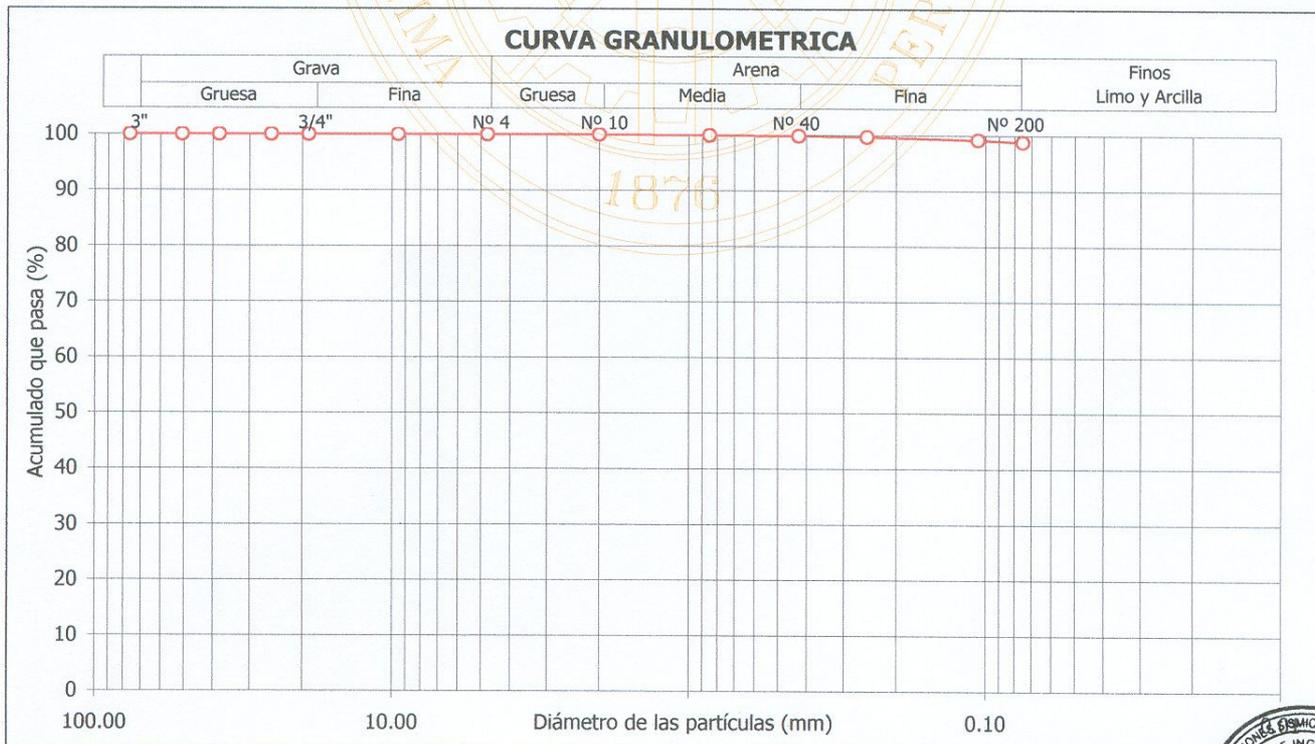
Contenido de humedad; ASTM - D2216		
Humedad	(%)	12.6

Límites de consistencia		
Límite Líquido	(%)	42
Límite Plástico	(%)	23
Índice de Plasticidad	(%)	19
Límite de Contracción	(%)	---

Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
Nº 4	4.750	100.0
Nº 10	2.000	100.0
Nº 20	0.850	99.9
Nº 40	0.425	99.8
Nº 60	0.250	99.6
Nº 140	0.106	99.1
Nº 200	0.075	98.7

Resultados de la granulometría por tamizado		
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		---
Coefficiente de Curvatura (Cc)		---
Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	0.0
Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	1.3
Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	98.7

Clasificación; ASTM - D2487 / D3282	
AASHTO :	A-7-6 (21)
SUCS :	CL // Arcilla delgada



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
LAB. GEOTECNICO



ANEXO N° 02 : PANEL FOTOGRAFICO



Foto N° 1. Cárcava Herrera. Se observa la magnitud de sus quebradas.



