

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



"PLANIFICACION GEOTECNICA DEL  
PELIGRO MULTIPLE"

TRAMO: PTE. LOS ANGELES - PTE. HUAMPANI  
- CHACLACAYO -

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

MARIA DEL ROSARIO ALVAREZ NEYRA

PROMOCION 1990-II

LIMA - PERU

1995

**PLANIFICACION GEOTECNICA DEL PELIGRO MULTIPLE  
TRAMO: "PTE. LOS ANGELES - PTE. HUAMPANI" - CHACLACAYO**

**INDICE GENERAL**

	Pág
<b>CAPITULO 1 :</b>	
Introducción.....	1
 <b>CAPITULO 2 :</b>	
Antecedentes Históricos.....	7
 <b>CAPITULO 3 :</b>	
Análisis de la documentación disponible.....	20
3.1 Estudio de Ingeniería de la Autopista Lima Ricardo Palma y Encauzamiento parcial del río Rímac P y V Ingenieros.....	21
3.2 Proyecto de Encauzamiento del río Rímac PIEVAR.....	24
3.3 Plan Maestro J.I.C.A. ....	27
3.4 Diseño de Canalización y Propuesta de Manejo Integral de Chaclacayo - Chosica .....	32
 <b>CAPITULO 4 :</b>	
Diagnóstico Situacional.....	36
4.1 Ubicación geográfica.....	37
4.2 Puentes.....	39
4.3 Aspecto Habitacional:	
4.3.1 Pueblos Jóvenes y AA.HH.....	41
4.3.2 Uso de las tierras.....	43
4.3.3 Estado de las construcciones. (viviendas).....	54
4.3.4 Tipo y comportamiento de defensas ribereñas..... usadas.	58
4.4 Materiales de construcción predominantes.....	63
4.5 Censo Poblacional - Metodología:.....	70
4.5.1 Nivel Socio económico.....	71
4.5.2 Nivel Educativo.....	71
4.5.3 Estructura Familiar, modo de vida.....	71
4.6 Infraestructura :	
4.6.1 Vialidad.....	72
4.6.2 Energía Eléctrica.....	72
4.6.3 Agua Potable.....	73
4.6.4 Desagüe.....	73
4.6.5 Basura.....	74
 <b>CAPITULO 5 :</b>	
Zonificación.....	75
5.1 Macrozonificación.....	76

	Pág
5.2 Microzonificación.....	87
5.2.1 Topografía.....	87
5.2.2 Geología y Geomorfología local.....	93
5.2.3 Estratigrafía.....	97
5.2.4 Metamorfismo.....	98
5.2.5 Tectónica.....	99
5.2.6 Procesos geodinámicos.....	99
5.2.7 Clima y Ecología.....	103
5.2.8 Hidrología.....	104
5.2.9 Drenaje.....	107
5.2.10 Hidráulica de Sedimentos.....	108
5.2.10.1 Propiedades físicas de los sedimentos.....	110
5.2.10.2 Transporte de Sedimentos.....	123
5.2.11 Evaluación de caudales probables para diferentes tiempos de retorno en el cálculo de las áreas de inundación.....	140
5.2.12 Determinación de las áreas de inundación de bajo, medio y alto riesgo (Zonificación).....	146
 <b>CAPITULO 6 :</b>	
Materiales disponibles en la zona.....	186
 6.1 Generalidades.....	187
6.2 Estudio de Suelos	
6.2.1 Objetivo.....	187
6.2.2 Metodología	
6.2.2.1 Trabajos de campo.....	188
6.2.2.2 Ensayos de Laboratorio.....	188
6.2.3 Características de los suelos.....	191
6.3 Estudio de canteras	
6.3.1 Clasificación.....	202
6.3.1.1 Canteras de materiales extraídos de la zona sin transporte	
A. Agregado Grueso.....	203
B. Agregado Fino.....	203
6.3.1.2 Canteras de materiales extraídos de la zona con transporte	
A. Roca.....	204
6.3.2 Evaluación de las Canteras.....	215
6.3.3 Anexo: Resultados de Ensayos de Laboratorio.....	217
 <b>CAPITULO 7 :</b>	
Análisis de la Planificación.....	233
 7.1 Ubicación.....	234
7.1.1 Análisis de la zonificación	
7.1.1.1 Propuesta del Municipio.....	235
7.1.1.2 Propuesta de la Tesis.....	238
7.2 Lineamientos	
7.2.1 Diagnóstico Urbano.....	242
7.2.2 Aspecto Técnico experimental.....	243

	Pág
7.3 Medidas de prevención y mitigaciones.....	246
7.3.1 Medidas Estructurales.....	247
7.3.2 Medidas no Estructurales.....	251
7.4 Reglamentación y política a desarrollarse en los AA.HH. y los actuales en desarrollo.....	255
 <b>CAPITULO 8 :</b>	
Propuesta de solución en modelos experimentales.....	258
 8.1 Modelo de encauzamiento del Río Rímac, Tramo Chaclacayo.....	259
8.1.1 Definición de la sección.....	260
8.1.2 Trazo.....	268
8.1.3 Perfil longitudinal.....	272
8.1.4 Diseño de Estructuras laterales.....	273
8.1.5 Secciones Transversales del Proyecto.....	285
8.2 Modelo de reubicación Asentamiento Humano Perla del Sol.....	296
 <b>CAPITULO 9</b>	
Conclusiones y Recomendaciones.....	299
 <b>CAPITULO 10 :</b>	
Bibliografía.....	308
 <b>CAPITULO 11 :</b>	
Documentación Gráfica.....	311
 <b>CAPITULO 12 :</b>	
Mapas de Peligro.....	323
 Plano de Ubicación (1) .....	U-1
Planos Topográficos (3) .....	T-1
	T-2
	T-3
Plano Geológico.....(1) .....	G-1
Plano de Zonificación del Peligro (1) .....	Z-1
Planos de Proyecto (Planta y Perfil) (3) .....	P-1
	P-2
	P-3

## **CAPITULO 1 : INTRODUCCION**

## 1.0 INTRODUCCION:

La falta de Planificación de la ciudad, da lugar al crecimiento desordenado de los Asentamientos Humanos en zonas de alto riesgo a desastres como el cauce inundable del río Rímac. La ausencia de Proyectos Integrales de Planificación para la prevención de Desastres Naturales que consideren los efectos producidos por inundaciones, huaycos, sismos, de alta intensidad, ocasiona que los pobladores aumenten su vulnerabilidad por la amenaza, mediante la construcción de obras no planificadas (rellenos con material de desmonte, defensas como gaviones, muros de concreto) estrangulando el cauce, originando el desequilibrio en la corriente natural fluvial, produciéndose fenómenos de inundación con erosión y socavación del cauce que pone en peligro estructuras importantes de infraestructura urbana.

Esta tesis surge como una necesidad de solución para los pobladores ribereños de Chaclacayo ubicados en el tramo Puente Huampaní - Puente Los Angeles, ya que durante los meses de Diciembre a Mayo se ven afectados por inundaciones que causan daños materiales y ponen en riesgo la vida de los pobladores, la problemática expuesta es un reflejo de la mayoría de los AA.HH. ribereños del Rímac. Es por este motivo que se hace necesario el estudio de las riberas que servirá como complemento básico para una futura zonificación y planificación.

Las propuestas a que llega este trabajo están basadas en la experiencia, conocimiento de campo y estudios realizados por el Ingeniero Alberto Martínez Vargas asesorando a PREDES durante los cinco últimos años, mencionaremos las principales:

- . El encauzamiento del río Rímac tomando como parámetros de control los Puentes y la reubicación parcial o total de pueblos ubicados en zonas de alto riesgo que interfiera el trazo del proyecto.
- . Da una propuesta de zonificación del tramo indicando áreas de inundación de bajo, mediano y alto riesgo para la población.
- . Propone a nivel de prefactibilidad el aprovechamiento de los materiales de la zona para los trabajos de encauzamiento.
- . Hace un análisis de planificación dando lineamientos y medidas de prevención para los Asentamientos Humanos ribereños.

El contenido de esta Tesis se justifica en los siguientes capítulos :

CAPITULO 1 Da a conocer los motivos y alcances que me lleva a desarrollar este tema de tesis.

CAPITULO 2 Recopila información histórica del lugar, con hechos ocurridos que justifican su transformación a través del tiempo como:

fenómenos naturales predominantes, acciones antrópicas que afectan de alguna manera la variación del cauce en el tramo, medio ecológico del lugar, etc.

CAPITULO 3 · Analiza la información básica referente al tema.

CAPITULO 4 Hace un diagnóstico situacional de la zona afectada, estado de sus construcciones, tipo y comportamiento de sus defensas, nivel de vida de su población, infraestructura urbana.

CAPITULO 5 Hace una evaluación de la amenaza a nivel de cuenca para determinar las zonas de riesgo por inundaciones (Macrozonificación), para finalmente elaborar un mapa de riesgo a nivel del tramo en estudio (Microzonificación).

CAPITULO 6 Hace un estudio de suelos y evalúa los recursos naturales de la zona para proponer un buen uso de éstos.

CAPITULO 7 Se hace un análisis de planificación dándose medidas de prevención y políticas a desarrollarse en Asentamientos Humanos para evitar que éstos se ubiquen en zonas de riesgo.

CAPITULO 8 Propone el encauzamiento del río en el tramo de estudio y un modelo de reubicación del A.H. Perla del Sol.

Los CAPITULOS 9, 10, 11 y 12 contienen conclusiones y recomendaciones, bibliografía, documentación gráfica y mapas de peligro básicos y aplicados.

#### **AGRADECIMIENTOS:**

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que de alguna manera me brindaron apoyo para la realización de la presente tesis, de manera muy especial a mi asesor Ing. Alberto Martínez Vargas por su incondicional asesoramiento con sus conocimientos y experiencia profesional en el tema.

Al Centro de Estudios y Prevención de Desastres PREDES, entidad que realiza trabajos de investigación, apoyo técnico y social en zonas expuestas a desastres naturales, por el financiamiento, proporcionamiento del equipo topográfico, alojamiento en la zona de trabajo y disponibilidad de su biblioteca especializada.

Mi agradecimiento a la Arquitecto Linda Zilbert por su apoyo en la parte Urbanística y a la Ingeniero Petronila Ibañez en la parte de Hidráulica de Sedimentos, al Ing. Willy Gutierrez por las facilidades brindadas en el uso del Laboratorio de Mecánica de Suelos de la FIC.

Así mismo agradezco a todos mis profesores de la FIC por la formación profesional recibida y en especial a los profesores del Departamento de Hidráulica y Mecánica de

Suelos por darme las pautas necesarias ayudándome a culminar esta tesis.

Agradezco a mis compañeros de estudios de la FIC - UNI Raúl Chirito y Wilmer Pinao por haberme ayudado en el levantamiento topográfico del tramo estudiado, así mismo a mis compañeros Javier Ortiz y Daniel Fernández por ayudarme en el muestreo de sedimentos del cauce y en el catastro efectuado a los pobladores ribereños, a los compañeros de la FIGMM - UNI Antonio Yucra, José Lacherre y Cesar Alvarez por haberme ayudado en el muestreo y reconocimiento geológico del tramo y las canteras recomendadas para el proyecto.

Finalmente agradezco a mis padres y hermanos por su apoyo constante a lo largo de toda mi carrera profesional.

**Maria del Rosario Alvarez Neyra.**

## **CAPITULO 2 : ANTECEDENTES HISTORICOS**

## 2.0 ANTECEDENTES HISTORICOS:

Existen fenómenos naturales sobre los cuales el hombre no puede ejercer control como el clima y condiciones geológicas, pero sí tiene la posibilidad de manejar recursos del suelo y agua para protegerse de aquellos que lo afectan como son los huaycos e inundaciones.

Ante estos inconvenientes el hombre del antiguo Perú supo manejar de una manera integral los recursos naturales para minimizar la amenaza producida por los Fenómenos Naturales, fue un geotécnico naturalista.

En la obra de Gerald Taylor (1987), "Ritos y tradiciones de Huarochirí" dice: ".....Los hombres proliferaban tanto que (faltaba espacio para sus sembrados) vivían en gran estrechez (fue así como subieron a los cerros donde) para hacer sus chacras sólo escarbaban y raspaban las crestas y laderas, practicaban la agricultura primitiva hasta que Curniyaya les enseñó las técnicas de irrigación y la consolidación de andenes..." Es así que en el valle del Rímac encontramos grandes obras de andenería que controlaban muy efectivamente la erosión del suelo y por consiguiente la formación de huaycos, que protegían dentro de sus posibilidades.

Antonio Arenas (1985) y el cartógrafo Santiago Alayo Portales (1989) basados en estudios de la historia coinciden en referir que las tierras fértiles del valle

del Rímac fueron habitadas por los Collas y Aymaras y luego por los Quechuas. La toponimia de los pueblos que habitan la cuenca del Rímac dan muestra de esto, así Chaclacayo proviene de ascendencia Aymaré Chajlla (carrizo) y cayo (pie) "Al pie de los carrizos"

Los ayllus de Cajamarquilla, Moyopampa, Puruchuco y Huaycán experimentaron la presencia del pueblo de los Huanchos dominados por el Inca Pachacútec quien sometió al cacique Cuismanco en su cuartel general de Moyopampa subordinándose al imperio Inca todos los pueblos del valle del Rímac entre ellos los Chaclacayinos.

En la colonia los primeros corregimientos fueron con el correr de los años subdivididos en partidos, curatos, fundos, haciendas y fincas las cuales por derecho de herencia o enajenación pasaron estas propiedades al dominio de pocas e influyentes familias dejando las menos valiosas para los nativos, se impulsó actividades extractivas agrícolas y mineras.

En Chaclacayo funcionó el corregimiento de la Buena Muerte con sede en la actual Av. Rosaleda, entonces comienzan a formarse los fundos que dan origen al Distrito: Huascata, Morón, San Bartolomé, La Tuna, Tupacocha, San Damián, Santa Inés, El Juzgado y la Buena Muerte sede del corregimiento. Posteriormente se funda el fundo Chaclacayo por acumulación de tierras de La Tuna, Tupacocha y San

Damián que pertenecían a la provincia de Huarochirí. En estos fundos se cultivaba algodón, forrajes para el ganado vacuno y artesanalmente se fabricaban esteras debido a la presencia de grandes cantidades de carrizo que bordeaban ambas riberas del río. En la actualidad no se advierte la presencia de esta planta en las riberas dado el alto grado de deforestación sufrida y la población de AA.HH. sobre éstas.

Para comunicarse con los pueblos vecinos habían dos caminos de herradura: Uno a la margen derecha transitado por recuas que servían las necesidades de los pueblos entre Matucana y Lima y otro por la margen izquierda que atravesaban los 9 fundos antes citados y se originaba en el valle de Huarochirí.

Luego surgen necesidades de transporte rápido por lo que se construye el Ferrocarril Central (1893) y Chaclacayo se benefició con un paradero en San Bartolomé donde diariamente se embarcaban porongos de leche y jabas de gallina para su comercio en Lima.

En 1929 se comienza a lotizar los fundos (Santa Inés), se venden los lotes a personas interesadas de Lima en tener casas- huertas (2000 a 10000 m<sup>2</sup>); posteriormente lotes de 800 m<sup>2</sup> y menos.

En 1930 se construye la Carretera Central, ante estos acontecimientos comienza a aumentar la expansión

demográfica, se inicia el sobre pastoreo y deforestación, se introducen nuevas prácticas agrícolas foráneas que rompen con la ecología de la Cuenca, se forman centros poblados en zonas de alta capacidad geodinámica externa y aparecen condiciones de vulnerabilidad frente a los fenómenos geodinámicos; es dentro de este contexto que se crea el distrito de Chaclacayo en Abril de 1940.

Los "huaycos peruanos" como los llama Gilberto Romero (1985), producidos por la mano del hombre son los que causan mayores desastres: El abandono de tierras otrora de cultivo, el arrastre del material de huayco no solo eleva el nivel del lecho causando daños en épocas de crecida, también pueden represarlo y formar después de su ruptura terrazas.

Actualmente los Asentamientos Humanos (AA.HH.) o Pueblos Jóvenes (PP.JJ.) no son normados, la necesidad de vivienda y la no respuesta del Estado ha dado lugar a la ocupación espontánea de terrenos baldíos (eriazos y de cultivo) generalmente abandonados en las riberas de las zonas inundables del río Rímac, laderas de los cerros y fondo de algunas quebradas, principalmente en su desembocadura o cono de deyección donde se ubican y concentran la mayor parte de AA.HH. ó PP.JJ.

Dentro de todo este contexto histórico se ubica la zona en estudio Puente Huampaní - Puente Los Angeles comprendida

en el sector Chaclacayo (margen izquierda del río en zona inundable más crítica), Chosica (margen derecha potencialmente con actividad geodinámica huayco en menor escala y problema de erosión e inundación).

Al cruzar el Pte. Huampaní hay un desvío de tierra que da acceso al Asentamiento Humano Huampaní y Huampaní Alto (margen derecha) el último situado en pleno cono de deyección en una zona potencialmente activa en Huayco (no muy frecuente); según versión de los pobladores la quebrada se activó en 1977 causando daño a varias familias. En la parte más alta del AA.HH. Huampaní se observan bloques y material que muestran inestabilidad acumulada como excedente del túnel construido para conducir las aguas hacia la Central Hidroeléctrica de Huampaní; este material puede removerse en caso de lluvia fuerte y producir Huayco. Actualmente cuenta con un plano de lotización aprobado por la Municipalidad de Lima el 17/02/93 en el que se observa la disposición de los 370 lotes delimitando un cauce para el desfogue del Huayco en ambas zonas, mas no existen obras de defensa y conducción en caso de huayco y tampoco figuran algunos lotes existentes en plena área destinada para la nueva vía Ramiro Prialé que conduce al centro del país por esta margen.

Según la inspección realizada por el Ing. Alberto Martínez V. (1989) recomienda para la Zona I (Huampaní), reforzar y

corregir las deficiencias de inestabilidad, construir muros de pirca con morteros de cemento y arena en el pie y aguas abajo; para la Zona II (Huampaní Alto) ha detectado que el Campo Deportivo se ha construido en parte del cono, propone reforzarlo con muros perimetrales. Se podría tener una zona de expansión y reubicación por áreas afectadas por cambios por el trazo de la nueva vía.

Por referencia de los pobladores año tras año construían un puente de acceso para la Zona II con palos y troncos y siempre el río lo destruía; los pobladores reclamaban a las autoridades su puente peatonal tal es así que se modifica el cauce del río efectuando un relleno en más de 500 m. el cual es verificado por el Ing. Alberto Martínez V. en Octubre de 1992 quien da su opinión oportuna de que esta modificación no está integrada al futuro cauce ni tiene relación con el cauce natural por lo que se espera "efectos de inundación" pues en esta zona existe un ancho máximo de inundación de 350 m. entre las terrazas T2. A pesar de esta observación siguen con la construcción del puente terminándolo en Dic. 92 e inaugurándolo el 10/01/93 con el nombre de "Javier Perez de Cuéllar".

Efectivamente el 07/01/93 se detecta en la zona del Camal (costado del Pte. mencionado margen izquierda) problemas de inundación leve siendo afectadas 2 familias; teniendo en cuenta que en este año se ha registrado la máxima avenida de 80 m<sup>3</sup>/seg. de haber sido mayor las

consecuencias serían más graves. Defensa Civil continúa con el relleno en esa zona y a fines de Marzo 93 se verifica que siguen acumulando desmonte, estas acciones han hecho que el río cambie su cauce al lado derecho generando socavación cerca del estribo pegado a la margen derecha del río, esto es motivo de inestabilidad para la conservación del puente.

En la parte inferior del AA.HH. Huampaní (Zona I) se encuentra el Centro Vacacional Huampaní cuyos terrenos se emplazan en la parte baja la cual es zona de inundación, protegidos con enrocado; de acuerdo a los planos topográficos que se indican en el Capítulo 12 se tiene un ancho máximo de inundación de 335 m. entre T2 a la altura del Pte. Huampaní que se encuentra dentro del lecho inundable.

En Febrero 93 se detectó otro punto crítico localizado al costado del puente (margen izquierda del río); en esta zona el agua erosionó la ribera e inundó, además entre los estribos del puente se detectó socavación por la limpieza del cauce sin control técnico de Hidráulica Fluvial, lo que motivó trabajo de defensa de enrocado.

Frente al centro vacacional el río tiende a erosionar la línea del Ferrocarril que se encuentra sobre depósitos aluvionales (terrazza T2), en Feb. 93 hubo erosión y socavación de material causado por el río lo que produjo

enrocado por ENAFER en esa zona, en el último sismo del 18/04/93 en las laderas del torrente sector II margen izquierda se produjo caídas de bloques de roca, una de ellas aplasto a una señora dentro de una vivienda de esteras.

En Chaclacayo el 55% de su población vive en Pueblos Jóvenes: Asoc. Villa Rosario, Santa Inés Bajo, Perla del Sol, Milagritos, La Tapada, etc, muchos de ellos se encuentran en la margen izquierda con alto riesgo de inundación. Haciendo una inspección en Marzo 93 encontramos puntos críticos en la Asoc. Villa Rosario como la socavación de la cimentación de su local comunal.

En Santa Inés Bajo erosión de la cimentación de una vivienda, en esa zona encontramos al tractor de Defensa Civil haciendo trabajos de enrocado y limpieza de cauce, defensas deterioradas y mal hechas técnicamente; frente a Santa Inés terrenos privados con defensas de gaviones han ganado terreno y hacen que el río se pegue a la izquierda provocando daños continuos.

Como un ejemplo modelo de estudio tenemos el PP.JJ. Perla del Sol que se encuentra ubicado en la ribera izquierda dentro de la zona inundable del río Rímac, una parte del ancho de su cauce se ha ido reduciendo hasta 16 m. ocasionando problemas graves como son: el estrangulamiento del cauce, erosión lateral de la ribera y socavación e

inestabilidad de las defensas; este problema involucra a los Asentamientos Humanos de su entorno. El Ing. Martínez (1984) da su diagnóstico del pueblo considerándolo como de altísima amenaza por desastres por inundación y no encuentra justificación para seguir efectuando inversiones que no sean previamente planificadas, que deberán estar dentro de un trazo de encauzamiento definido en prevención contra desastres naturales por inundación.

A lo largo de la ribera se detecta zona de alta contaminación pues en el camal eliminan la sangre y los excrementos de los animales al río, fábrica de envases de detergentes usados que son lavados y sus residuos entregados al río, también se encontró innumerables desagües clandestinos de las casas desembocando directamente al río contaminándolo ya que la mayoría de estos PP.JJ. ribereños carecen de red de desagüe.

Según INGEMMET se pueden presentar huaycos excepcionales en la quebrada de los Cóndores por incentivación sísmica que en opinión de Alberto Martínez V. no tiene ningún sustento ya que no hay la fuente de agua existente para el supuesto embalse, es más no existen antecedentes que los efectos sísmicos hayan producido aluviones menos huaycos debido a la capacidad de disipación de la onda sísmica en el batolito costanero, esto hace que el peligro sísmico no sea una amenaza de primer orden.

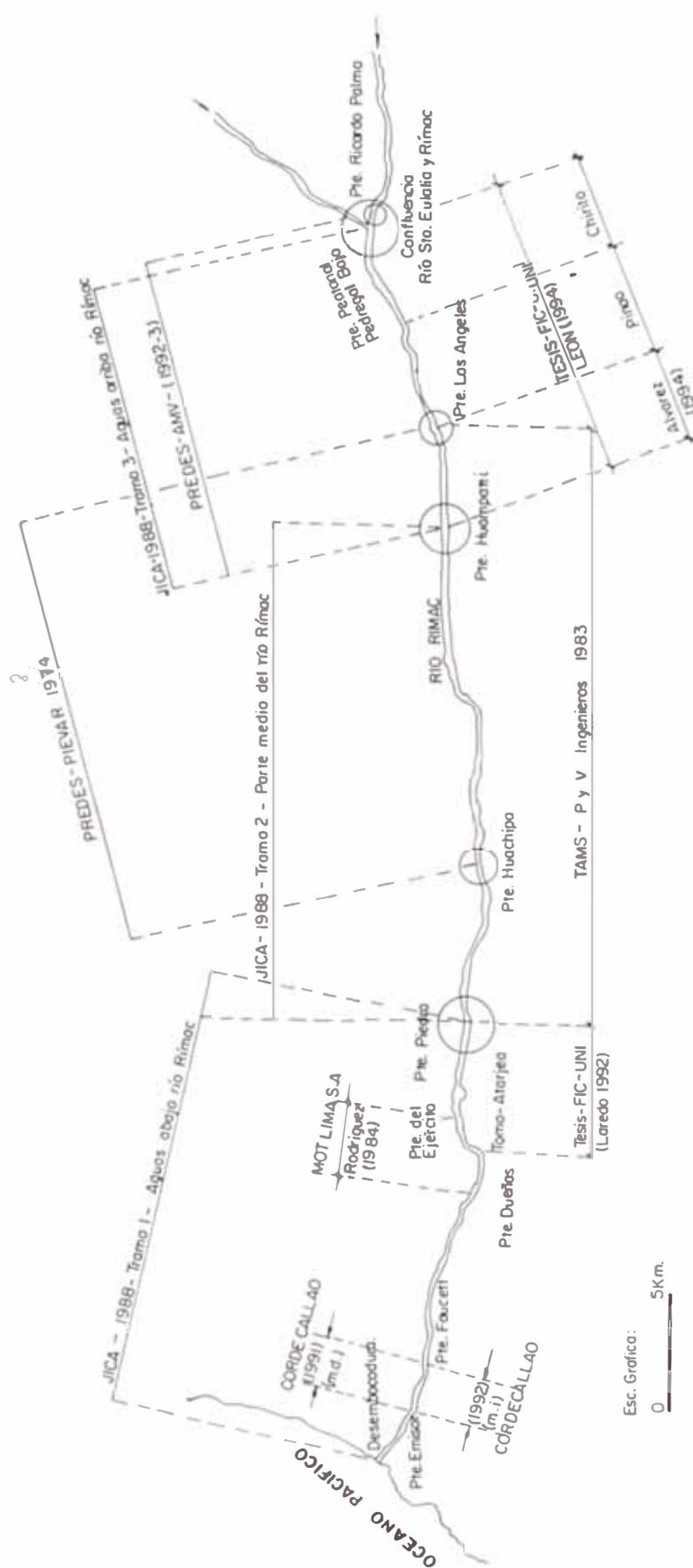
Estos acontecimientos ocurridos en el tramo en estudio es una muestra de la problemática de los AA.HH. ribereños a lo largo de la cuenca del río Rímac, lo cual ha motivado realizar estudios y proyectos de encauzamiento del río Rímac a través de la historia (Ver Cuadro 2.1), podemos citar:

CUADRO 2.1

AÑO	AUTOR	PROYECTO	OBSERVACION
1956	Ing. Espan-toso	Encauzamiento del río Rímac, Pte Balta hasta Chosica	Propone a=60 m., Hs=0.9m con defensas ribereñas de enrocado, muy general no considera problemas locales de Chaclacayo
1982	TAMS, PyV Ing	Proyecto entre Atarjea-Pte. Ricardo Palma	Objetivo vial y defensa de la margen derecha por enrocado a=100 m muy general en el tramo; falta actualizar.
1985	PIEVAR-PREDES Ing. Juvenal Medina.	Proyecto de Encauzamiento Pte. Los Angeles Pte. Huachipa.	Propone alternativas de encauzamiento con muros de concreto ciclópeo, problemas en su conservación pues requiere continua vigilancia.
1987	CUPR-PREDES Ing. Menocal A.	Informe Local	Evaluación de Obras de defensa, se toma en cuenta Perla del Sol; objetivo reducir riesgo ante desastre natural diseño de muros l=20m. a=4m. hc=2m.

CUADRO 2.1

AÑO	AUTOR	PROYECTO	OBSERVACION
1988	J.I.C.A.	Plan Maestro de Prevención de Desastres.	Estudio regional de alto nivel con técnicas modernas evaluado bajo criterios de Desastres Naturales, es necesario complementarlo con estudios locales de mayor precisión que reflejen problema reales de A.H., ancho promedio de encauzamiento = 40m.
1988 Mayo	A. Martínez V.	Informe Local	Da lineamientos de encauzamiento, advierte errores y conceptos del uso de obras de emergencia. Solicita estudio Geotécnico ancho prom=35m, ancho mín=20m.
1989	INADUR.	Diagnóstico de Chosica Chaclacayo	Utiliza criterios de Planificación y zonificación para diagnóstico y asistencia técnica para Chosica Chaclacayo.
1992- 1993	A. Martínez V.	Panorama del Peligro en Chaclacayo-Chosica, Muestra-2. Avance del Estudio.	Se presenta el estudio Geotécnico básico del tramo Pte. Huampaní Puente Los Angeles, su Plano Geológico-Geomormológico a escala 1:5000 actualizado, se define un ancho mínimo de 35m., se calcula la velocidad de estrangulación 2m/año y de socavación 15cm/año.



**FIG. I DISTRIBUCION DE LOS ESTUDIOS Y PROYECTOS DE ENCAUZAMIENTO EN EL RIO RIMAC** (Según Martínez, A. - 1994)

**CAPTULO 3 : ANALISIS DE LA DOCUMENTACION  
DISPONIBLE**

### **3.0 ANALISIS DE LA DOCUMENTACION DISPONIBLE:**

Para la elaboración de la presente tesis se ha revisado y analizado una serie de estudios, que dan como solución "el encauzamiento del río Rímac" ante el peligro múltiple de inundación, sedimentación, erosión, etc; entre los principales podemos citar:

#### **3.1 ESTUDIO DE INGENIERIA DE LA AUTOPISTA LIMA - RICARDO PALMA Y ENCAUZAMIENTO PARCIAL DEL RIO RIMAC (1982):**

El trazo del proyecto P. y V. se encuentra ubicado sobre las terrazas aluviales del río Rímac, parte de ella sobre la margen derecha por razones económico-sociales, siendo una de las principales las expropiaciones, ya que existen lotizaciones cuyos predios colindan con el río. La ruta escogida no perjudica a los usuarios y es menos costosa.

El estudio nos brinda importante información hidrológica, análisis de hidráulica fluvial, aereofotogramétrico Esc: 1:5000 y secciones transversales 1:500. Como fue realizado en 1981 y puesto en practica la primera parte en 1983, su información falta actualizar.

Los alcances del estudio morfológico son muy generales determinando zonas críticas para efectos de huaycos y deslizamientos entre los 1500 a 3000 m.s.n.m. y la zona inundable bajo los 1500 m.s.n.m.

Para la zona entre Huampaní y Ricardo Palma da su diagnóstico calificándolo como un tramo de cauce confinado, asimismo indica que a partir del puente Los Angeles el río abarca un ancho potencial mucho mayor que varia entre 100 a 300 m., lo que da lugar al cambio periódico del cauce. Esta apreciación es muy general para el tramo puente Huampaní - puente Los Angeles ya que por verificación propia debido al trabajo de levantamiento topográfico de la zona (Junio-93), se comprobó la ampliación del cauce entre el puente Huampaní y Santa Inés Bajo, localizando 3 brazos móviles durante las crecidas y puntos críticos no mencionados en el proyecto; también se comprobó que el cauce comienza a tornarse más sinuoso y confinarse a la entrada del AA.HH. Perla del Sol, esta última característica el río lo adquiere en Chosica.

P. y V. califica a las quebradas tributarias del río Rímac, con alto riesgo de producir huaycos en épocas de avenidas, por la incipiente vegetación, proceso erosivo e inestabilidad del suelo; identificando como las más activas a California, La Ronda y La Cantuta. El estudio en su evaluación considera a las quebradas de la margen izquierda de Chosica y califica a las anteriormente citadas como las más importantes por amenaza de huaycos, en menor grado podemos citar a las quebradas Mariscal Castilla y Santo Domingo y para el tramo puente Huampaní - puente Los Angeles las quebradas Huampaní, Alto Huampaní y San Alberto (margen derecha del río ), lugares por donde

pasará la vía; también falta la actualización de su evaluación considerando la influencia del fenómeno del Niño (1983).

El Proyecto brinda alcances importantes de mencionar como:

1. Plantea la explotación del cauce como cantera para la construcción de la autopista reduciendo costos.
2. Identifica tramos con efectos negativos por la construcción de la vía como los Km. 8 y 9 de la vía Férrea, que es erosionada por el río ya que este efectúa una pronunciada curva.
3. Analiza el comportamiento del perfil hidráulico del río y recomienda sobreprotección localizada en el lecho del río para evitar socavación, determinando para el tramo Puente Huampaní-Puente Los Angeles pendientes que oscilan entre 2% y 3%. En Junio-93 la autora determina pendientes para el mismo tramo entre 1.6% y 2.2%, esta variación demuestra que la geodinámica del río presenta el fenómeno de sedimentación en la zona.
4. En cuanto a Obras de defensa propone escolleras de piedra de cantera para proteger la Vía Férrea, también la construcción de muros de concreto simple sin base de cimentación adecuada para proteger los predios a lo largo del río.
5. Para el criterio de diseño dividieron el proyecto en tres tramos:

### **Tramo 1: Matucana - Ricardo Palma**

Proponen el encauzamiento natural y construcción de muros de protección en zonas bajas susceptibles a inundación.

### **Tramo 2: Ricardo Palma - Atarjea**

Proponen obras de protección a la Autopista y terrenos aledaños; el tramo presenta extensas áreas inundables con AA.HH. e instalaciones que serán necesariamente protegidos. El diseño de sus defensas es con un gasto de 650 m<sup>3</sup>/seg. para un período de retorno de 200 años.