Foto N° 2. Cárcava Herrera, a la altura del cruce con la carretera a Chonta.



Foto N° 3. Cárcava Tambopata. Se observa viviendas afectadas por la cárcava



Foto N° 4. Cárcava Tambopata. A la altura del Puerto Tambopata



Foto N° 5. Cárcava Muyuna. Se observa la acumulación de desechos y basura en la cabecera de la cárcava.



Foto N° 6. Cárcava Muyuna. Se observa la acumulación de basura, y el mal estado del sistema de entrega al Río Madre de Dios.



Foto N° 7. Margen Derecha del Río Madre de Dios, a la altura del Ejército.



Foto N° 8. Cárcava del Cuartel del Ejército.



Foto N° 9. Cárcava del cuartel del Ejército, cruzando terrenos del Cuartel.



Foto N° 10. Cárcava del cuartel del Ejército. Se observa que éste ha llegado al Jr. Cuzco.



Foto N° 11. Vista Aérea de la Cárcava Balcón (Av. 2 de Mayo).



Foto N° 12. Margen derecha del Río Madre de Dios, a la altura de la Cárcava Balcón. Se observa intentos de protección con Bolsacreto, sobre esta margen.



Foto N° 13. Se observa la cabecera de la Cárcava Balcón, llegando a la Av. 2 de Mayo.
(Foto tomada desde la Av. 2 de Mayo)



Foto N° 14. Se observa la cabecera de la Cárcava Nuevo Amanecer.



Foto N° 15. Recolección de Muestras de Suelo en la Cárcava Nuevo Amanecer.



Foto N° 16. Izquierda, dimensiones de la Cárcava Brombus. Derecha, Cárcava Brombus cruce con la Av. Circunvalación.



Foto N° 17. Se observa uno de los brazos de la Cárcava Brombus.



Foto N° 18. A la Izquierda se observa la cabecera de la Cárcava Pastora 1, llegando a la Av. Andrés Avelino cáceres. A la derecha, la cárcava cruza zonas urbanas.



Foto N° 19. Cárcava Pastora 1, visto desde el Río Madre de Dios.



Foto N° 20. Cárcava Los Pioneros.



Foto N° 21. Cárcava Costanera Norte



Foto N° 22. Cárcava La Pastora 2



Foto N° 23. Confluencia del Río Tambopata y Madre de Dios, se observa las viviendas del Sector de Pueblo Viejo.



Foto N° 24. Puerto Cándamos, en el Sector de Pueblo Viejo.



Foto N° 25. Margen derecha del Río Madre de Dios, en la dirección del cuartel del Ejército, en constante erosión



Foto N° 26. Se observa flujos de agua estancado en un canal de drenaje.



Foto N° 27. Sistema de drenaje con problemas de Sedimentación y vegetación. Problemas de falta de mantenimiento.



Foto N° 28. Canal de drenaje en colapso por rebose del flujo.



Foto N° 29. Buzón de Inspección del Sistema de Drenaje, se observa la acumulación de basura.



Foto N° 30. Sistema de drenaje cruzando viviendas. Sector Pueblo Viejo.



Foto N° 31. Acumulaciones de desechos y basura en una Cárcava, obstruyendo la entrega del flujo al Río



Foto N° 32. Vista general de la calicata C1 sobre la primera cuadra de la Av. León Velarde



Foto N° 33. Toma de muestra de suelo inalterada de la calicata C1 sobre la primera cuadra de la Av. León Velarde



Foto N° 34. Vista general de los trabajos de apertura de la calicata C5 sobre la Av. Andrés Avelino Cáceres



Foto N° 35. Toma de muestra de suelo inalterada de la calicata C5 sobre la Av. Andrés Avelino Cáceres



Foto N° 36. Vista general de la calicata C9 en la UPIS Eduardo Zavala



Foto N° 37. Vista general de la calicata C8



Foto N° 38. Vista al interior de la calicata C8 y toma de muestra alterada