### **Tramo 3: Atarjea - Desembocadura**

Presenta tramos con encañonamiento encauzados, importantes áreas inundables con viviendas y fábricas. Propone un encauzamiento con escolleras construidas por ambas márgenes del río; el caudal de diseño para las defensas de los Puentes es de 870 m<sup>3</sup>/seg para un período de retorno de 500 años, las demás defensas diseña con un gasto de 760 m<sup>3</sup>/seg. para un período de retorno de 200 años.

## **3.2 PROYECTO DE ENCAUZAMIENTO DEL RIO RIMAC SECTOR PUENTE LOS ANGELES - PUENTE HUACHIPA (1985).**

El proyecto PIEVAR da un enfoque diferente para la prevención de desastres, trata a la cuenca de manera integral hace una evaluación general para luego ir a lo particular; para ello se basa en información hidrológica, hidráulica fluvial también considerado por P. y V.. La evaluación de campo está basada en observaciones a lo

largo del tramo; es buena dentro de sus limitaciones, analiza a las defensas determinando factores constructivos e hidrodinámicos que contribuyen al deterioro de estas, considera a Perla del Sol calificando su ubicación en un sector "muy crítico" debido a la estrechez del río, la sección hidráulica no soportara un caudal mayor a 350 m<sup>3</sup>/seg, a pesar de ello no propone su reubicación.

El proyecto propone dos alternativas de encauzamiento en el tramo; toma como parámetros del encauzamiento: transporte, erosión y depósito del material en el lecho del río, considerando a la velocidad como elemento regulador.

#### **1. ALTERNATIVA 1:**

Hace un análisis para elegir la sección óptima del encauzamiento, tomando en cuenta la fuerza erosiva del río y la resistencia del material del lecho; considera el caudal de diseño para un período de retorno de 100 años de 680 m<sup>3</sup>/seg., obtiene un ancho recomendado que varía entre 40 y 60m. y recomienda una sección de ancho 60m y tirante 2.3m. Las estructuras laterales serían diques longitudinales continuos, con material extraídos del río y protegidos con una pesada escollera densa de roca de cerro con talud 1:1.5.

El trazo del encauzamiento requiere de un amplio cauce pero a este lo condicionan la presencia de centros

poblados, obras ingenieriles, etc., divide en tramos que presentan similares características. Para el caso específico de Perla del Sol el ancho del cauce es de 22m lo que implica elevada socavación, por lo que se requiere muros de concreto como estructuras laterales; dado el elevado costo de los muros proponen dos etapas, la primera con un tirante de 3.8m soportara un caudal de 500 m<sup>3</sup>/seg. para 25 años de período de recurrencia; para la segunda etapa elevar la pantalla hasta 4.6m que exige el caudal de diseño, esta es la parte mas estrecha del encauzamiento posteriormente el ancho será mayor según lo permitan las condiciones.

Teniendo en cuenta que el río tiene una enorme capacidad de transporte de fondo en el tramo Chosica dado la estrechez del cauce, estos materiales se depositaran en el lecho del canal proyectado, desviarán el flujo hacia las obras de defensa debilitándolas y si no se limpia destruyéndolas.

## **2. ALTERNATIVA 2:**

Debido a las limitaciones de la alternativa 1, proponen un canal en el cual la sedimentación sea mínima para el caudal más probable; esta propuesta traerá como consecuencia el excesivo control de calidad de las obras de defensa, puesto que el poder erosivo es mucho mayor. La solución de carácter local traerá consecuencias de sedimentación aguas abajo, por lo que se ubica zonas de

sedimentación natural provocando depósitos de materiales; pudiendo ser aprovechadas como "canteras" de piedra; con la debida implementación de chancadoras pueden ser de mejor calidad para la construcción.

Esta alternativa permite al canal estar libre de sedimentos mas frecuentes de diámetros que van desde 120 mm. a 240 mm., siendo inevitable la acumulación de material de mayor dimensión; la limpieza del canal será menos frecuente que en la alternativa anterior.

El control de calidad de obra deberá ser exigente, porque el colapso de uno de sus muros provocaría el deterioro de los demás aguas abajo.

### **3.3 PLAN MAESTRO J.I.C.A. (1988):**

El objetivo del estudio es la formulación de un Plan Maestro para la Prevención de Desastres Naturales; mediante la transferencia tecnológica Japonesa a través de expertos y el envío de personal peruano al Japón para su entrenamiento.

El trabajo se realizó en dos etapas: La primera de investigación de campo y la segunda el análisis detallado de los datos en el Japón y discusión sobre el informe provisional.

J.I.C.A. realiza una evaluación a nivel de diagnóstico de toda la cuenca del Rímac en diferentes campos como: Geológico, Topográfico, Meteorológico, Usos de la tierra, etc. Debido a la extensión de la cuenca el resultado del estudio es general, falta particularizar problemas locales con más detalle.

Consideran que para evitar desastres o aliviar los daños, debemos poner mucho cuidado en la administración general de la división de aguas de la cuenca, lo que nosotros conocemos como la "ley de aguas" que actualmente está en proceso de elaboración.

J.I.C.A. enfoca el problema bajo dos puntos de vista dando medidas para ellas a través de:

1. Un plan estructural y
2. Un plan no estructural

#### **1. PLAN ESTRUCTURAL:**

Formulan un plan estructural para prevenir los daños por flujo de escombros y desastres de falla de pendientes (huaycos y derrumbes), también para el caso de inundaciones.

#### **A. CASO DE HUAYCOS:**

Agrupan quebradas y las clasifican en tres niveles de acuerdo al grado de susceptibilidad de daños y probabilidad de ocurrencia de desastres. Este plan esta

basado en el volumen de descarga del "huayco" estimado para un período de retorno de 100 años, las medidas propuestas son de acuerdo a la clasificación hecha.

**GRUPO A:** Consideran a las quebradas con alto grado de peligro y susceptibilidad ante el desastre por encontrarse muy poblada; proponen controlar el huayco mediante la construcción de represas tipo "Sabo" para regular sedimentos y flujo de escombros con obras de canalización para conducir su desfogue al río, en caso de no encontrarse el área muy poblada plantean la construcción de diques muro.

**GRUPO B:** Consideran a quebradas con grado relativamente bajo de peligro y susceptibilidad de daños, recomiendan las medidas estructurales del grupo A según las características de la quebrada.

**GRUPO C:** Pertenecen aquellas quebradas cuya susceptibilidad a daños y peligro es pequeño; por lo que no consideran necesario medidas estructurales contra desastres.

#### **B. CASO DE DERRUMBES O HUAYCOS EN QUEBRADAS PEQUEÑAS:**

Generalmente este tipo de desastre tiende a causar el bloqueo del tráfico de carreteras o vías férreas; para su control recomiendan:

1. La construcción de puentes como medida para evitar desastre en transporte.
2. Túneles cubiertos para proteger carreteras.
3. Paredes de hormigón para bloquear derrumbes.

Las medidas recomendadas por J.I.C.A. requieren de una fuerte inversión para llevarlas a cabo, dadas las limitaciones actuales se tiene en cuenta la experiencia realizada por PREDES en el control de cárcavas, mediante la construcción de muros de pirca con participación de la población en la quebrada de Quirio reduciendo en alguna medida el riesgo en caso de desastre.

#### **C. CASO DE DESASTRE POR INUNDACION:**

Hacen una evaluación de las riberas determinando áreas propensas a crecidas con diferentes niveles de peligro:

**GRUPO A:** Comprende las áreas consideradas con más alto nivel de peligro, a este grupo pertenece el tramo en estudio; recomiendan la construcción de instalaciones para el control de crecidas como: paredes o diques de concreto mientras el ancho del río permanezca intacto, la canalización del río con ancho de 40m. a 50m. para soportar una avenida de diseño de 660 m<sup>3</sup>/seg. proyectada para un período de retorno de 100 años.

**GRUPO B:** El nivel de peligro no es tan marcado, a este grupo pertenece el tramo comprendido entre el

puente Huampaní y la Atarjea; se caracteriza por la amplitud del cauce produciéndose efectos de sedimentación y formación de meandros, ocasionando la destrucción parcial o total de las defensas encontradas a lo largo del tramo. Recomiendan limpieza del cauce o canalización según sea el caso.

**GRUPO C:** Consideran a las áreas sin peligro a inundaciones por lo que no requieren de estudios.

J.I.C.A. hace una evaluación económica para su propuesta, considera para ello una proyección de costos por daños de desastres en la cuenca sin proyecto y con proyecto, encontrando grandes beneficios como: la reducción del número de muertos, mejora del ambiente social, etc.

Para el caso de inundaciones, concluyen que a pesar de las medidas recomendadas existe todavía una alta probabilidad de desastre, especialmente en zonas donde el cauce es muy estrecho es recomendable encauzar con el ancho de diseño ya que al ensanchar el cauce se reduciría el tirante de descarga disminuyendo por consiguiente el riesgo. Esta alternativa es preferible aunque requiere más tiempo y costo en la reubicación y adquisición de tierras para la gente ribereña afectada.

Se observa que este plan estructural está a nivel preliminar, requiere una investigación y análisis más detallado para resolver problemas particulares de cada zona.

## **2. PLAN NO ESTRUCTURAL:**

J.I.C.A. considera urgente tomar medidas no estructurales; para la prevención de desastres propone:

- A. La regulación del uso de tierras.
- B. El establecimiento de un órgano administrativo para el control de la cuenca del Rímac.
- C. Establecimiento de medidas en caso de desastre como: evacuación, advertencia, suministro de materiales de socorro, etc.
- D. El establecimiento de una agencia que se ocupe del mantenimiento, implementación y operación de estructuras en el río.
- E. Preparación a los ingenieros que se encargarían del diseño de los planes estructurales.

### **3.4 DISEÑO DE CANALIZACION Y PROPUESTA DE MANEJO INTEGRAL DE CHACLACAYO - CHOSICA (1992-1993) - A. MARTINEZ V.- PREDES.**

La propuesta presenta un enfoque geotécnico integral básico para la zonificación de amenaza múltiple del tramo "Puente Huampaní - Puente Ricardo Palma". Está basado en la experiencia de huaycos con estudios en las sub-cuencas de

Pedregal, Corrales, Quirio, Yanacoto, etc.; así como en inundaciones, evaluando las obras de defensa en emergencia frente a la falta de criterio como regulador de una planificación.

Los aportes de este trabajo se pueden sintetizar en:

1. Proporciona los planos Geológico, Geomorfológico, Potencial de Peligro a escala 1:5000.
2. Hace una evaluación de los trabajos de investigación anteriormente hechos analizando y rescatando los aportes de éstos para elaborar la propuesta.
3. Se hace una evaluación de la zona y estima los caudales para 10, 100 y 1000 años de período de recurrencia, considera el aporte de las torrenteras aumentando su caudal aluvional al diseño.
4. Para el tramo Pte Huampaní - Pte los Angeles:
  - . Define los anchos de inundaciones máximo, promedio y mínimo basado en el Plano 1:5000 y datos geotécnicos, donde se toma como referencia las terrazas. Para una crisis climática con período de recurrencia de 1000 años la terraza T2, para un período de recurrencia de 100 años la terraza T1 cuya altura varia de 1 a 2m. La terraza To con respecto a la T1 varia de 1 a 3m. debido a la limpieza del cauce hecha sin dirección técnica, esta acción destruye el lecho provocando fenómenos de erosión haciendo la zona mas vulnerable a la amenaza de inundación.

- . En Perla del Sol considerada como AA.HH. modelo que refleja la realidad de la mayoría de AA.HH. ribereños de Chosica; calcula para los últimos treinta años velocidad de estrangulamiento= 2m/año, velocidad de socavación= 8 cm/año; para el intervalo 1988-1991 una velocidad de socavación de 15 cm/año.
5. Para el tramo en estudio recomienda:
- . Un ancho mínimo de encauzamiento de 30m y recomendable de 35m.
  - . La altura de los muros y/o profundidad de encauzamiento no sea mayor de 3.5m, evitando cualquier sobre excavación del lecho para no destruir la coraza.
  - . Controlar y regular el cauce con la construcción de muros vertederos sumergidos perpendicular al encauzamiento; buscando una pendiente adecuada que no permita socavación.
  - . Para la ribera izquierda enrocado y la construcción de un terraplén con material de excavación.



## **CAPITULO 4 : DIAGNOSTICO SITUACIONAL**

## 4.0 DIAGNOSTICO SITUACIONAL

### 4.1 UBICACION GEOGRAFICA:

La franja en estudio se encuentra situada en las riberas del río Rímac; distrito de Chaclacayo, provincia de Lima se encuentra limitada por:

El este - Puente los Angeles

El oeste - Puente Huampaní

El norte - Terrazas T2

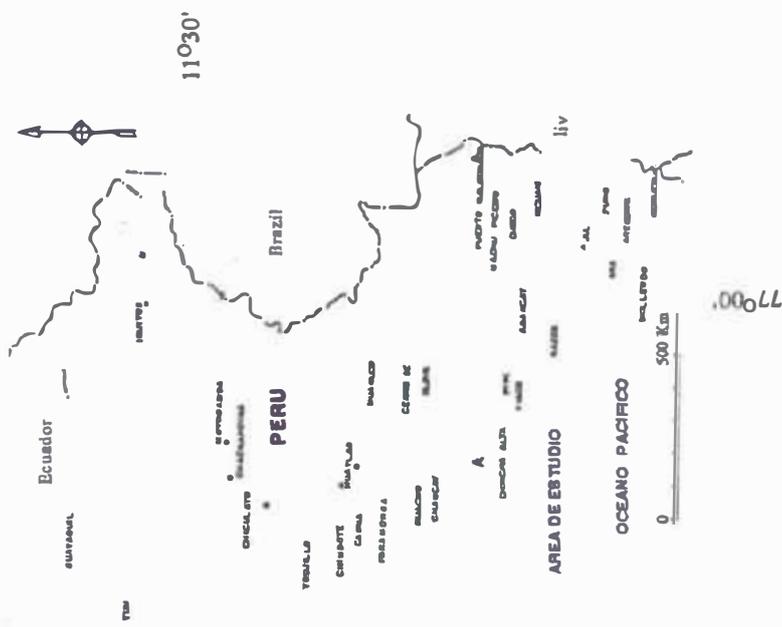
El sur - Ferrocarril Central

### 4.2 PUENTES:

A lo largo del área se encuentran ubicados tres puentes descritos a continuación:

#### **PUENTE HUAMPANI:**

Es un puente perpendicular al cauce de acceso al AA.HH. Alto Huampaní Zona I y al Centro Vacacional Huampaní Km 25 de la Carretera Central, tipo vehicular con una vía de 70 m. de longitud, ancho de 4.5 m. con rodadura de 3.5 m. y dos veredas laterales de 0.5 m. cada una. La superestructura es de fierro reticulado, tablero de concreto con superficie de asfalto y un apoyo intermedio de concreto (pilar circular); se encuentra en buenas condiciones con leve erosión en el pilar central, es el más antiguo de la zona y presenta una luz vertical que permite pasar un caudal máximo de 150 a 200 m<sup>3</sup>/seg., es muy reducido por lo que frecuentemente se hace limpieza



12°00'

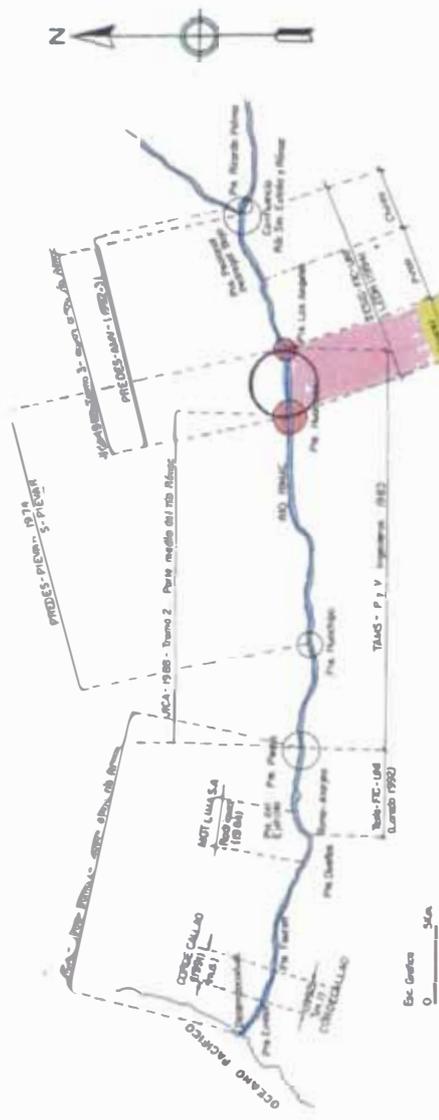


FIG.1 DISTRIBUCION DE LOS ESTUDIOS Y PROYECTOS DE ENCAUZAMIENTO EN EL RIO RIMAC (Según Marbán, A.-1994)

FIG. Nº 4.0  
MAPA DE UBICACION DEL ESTUDIO

del cauce para evitar que sea afectado y se interrumpa el tráfico.

**PUENTE PEATONAL JAVIER PEREZ DE CUELLAR:**

Se encuentra perpendicular al cauce, ubicado a la altura del Camal Municipal de Chaclacayo Km 26 de la Carretera Central, tipo peatonal, longitud 90 m, ancho 2 m, su construcción es de fierro reticulado con tablero de concreto, tiene tres apoyos de concreto dos laterales y uno central; es un puente de acceso al Asentamiento Humano Alto Huampaní Zona II puesto en uso en 1993.

**PUENTE LOS ANGELES:**

Se encuentra inclinado a  $50^\circ$  medido con respecto al eje del río aguas arriba, está ubicado a la altura del Km 28 de la Carretera Central, tipo vehicular, aporticado con tres crujías y vigas acarteladas, longitud 80 m., ancho de 11.2 m. con rodadura de 10 m. y 1.2 m. de veredas, lleva barandas de tubos metálicos en algunos tramos deteriorados; en líneas generales la superestructura se encuentra en buen estado. A través de este puente la Carretera Central se pasa de la margen izquierda a la margen derecha del río Rímac, en dirección a Chosica, presenta efectos de socavación en la base por erosión regresiva de las limpiezas indiscriminadas del cauce y estrangulación en el AA.HH. Perla del Sol.

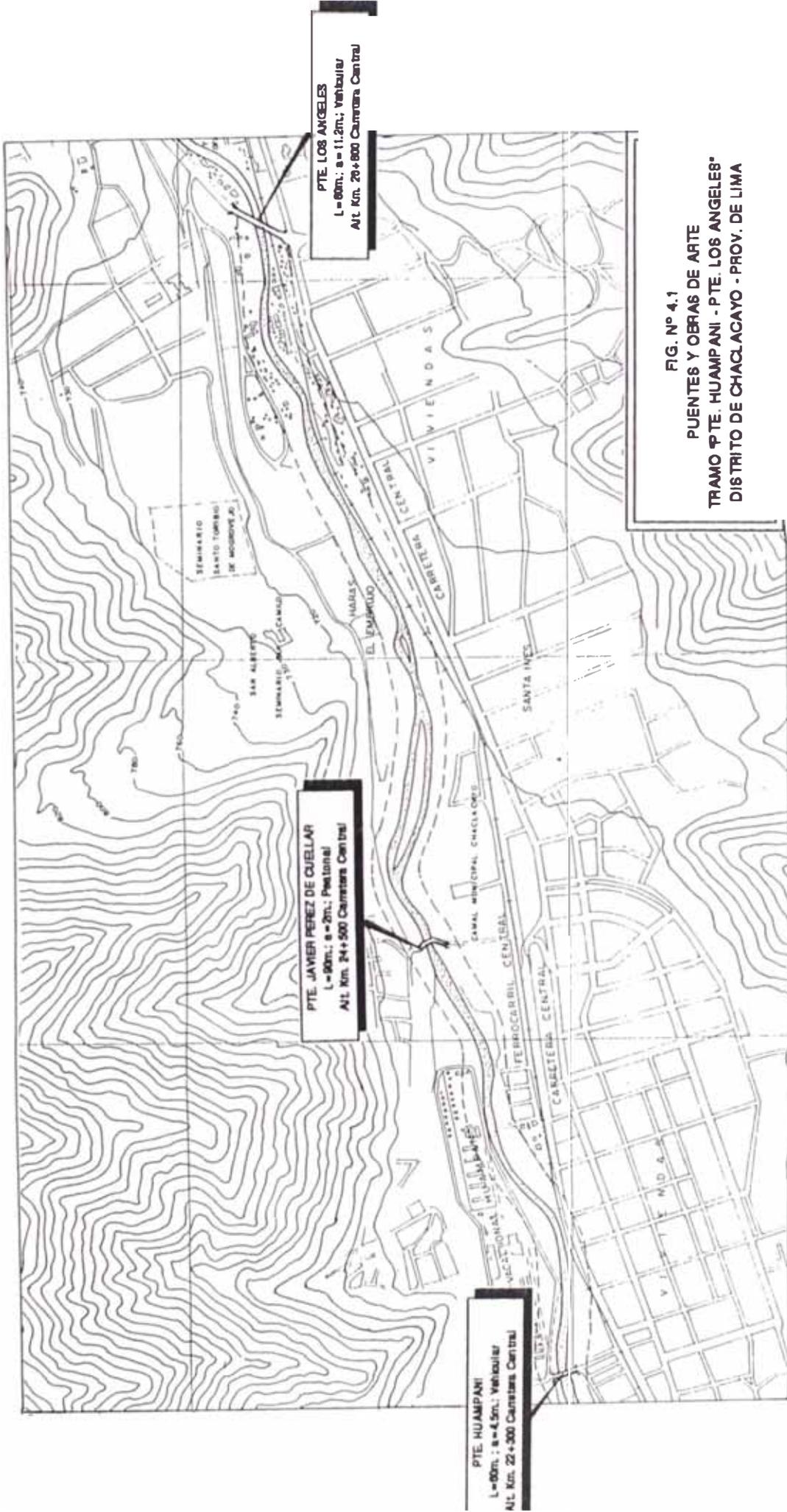


FIG. Nº 4.1  
 PUENTES Y OBRAS DE ARTE  
 TRAMO PTE. HUAMPANI - PTE. LOS ANGELES -  
 DISTRITO DE CHACLACAYO - PROV. DE LIMA

### **4.3 ASPECTO HABITACIONAL:**

La población de estos AA.HH. son vulnerables principalmente a la amenaza de inundación, siendo ésta más latente en los meses de Diciembre - Abril. La falta de recursos de estos pobladores debido a su condición económico social, los obliga a vivir en lugares que no les ofrece condiciones de seguridad ni los servicios mínimos haciéndoles vulnerables al peligro.

#### **4.3.1 PUEBLOS JOVENES Y AA.HH.:**

A lo largo de la ribera encontramos AA.HH. con diferentes características dependiendo del nivel socio-económico de sus pobladores y de la antigüedad que tienen asentadas sus viviendas. Existen lotes cuyo uso es netamente para viviendas, lotes de uso vivienda y agrícola, chacras con viviendas rústicas, casas de adobe, de ladrillo, de esteras y hasta de palos con lona. Los AA.HH. asentados en las márgenes ribereñas del tramo en estudio son los siguientes: (Ver fig. 4.2)

#### **MARGEN IZQUIERDA:**

- . Las Terrazas.
- . Villa Rosario
- . Monte Santa Inés.
- . Santa Inés.
- . Perla del Sol.

#### **MARGEN DERECHA:**

- . Las Vegas.



#### **4.3.2 USO DE LAS TIERRAS:**

La distribución del uso actual de las tierras en la zona, no obedecen a ninguna planificación; los AA.HH. ribereños se encuentran con permanente peligro a inundación, siendo de mayor grado el AA.HH. "Perla del Sol"; dada su situación es recomendable su reubicación, para lo cual existen áreas con menos riesgo que actualmente tienen uso recreacional, caballerizas y cultivo. Se da a continuación la distribución aproximada de las áreas encontradas en la zona:

#### **DISTRIBUCION DE AREAS EN LA MARGEN IZQUIERDA:**

En la margen izquierda del río se encuentran asentadas la mayoría de los AA.HH. existentes en la zona, uno de los motivos más importantes de la ocurrencia de este fenómeno es la proximidad de esta margen a vías de transportes importantes como es la carretera central y al área urbana de Chaclacayo en donde generalmente se encuentra la mayoría de los centros de trabajo de los pobladores ribereños. Referente a la lotización Zarumilla con datos del Municipio de Chaclacayo son lotes ubicados a la entrada del C.V. Huampaní frente al mercado de Chaclacayo vendido en el anterior gobierno Municipal, su uso será netamente comercial, es otra muestra de la distribución del área sin tomar en cuenta prevención de desastres.

Seguidamente se dará el metraje aproximado de las áreas de los AA.HH. de esta margen encontrados según el levantamiento topográfico realizado. (Ver cuadro 4.1)

CUADRO 4.1

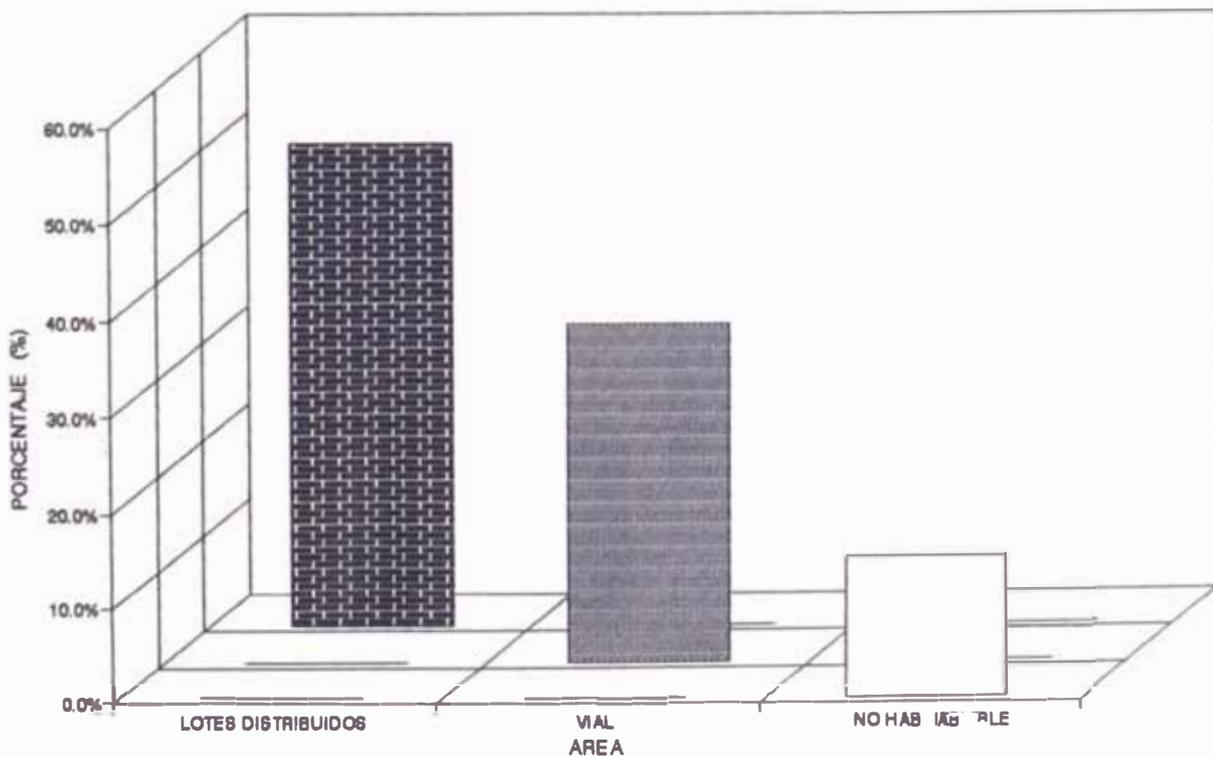
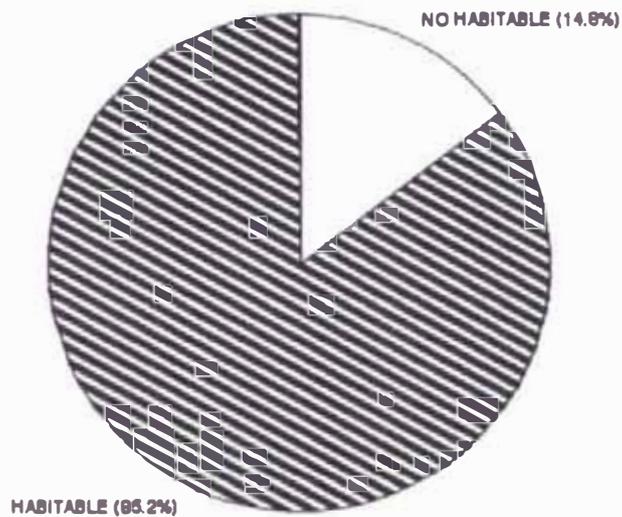
MARGEN IZQUIERDA:	A R E A (m2.)			
	LOTES	VIAL	CULTIVO	NO HABIT
. Lotización Zarumilla terrenos s/c, frente mcdo	13,000	720	----	1,050
. AA.HH. Las Terrazas.	1,700	340	1,500	8,000
. Asoc. Villa el Rosario.	9,478	6,674	-----	2,801
. Zona del Camal	5,000	20,000	55,000	18,000
. AA.HH. Monte Santa Inés	12,000	4,500	24,000	11,500
. AA.HH. Santa Inés Bajo	3,734	1,308	-----	2,162
. AA.HH. Perla del Sol.	8,682	3,600	-----	1,400
<b>T O T A L = 216,149 m2</b>	<b>53,594</b>	<b>37,142</b>	<b>80,500</b>	<b>44,913</b>
<b>P O R C E N T A J E</b>	<b>24.80%</b>	<b>17.20%</b>	<b>37.20%</b>	<b>20.80%</b>

Según la evaluación resultante del uso de los suelos en la margen izquierda del río, podemos observar que un 42% del area es habitable su uso es viviendas y vial, 21% no habitable comprende algunos terrenos recientemente ganados al río como el área de relleno en la zona del camal, también existen áreas formadas por el desvío del río hacia la otra margen por ejemplo en Monte Santa Inés cuyas defensas de gaviones se encuentran sin utilización como testigos de que el curso del río era por allí. Las áreas no habitables la usan como zonas de desmonte (Camal) o como areas en donde han acondicionado canchas deportivas sin infraestructura en cuyos lados laterales se quema la basura.

## VILLA 'EL ROSARIO'

	M2	%
AREA LOTES DISTRIBUIDOS	9,476.28	50.01%
AREA VIAL	6,674.11	35.21%
AREA NO HABITABLE	2,801.08	14.78%
AREA BRUTA HABITABLE	16,152.39	85.22%
AREA BRUTA TOTAL	18,953.47	100.00%

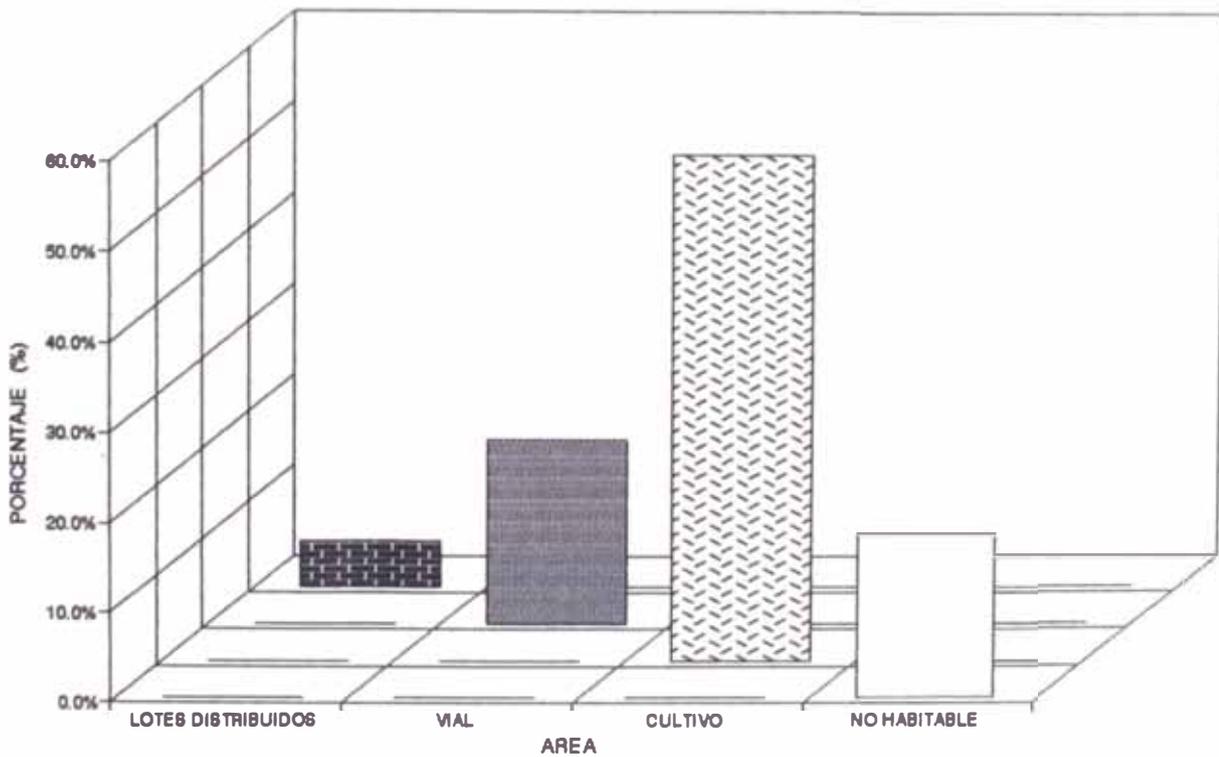
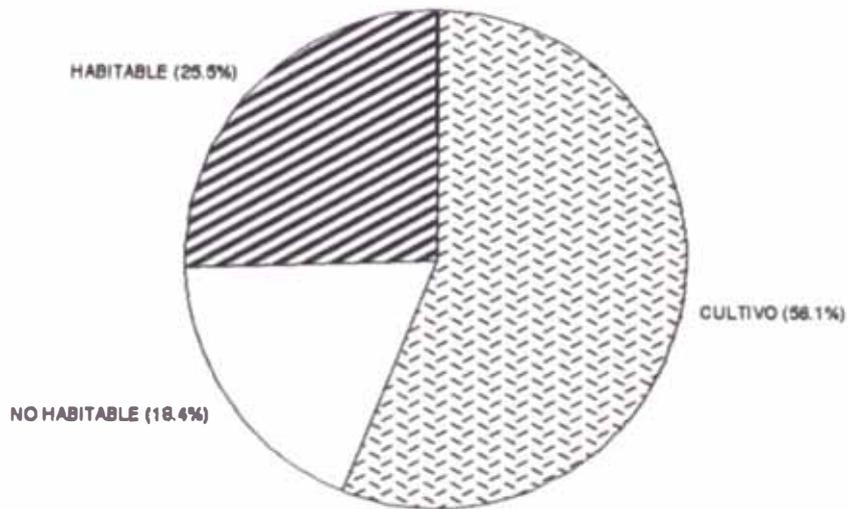
### USO DE SUELOS AREA VS %



## ZONA CAMAL

	M2	%
AREA LOTES DISTRIBUIDOS	5,000.00	5.10%
AREA VIAL	20,000.00	20.41%
AREA DE CULTIVO	55,000.00	56.12%
AREA NO HABITABLE	18,000.00	18.37%
AREA BRUTA HABITABLE	25,000.00	25.51%
AREA BRUTA TOTAL	98,000.00	100.00%

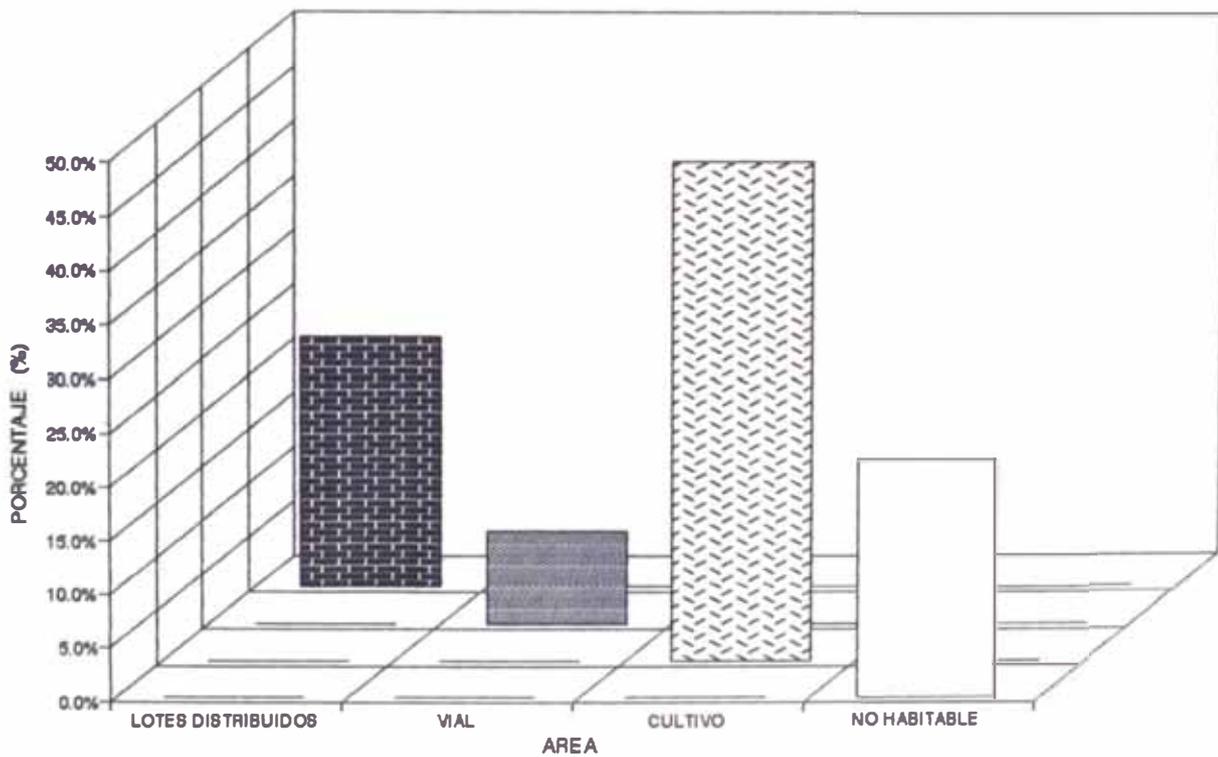
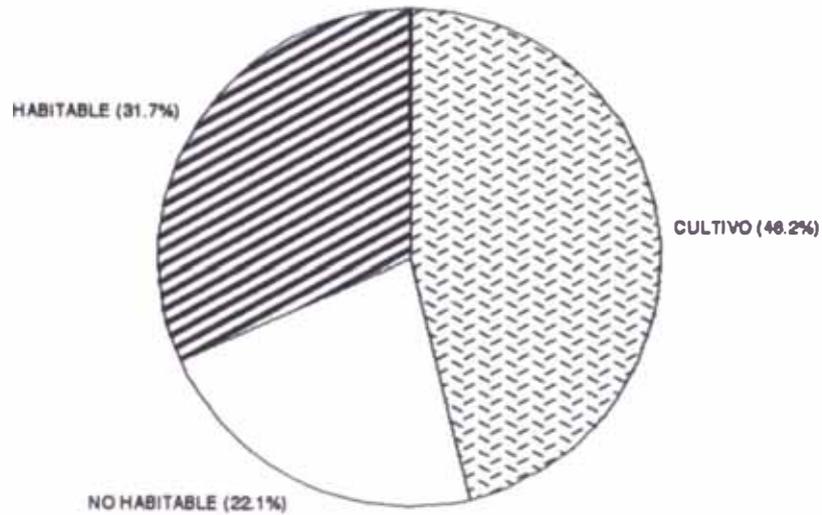
## USO DE SUELOS AREA vs %



## 'MONTE SANTA INES'

	M2	%
AREA LOTES DISTRIBUIDOS	12,000.00	23.08%
AREA VIAL	4,500.00	8.65%
AREA CULTIVO	24,000.00	46.15%
AREA NO HABITABLE	11,500.00	22.12%
AREA BRUTA HABITABLE	16,500.00	31.73%
AREA BRUTA TOTAL	52,000.00	100.00%

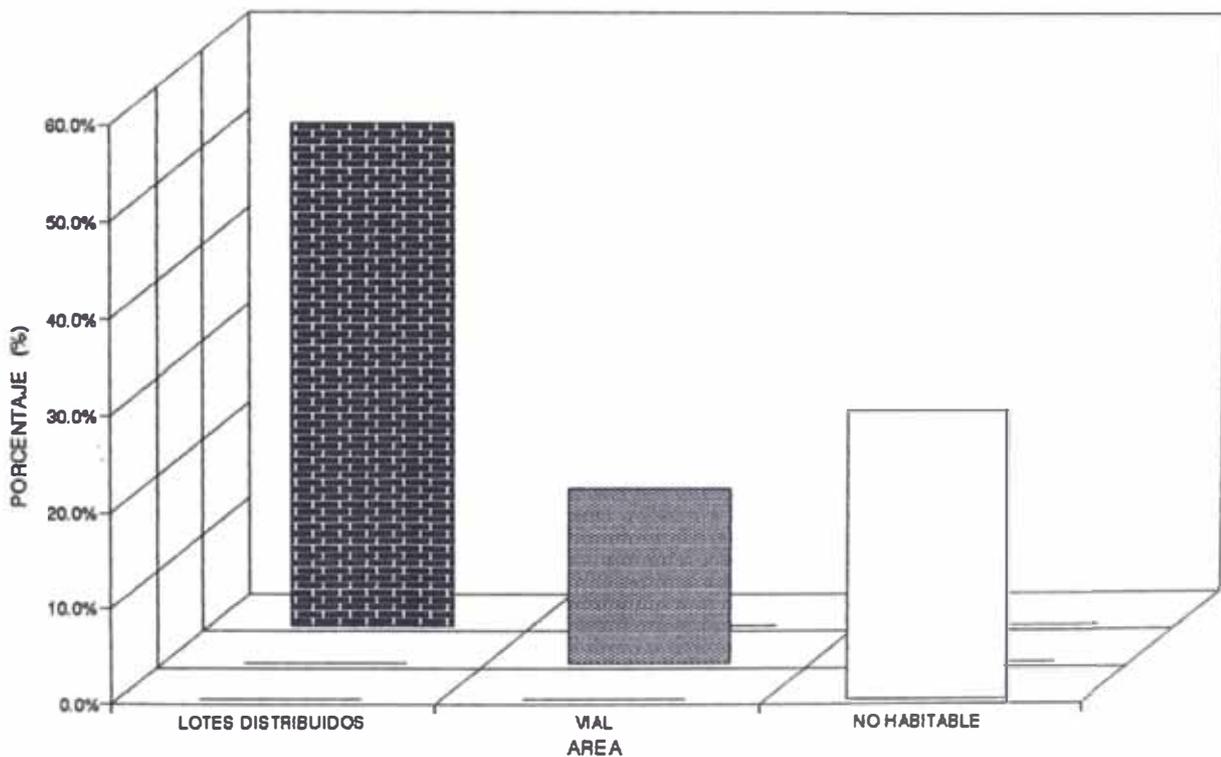
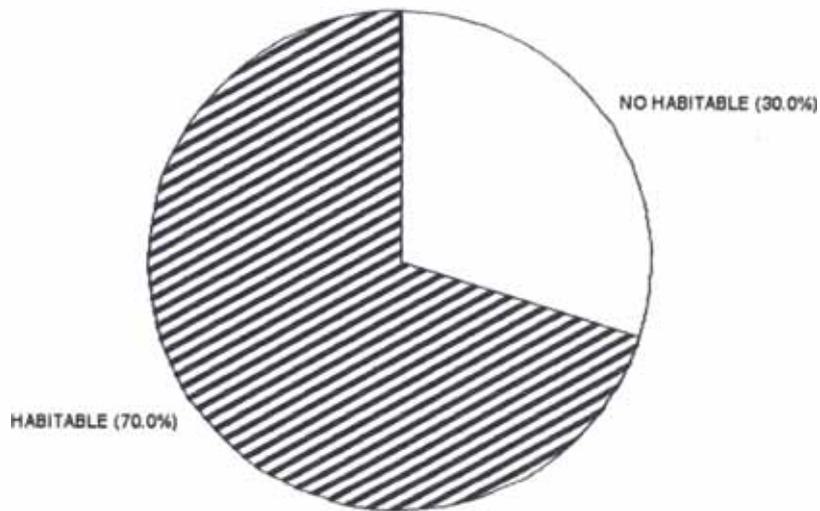
### USO DE SUELOS AREA vs %



## "SANTA INES BAJO"

	M2	%
AREA LOTES DISTRIBUIDOS	3,734.00	51.83%
AREA VIAL	1,308.00	18.16%
AREA NO HABITABLE	2,162.00	30.01%
AREA BRUTA HABITABLE	5,042.00	69.99%
AREA BRUTA TOTAL	7,204.00	100.00%

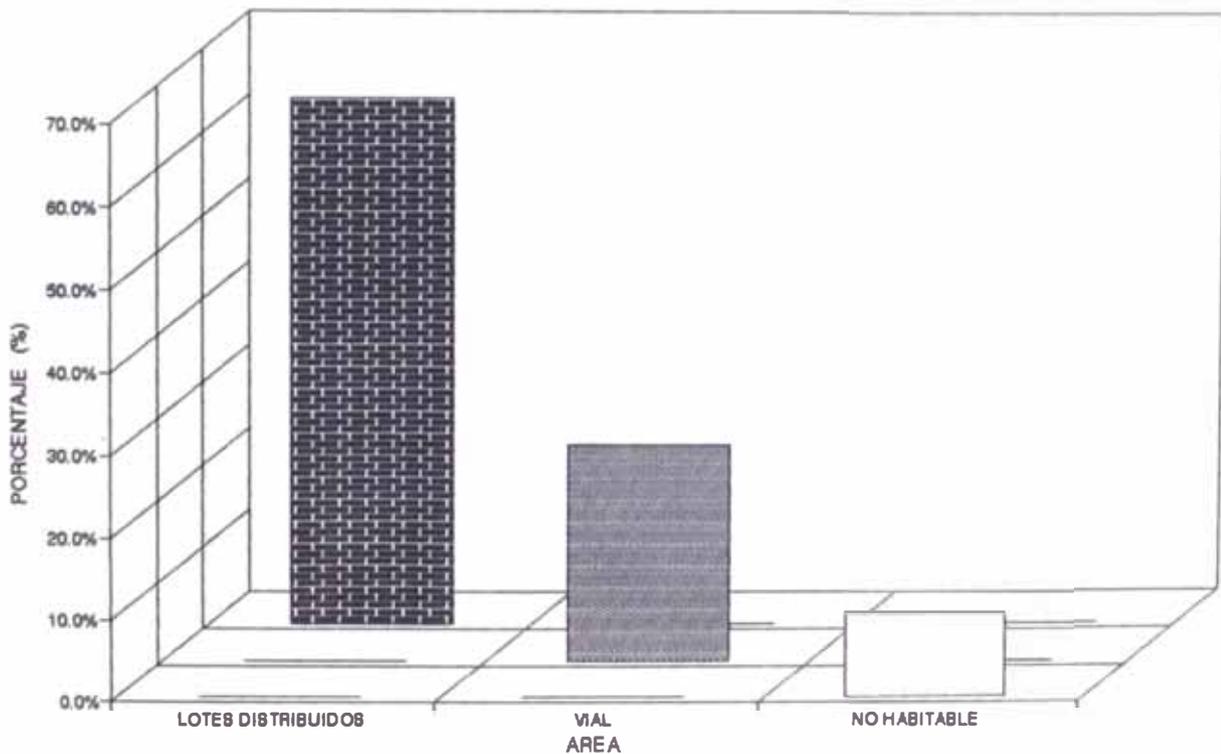
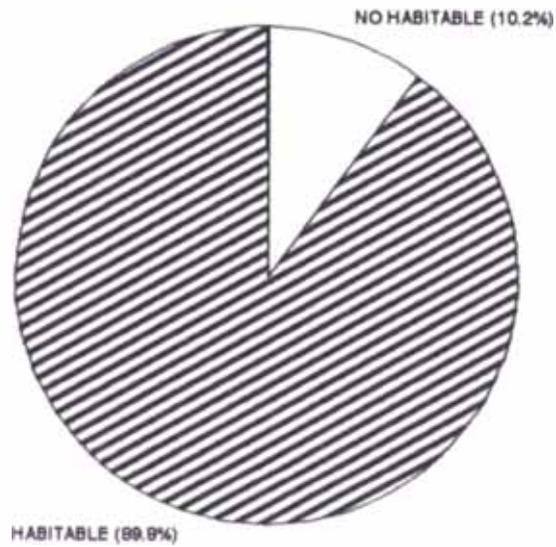
### USO DE SUELOS AREA vs %



## PERLA DEL SOL

	M2	%
AREA LOTES DISTRIBUIDOS	8,682.00	63.46%
AREA VIAL	3,600.00	26.31%
AREA NO HABITABLE	1,400.00	10.23%
AREA BRUTA HABITABLE	12,282.00	89.77%
AREA BRUTA TOTAL	13,682.00	100.00%

## USO DE SUELOS AREA VS %



### DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS EN LA MARGEN DERECHA:

La distribución de las áreas en esta margen es predominantemente recreacional (C.V. Huampaní) y de uso privado como caballeriza (Haras "El Embrujo") estas significan el 84% del total de las áreas.

En esta margen solo existe una lotización "Las Vegas" cuyas propiedades tienen uso vivienda - granjas o cultivos, se caracteriza porque en este lugar existen varios restaurantes campestres que tienen sus propias granjas de crianza de conejos, cuyes, gallinas, etc.

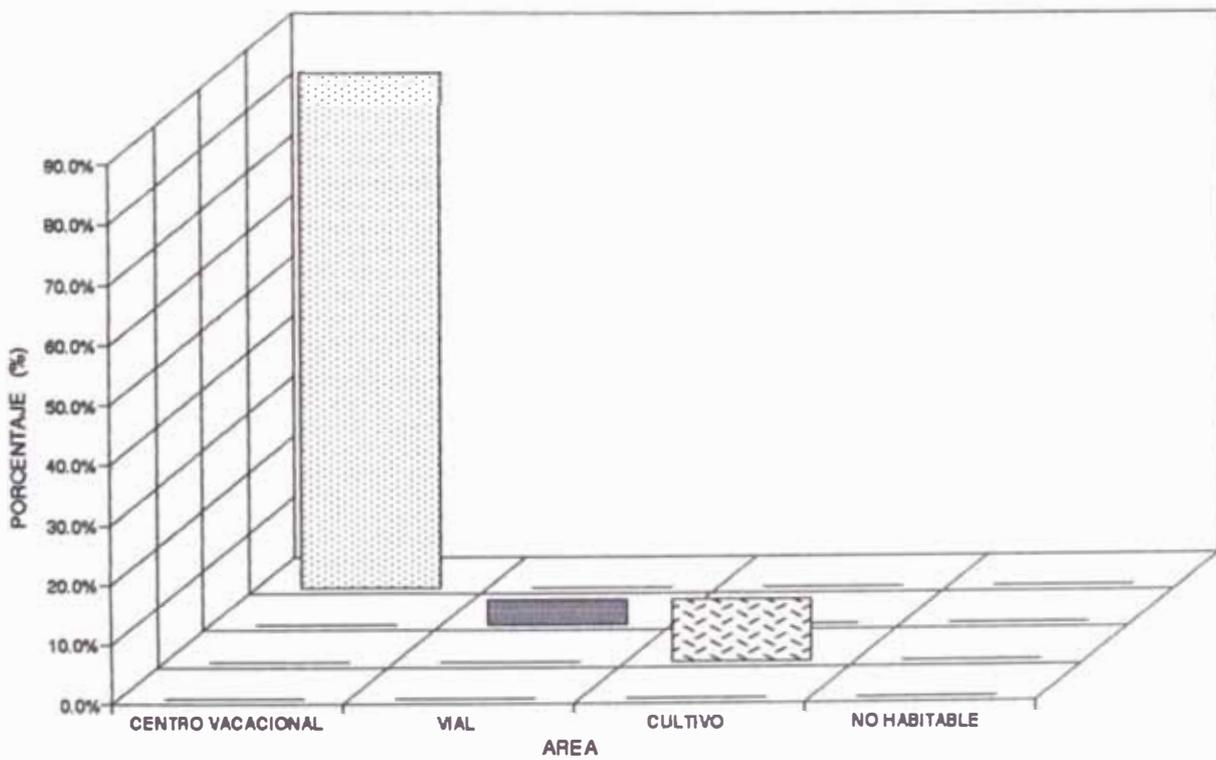
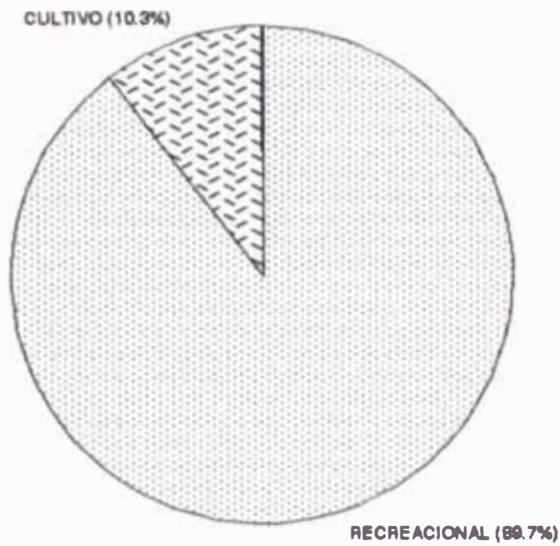
**CUADRO 4.2**

MARGEN DERECHA :	Á R E A (m <sup>2</sup> .)			
	LOTES	VIAL	CULTIVO RECREAC	NO HABIT
. Centro Recreacional " HUAMPANI "	----	4,600	95,400	1,050
. Zona de cultivo	----	-----	11,500	----
. Haras " El Embrujo "	----	3,720	103,500	----
. Lotización Las Vegas	27,125	6,888	50,375	6,350
<b>T O T A L = 310,508 m<sup>2</sup></b>	27,125	15,208	260,775	7,400
<b>P O R C E N T A J E</b>	8.80%	4.90%	84.00%	2.30%

## 'CENTRO VACACIONAL HUAMPANI'

	M2	%
CENTRO VACACIONAL	95,400.00	85.56%
VIAL	4,600.00	4.13%
CULTIVO	11,500.00	10.31%
NO HABITABLE	0.00	0.00%
BRUTA HABITABLE	100,000.00	89.69%
BRUTA TOTAL	111,500.00	100.00%

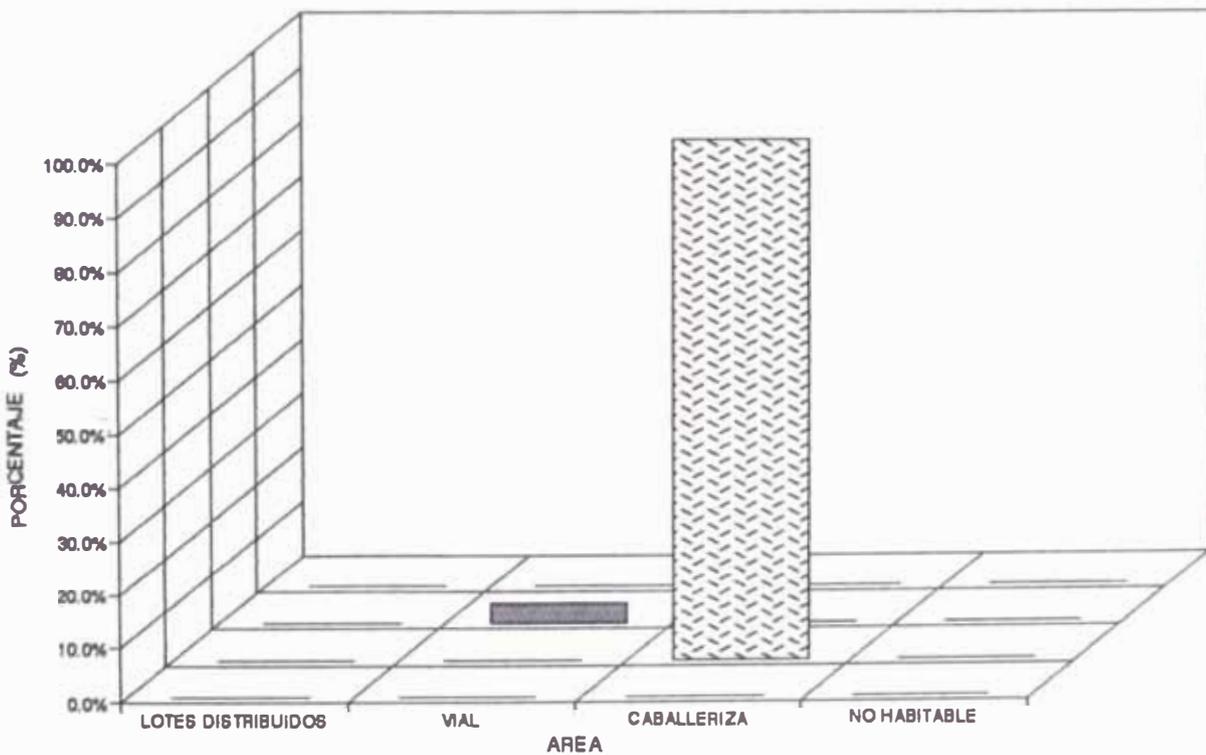
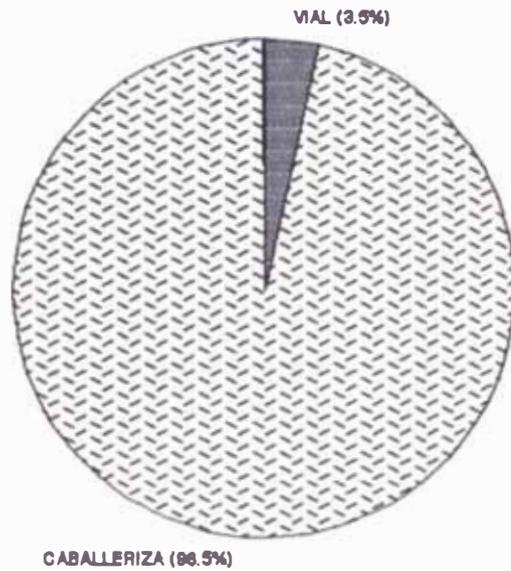
### USO DE SUELOS AREA vs %



## 'HARAS EL EMBRUJO'

	M2	%
AREA LOTES DISTRIBUIDOS	0.00	0.00%
AREA VIAL	3,720.00	3.47%
AREA CABALLERIZA	103,500.00	96.53%
AREA NO HABITABLE	0.00	0.00%
AREA BRUTA HABITABLE	3,720.00	3.47%
AREA BRUTA TOTAL	107,220.00	100.00%

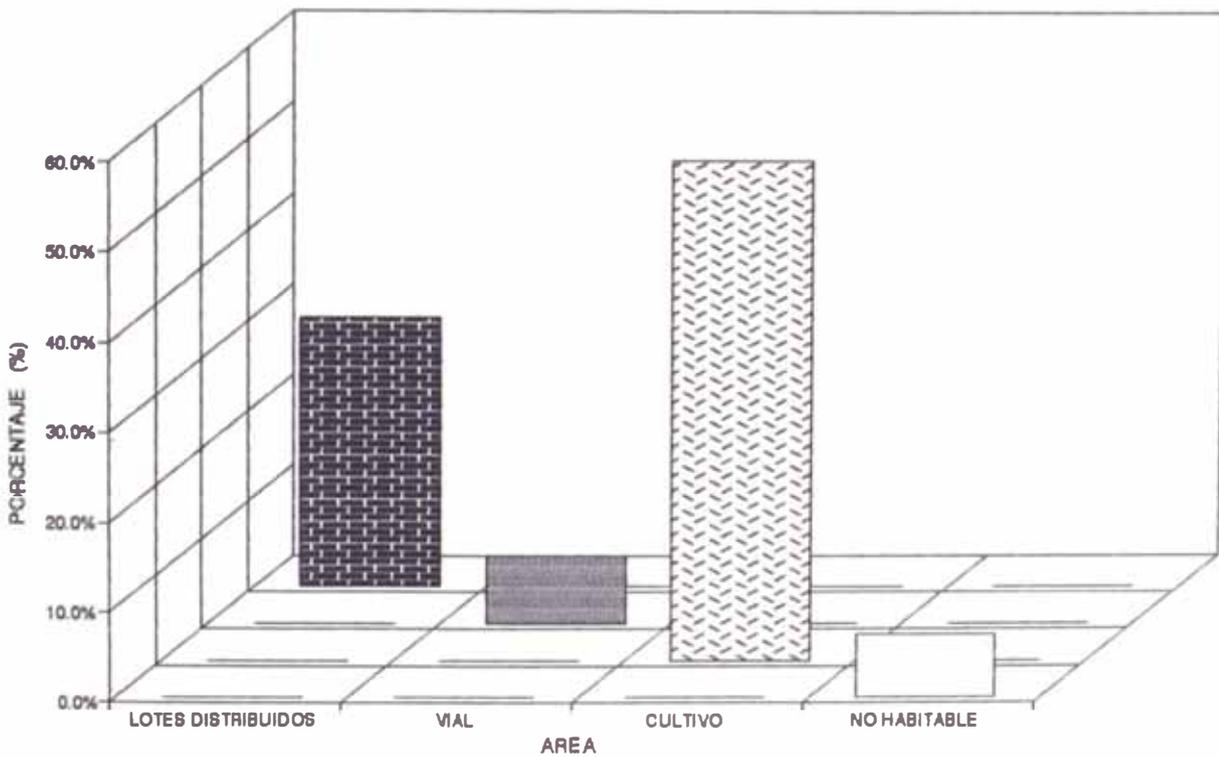
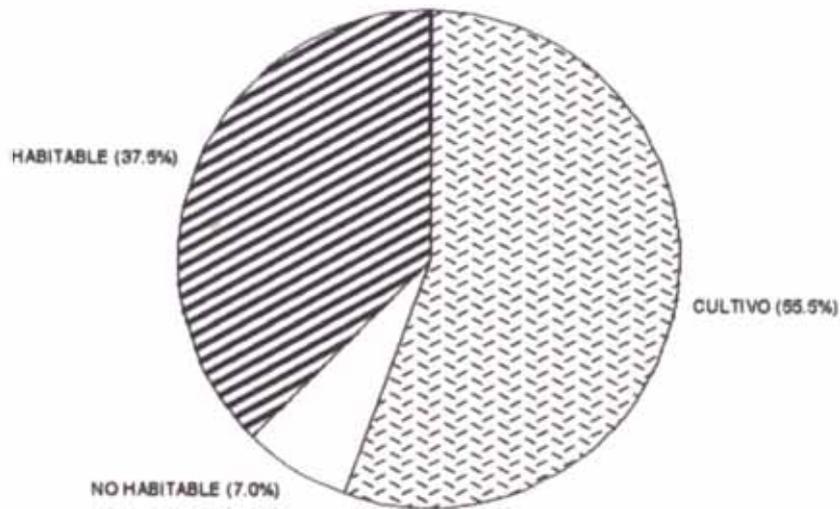
### USO DE SUELOS AREA vs %



## 'LAS VEGAS'

	M2	%
AREA LOTES DISTRIBUIDOS	27,125.00	29.89%
AREA VIAL	6,888.00	7.59%
AREA CULTIVO	50,375.00	55.52%
AREA NO HABITABLE	6,350.00	7.00%
AREA BRUTA HABITABLE	34,013.00	37.48%
AREA BRUTA TOTAL	90,738.00	100.00%

### USO DE SUELOS AREA vs %



#### 4.3.3 ESTADO DE LAS CONSTRUCCIONES (VIVIENDAS)

Se efectuó una evaluación de campo en la cual se encontró a menos de la mitad de los lotes en buen estado, viviendas con problemas constructivos como: falta de columnas y mal uso de los materiales de construcción, la mayoría de las viviendas son levantadas por los propios pobladores y familiares.

La falta de dirección técnica, diseño y construcción dentro de una planificación hace que los poblados hagan mal uso de sus suelos y por consecuencia están más amenazados por inundación permanentemente todos los años.

A continuación se presenta un análisis del estado de las viviendas en los diferentes AA.HH. del tramo en estudio:

##### AA.HH. "LAS TERRAZAS":

CONDICION	LOTES	PORCENTAJE
Buen estado	0	0.00%
Regular estado	1	10.00%
Mal estado	9	90.00%
TOTAL	10	100.00%

**ASOCIACION "VILLA EL ROSARIO":**

<b>CONDICION</b>	<b>LOTES</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Buen estado	50	89.3%
Regular estado	3	5.4%
Mal estado	0	0.0%
En construcción	3	5.3%
<hr/>		
<b>TOTAL</b>	<b>56</b>	<b>100.0%</b>

**AA.HH. "MONTE SANTA INES"**

<b>CONDICION</b>	<b>LOTES</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Buen estado	21	42.0%
Regular estado	25	50.0%
Mal estado	1	2.0%
En construcción	3	6.0%
<hr/>		
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100.0%</b>

**AA.HH. "SANTA INES BAJO"**

<b>CONDICION</b>	<b>LOTES</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Buen estado	17	28.8%
Regular estado	22	37.3%
Mal estado	19	32.2%
En construcción	1	1.7%
<hr/>		
<b>TOTAL</b>	<b>59</b>	<b>100.0%</b>

#### AA.HH. "PERLA DEL SOL"

CONDICION	LOTES	PORCENTAJE
Buen estado	30	48.4%
Regular estado	16	25.8%
Mal estado	13	21.0%
En construcción	3	4.8%
<hr/>		
TOTAL	62	100.0%

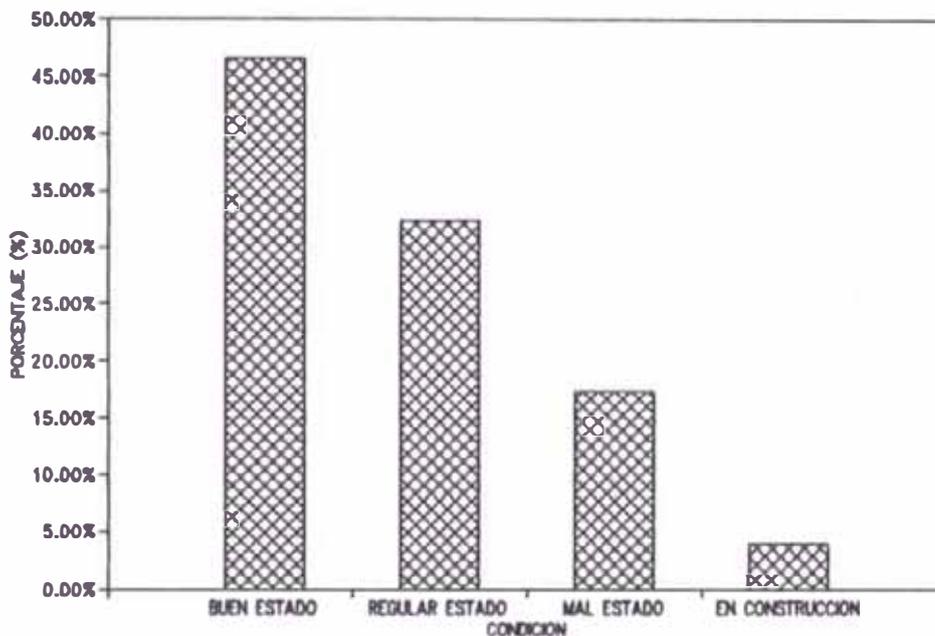
Se detectó construcciones en la zona del camal y alrededores pertenecientes a terrenos de cultivo; aproximadamente 17 viviendas con el 90% en regular estado y un 10% en mal estado.

Haciendo un análisis global de la zona se puede concluir:

#### EVALUACION FINAL DE LAS VIVIENDAS EN LA ZONA

CONDICION	LOTES	PORCENTAJE
Buen estado	118	46.5%
Regular estado	82	32.3%
Mal estado	44	17.3%
En construcción	10	3.9%
<hr/>		
TOTAL	254	100.0%

### ESTADO DE LAS CONSTRUCCIONES EVALUACION GLOBAL



De los resultados obtenidos, luego de la evaluación efectuada en el área, se determina que 46.5% de los lotes se encuentran en buen estado con más del 50% de lotes en regular y mal estado debido a factores económicos y a daños ocasionados por mal dirección técnica en obras de defensa.

#### **4.3.4 TIPO Y COMPORTAMIENTO DE LAS DEFENSAS RIBERENAS USADAS:**

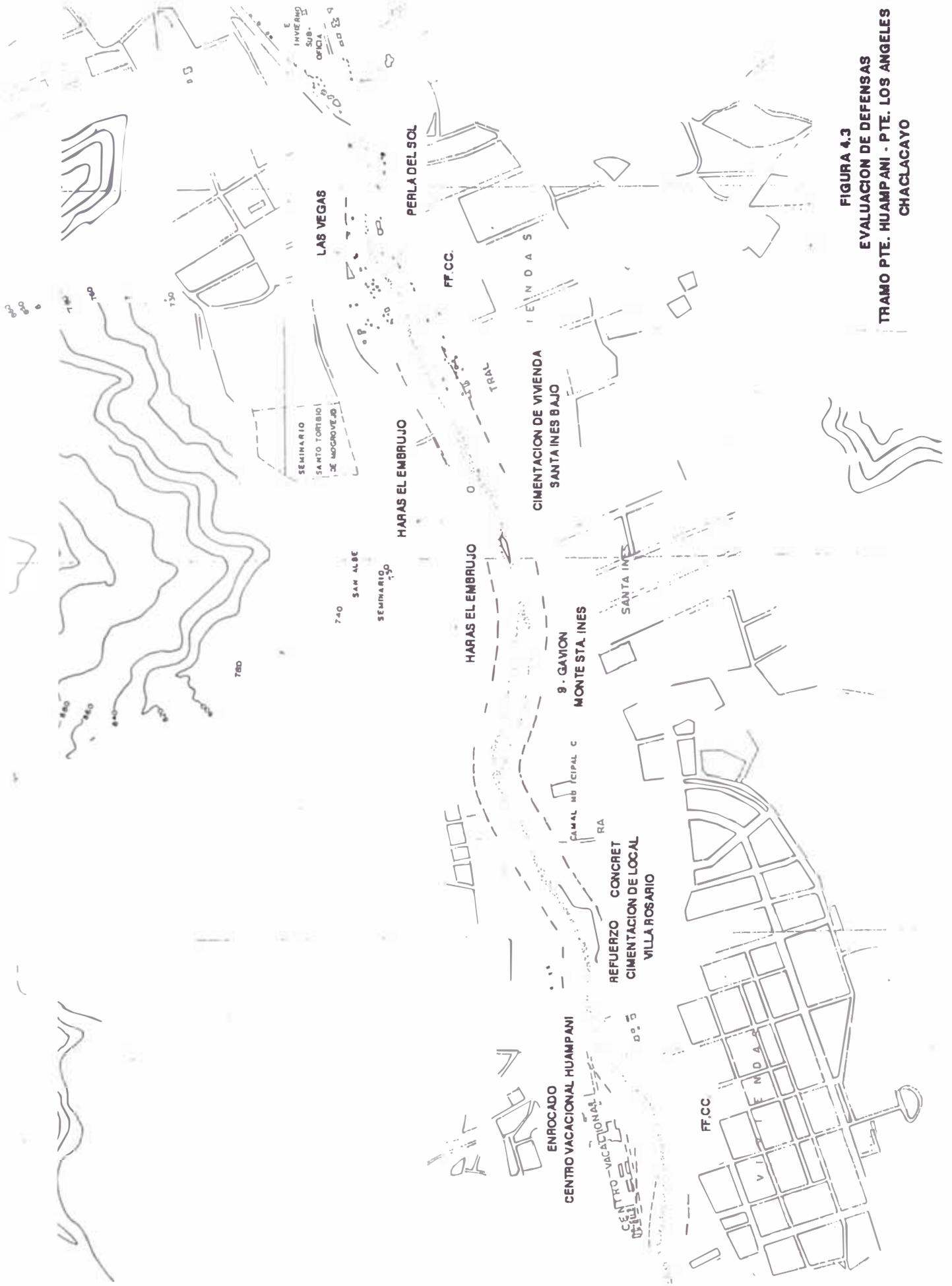
Las obras de defensa en la zona se hallan preferentemente en la ribera izquierda del río, son construidas a iniciativa de los pobladores del lugar con un período de vigencia promedio de tres años. Todas las obras en general sufren diversos grados de deterioro y algunas colapsan ante el caudal de avenida en el período crítico (Diciembre - Abril) de cada año.

Las obras de defensas encontradas a lo largo de la ribera son las siguientes: ( Ver figura 4.3 ).

##### **A. MUROS DE CONCRETO CICLOPEO:**

Las dimensiones de estos muros son variables, en la mayoría de los casos no se ha considerado la capacidad erosiva del río ni el dimensionamiento de la base y pantalla; ya que la falla principal de éstos radica en la socavación de su base, por tener poca profundidad de su cimentación, ésta en algunos casos se "cuelga" motivo por el cual el muro se agrieta y colapsa.

Este tipo de defensa es usado en Perla del Sol desde aproximadamente 120 m. río abajo del puente los Angeles hasta el comedor lote 55; en sus bases se detecta socavación leve, se encontró un muro colapsado en posición perpendicular a la corriente, los pobladores lo usan como defensa a manera de espigón. Después de cada avenida



**FIGURA 4.3**  
**EVALUACION DE DEFENSAS**  
**TRAMO PTE. HUAMPANI - PTE. LOS ANGELES**  
**CHACLACAYO**

refuerzan sus defensas con calzaduras y refuerzos de rieles.

El mismo tipo de defensas se encontró en Santa Inés Bajo y Villa Rosario con algunas viviendas cuya cimentación tenía problemas de socavación lateral que se reforzaron artesanalmente con concreto ciclópeo y acero.

#### **B. GAVIONES O ENMALLADOS METALICOS:**

Se encontró alrededor de veinte gaviones en la margen derecha en regular estado y cinco de ellos en mal estado deformados por socavación, colocados de forma perpendicular al cauce, a lo largo de las Haras "El Embrujo" frente a Santa Inés con acumulación de material del cauce en ambas riberas. Esto hace que el río en esa zona describa una doble curva desviando sus aguas hacia la ribera izquierda produciendo erosión y socavación de cimentación de viviendas en Santa Inés Bajo.

Este tipo de defensa es implementado con relativo éxito ya que gana terreno al río pero al hacerse sin planificación ocasiona serias consecuencias.

En Monte Santa Inés margen izquierda se detectó la presencia de nueve gaviones en regular estado y sin uso por la desviación actual del cauce hacia el brazo derecho; esto ocasiona erosión en la ribera derecha (terrazza T2) con zona crítica cerca al puente "Javier Perez de Cuellar"

### C. ENROCADO:

Este tipo de defensa lo encontramos protegiendo la erosión lateral al Centro Vacacional Huampaní margen derecha y algunos tramos de la línea férrea margen izquierda; según evaluaciones hechas anteriormente han resistido en algunos tramos y han sido arrasados en otros principalmente las más recientes pues el terraplén es un simple acomodamiento de material de limpieza del cauce y el enrocado sólo un recubrimiento puesto por volcadura.

Actualmente Defensa Civil en coordinación con el Municipio de Chaclacayo a procedido a enrocar superficialmente (una capa sobre relleno de grava y basura como desmonte) la margen izquierda del río desde el Puente Huampaní hasta Santa Inés Bajo; encontrando fallas técnicas de éste atribuibles a su construcción, inadecuada pendiente del talud, falta de altura en sectores como el Camal y Santa Inés.

Por encontrarse el enrocado sin acomodamiento por cimentación sólo cubre el material (gravas) proveniente de la limpieza del cauce, está propenso a erosión lateral en época de avenida sean removidos y devueltos al cauce aguas abajo ocasionando socavación con la pérdida de altura del relleno e inundación de las áreas más bajas.

#### D. LIMPIEZA DEL CAUCE:

Se efectúa generalmente sin dirección técnica adecuada sobre hidráulica fluvial en épocas de estiaje o cuando el caudal del río no es muy fuerte desviando las aguas mediante diques de relleno gravoso para facilitar el trabajo del tractor.

El problema de la limpieza radica en que generalmente es de carácter local y transitorio con secciones transversales que no soportan un caudal máximo probable por pérdida de la carga natural que impedía la erosión y sin obras de regulación y control del cauce.

El material de limpieza no se transporta fuera del área de influencia del río, se deja el material removible en las márgenes resultando más fácilmente transportable y erosionable.

La falta de dirección técnica puede ocasionar la destrucción de la coraza protectora del río ocasionando erosión vertical afectando el comportamiento hidrodinámico de éste.

#### 4.4 MATERIALES DE CONSTRUCCION PREDOMINANTES:

El empleo de materiales en la construcción de las viviendas de estos AA.HH. es diversa entre los cuales se encontró para muros: material noble, concreto ciclópeo, adobe, triplay, esteras; para techos: eternit, esteras, torta de barro, aligerado.

De la evaluación efectuada en la margen izquierda concluimos que un 11.5% de las construcciones son de ladrillo sin columnas y un 34% de ladrillos con columnas de concreto armado, 47% de adobe y el resto de materiales no consolidados. El uso del adobe predomina en la zona y se debe a lo barato de su costo; con el paso de los años el material es desplazado por el ladrillo.

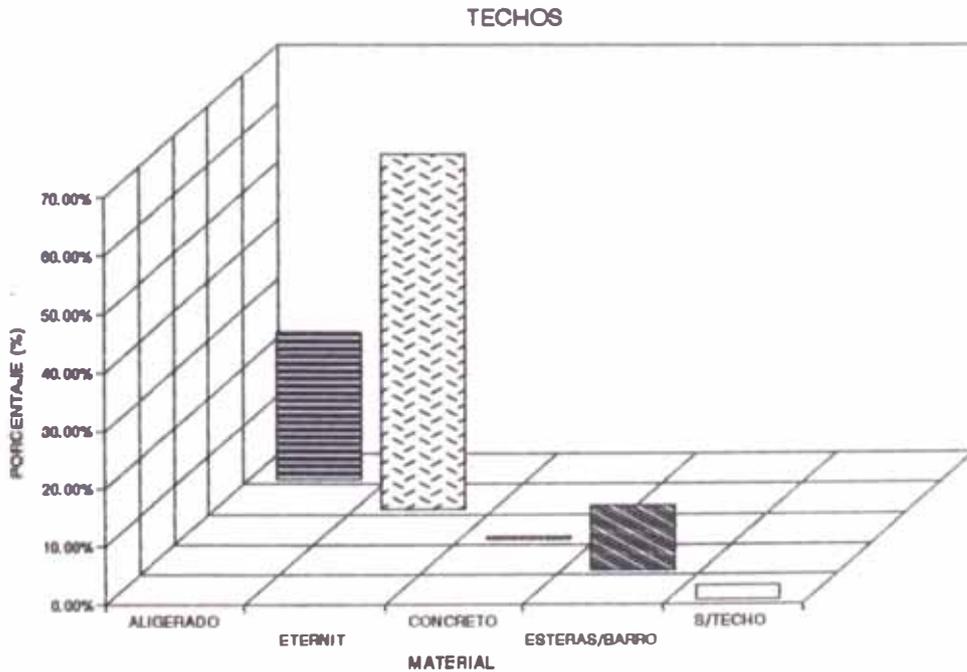
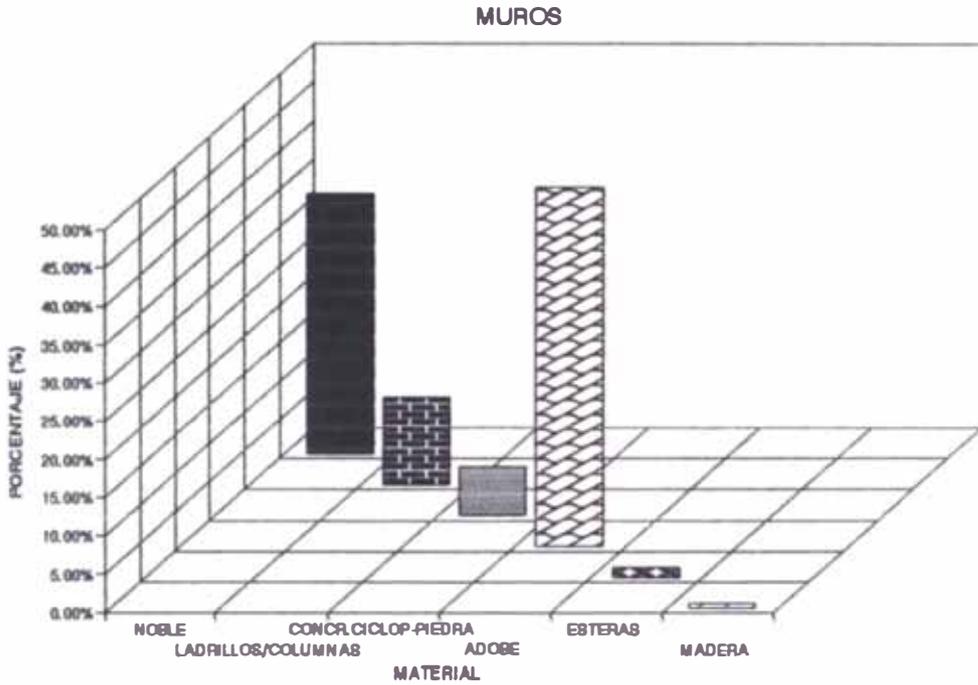
Referente a sus techos 25% de aligerado, 61% de eternit, 11% de esteras o torta de barro y el resto sin techo, como podemos apreciar predominan los techos de eternit.

A continuación se hace un análisis mas detallado del empleo de estos:

## ANALISIS GLOBAL DE LA ZONA

### TIPO DE MATERIAL DE CONSTRUCCION USADO

MUROS	# LOTES	%	TECHO	# LOTES	%
NOBLE	88	33.86%	ALIGERADO	64	25.20%
LADRILLOS/COLUMNAS	29	11.42%	ETERNIT	155	61.02%
CONCR. CICLOP-PIEDRA	18	6.90%	CONCRETO	1	0.40%
ADOBE	119	46.85%	ESTERAS/BARRO	28	11.02%
ESTERAS	3	1.18%	S/TECHO	6	2.36%
MADERA	1	0.39%			
	<b>254</b>	<b>100.00%</b>		<b>220</b>	<b>100.00%</b>



# 'LAS TERRAZAS'

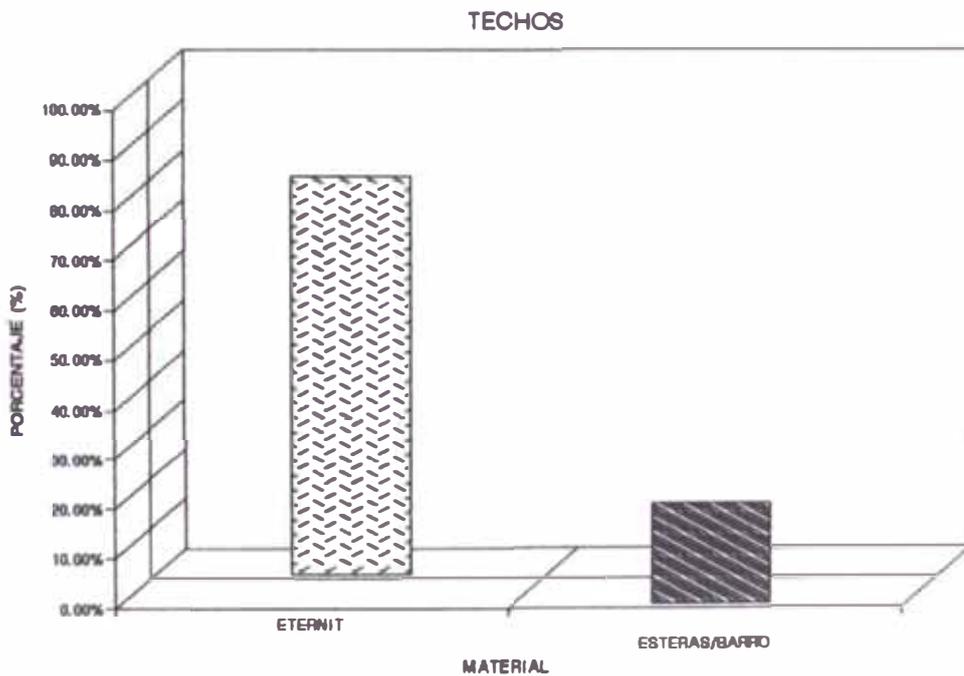
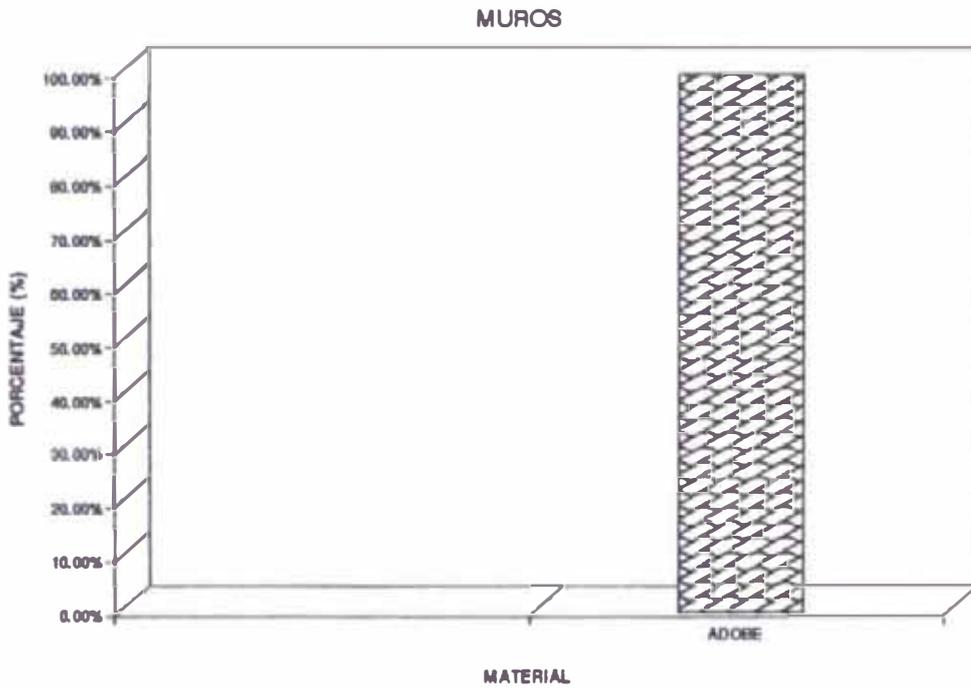
## TIPO DE MATERIAL DE CONSTRUCCION USADO

### MUROS

ADOBE	100.00%
	100.00%

### TECHO

ETERNIT	80.00%
ESTERAS/BARRO	20.00%
	100.00%

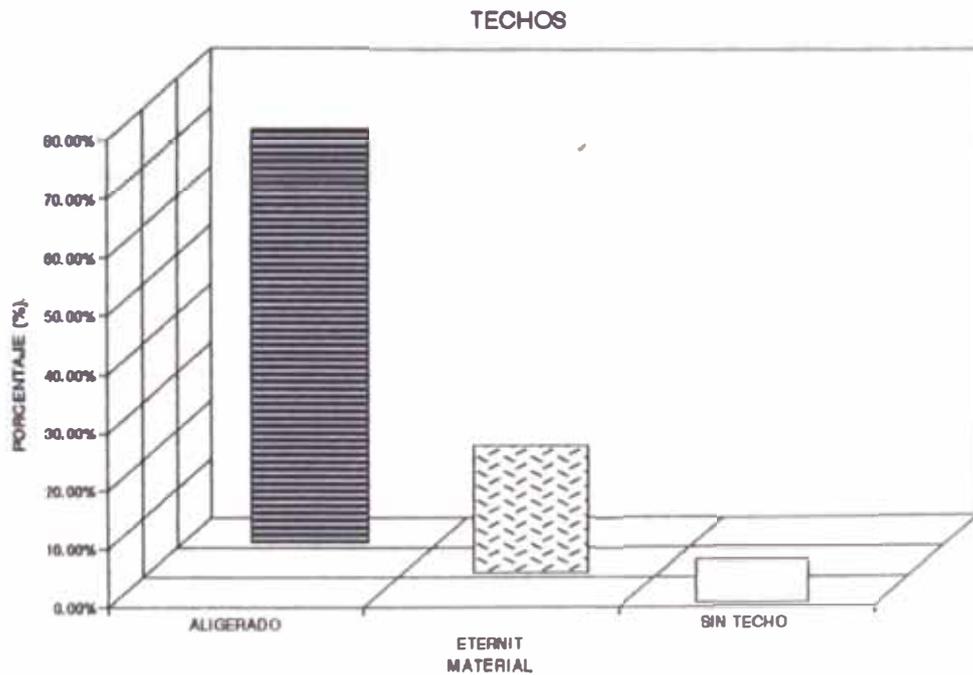
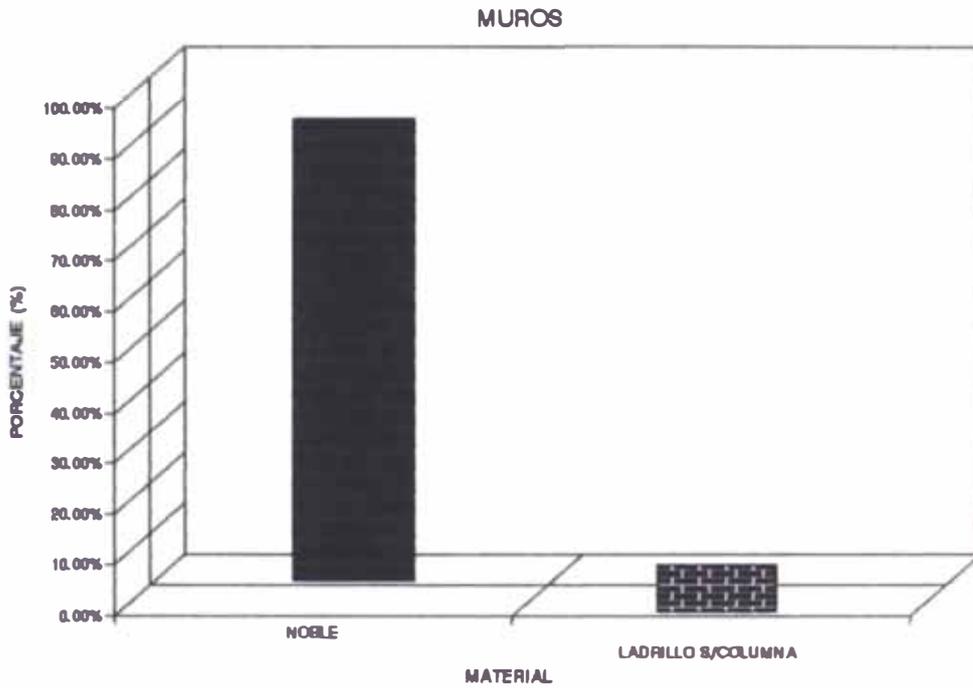


VILLA 'EL ROSARIO'

TIPO DE MATERIAL DE CONSTRUCCION USADO

MUROS	
NOBLE	91.00%
LADRILLO S/COLUM	9.00%
	100.00%

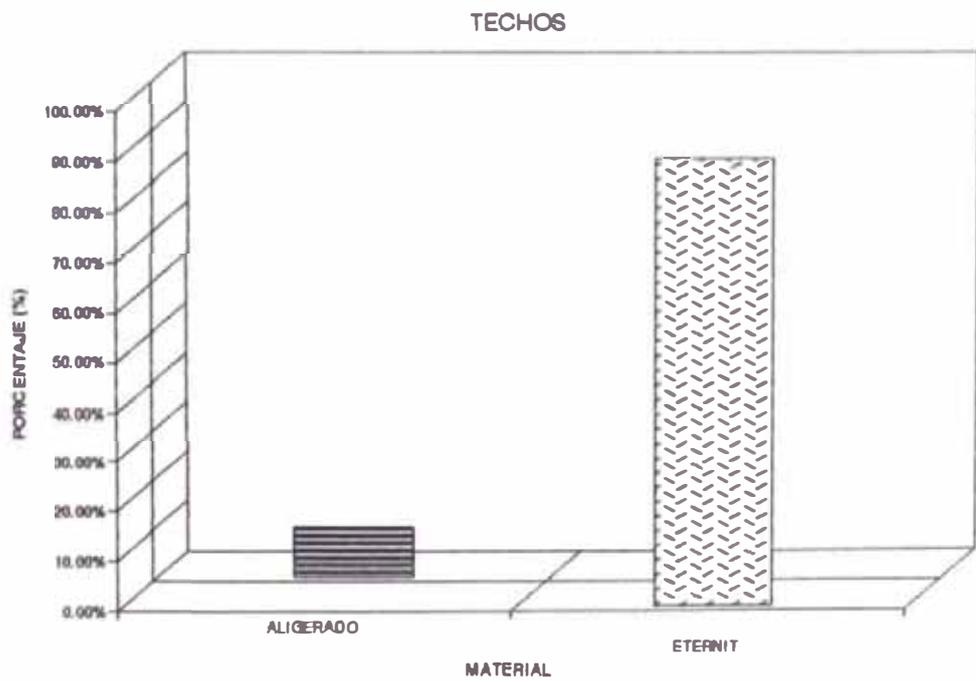
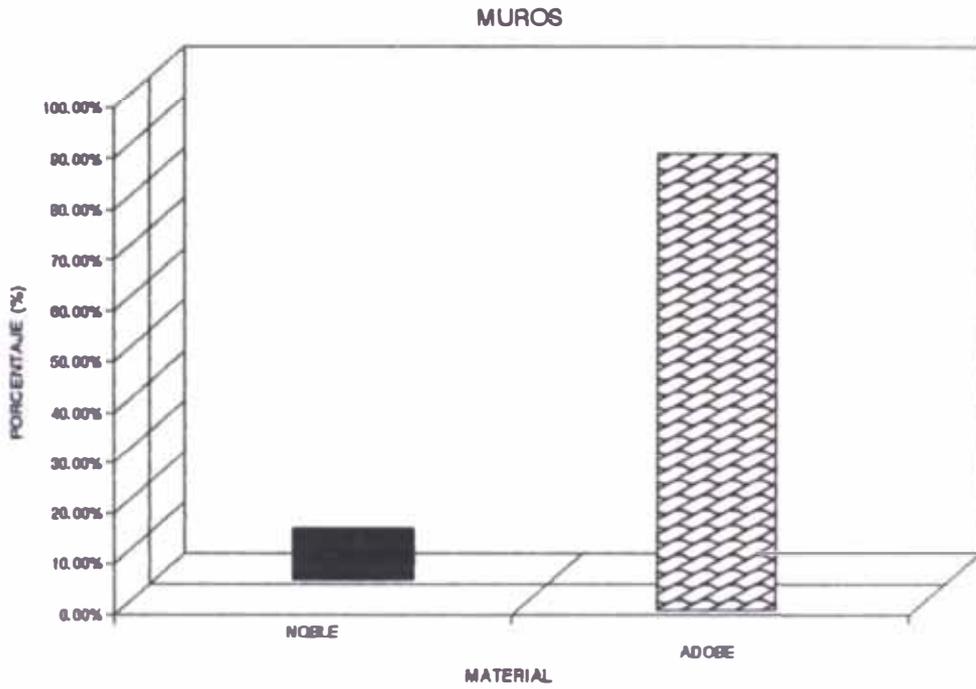
TECHO	
ALIGERADO	70.91%
ETERNIT	21.82%
SIN TECHO	7.27%
	100.00%



# MONTE SANTA INES

## TIPO DE MATERIAL DE CONSTRUCCION USADO

MUROS		TECHO	
NOBLE	10.00%	ALIGERADO	10.00%
ADOBE	90.00%	ETERNIT	90.00%
	<hr/> 100.00%		<hr/> 100.00%



## SANTA INES BAJO

### TIPO DE MATERIAL DE CONSTRUCCION USADO

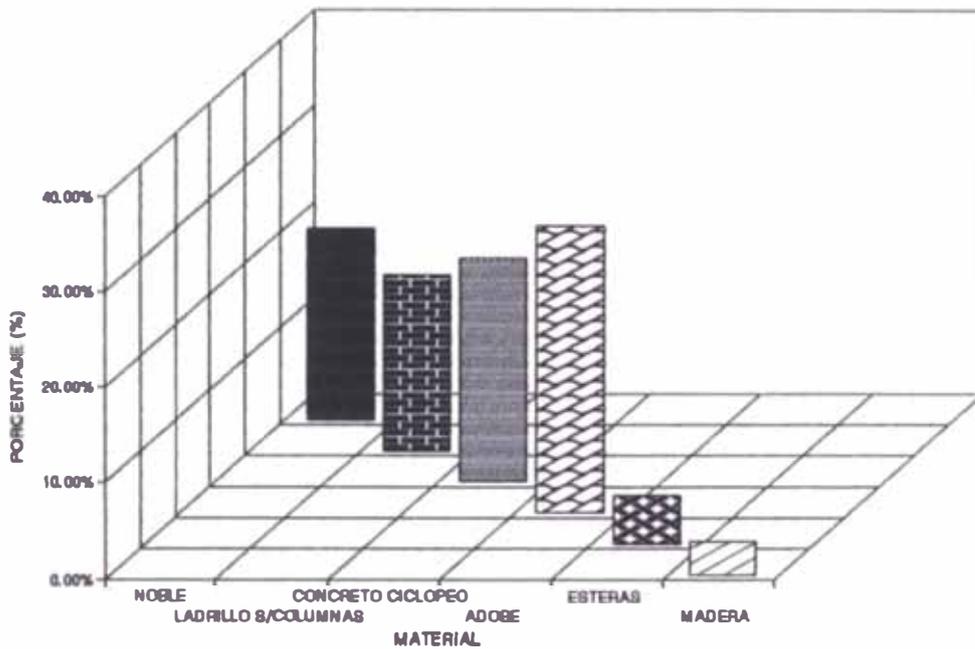
#### MUROS

NOBLE	20.00%
LADRILLO 8/COLUMNAS	18.33%
CONCRETO CICLOPEO	29.33%
ADOBE	30.00%
ESTERAS	5.00%
MADERA	3.33%
	100.00%

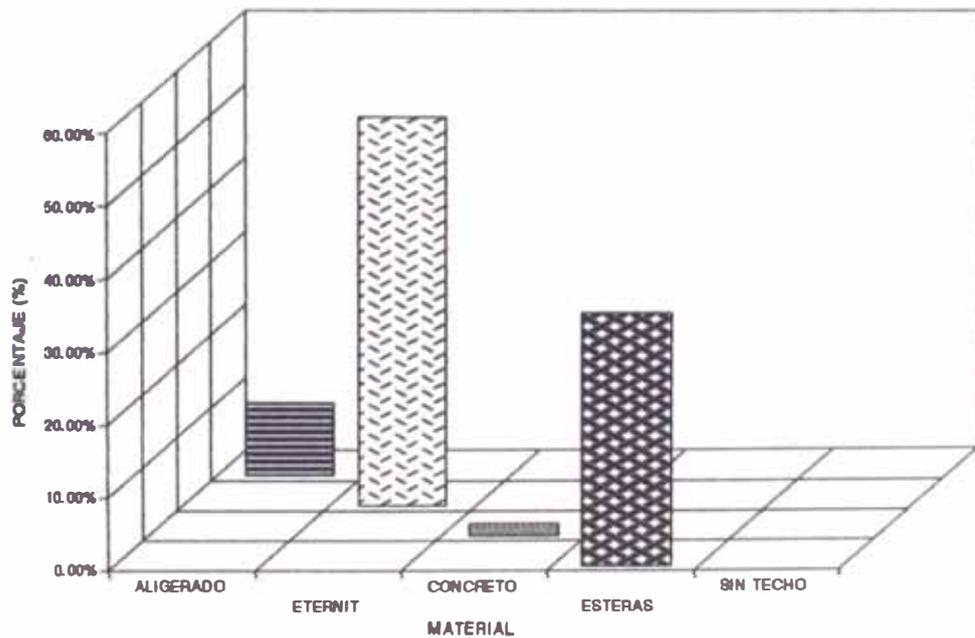
#### TECHO

ALIGERADO	10.00%
ETERNIT	53.33%
CONCRETO	1.67%
ESTERAS	35.00%
SIN TECHO	0.00%
	100.00%

MUROS



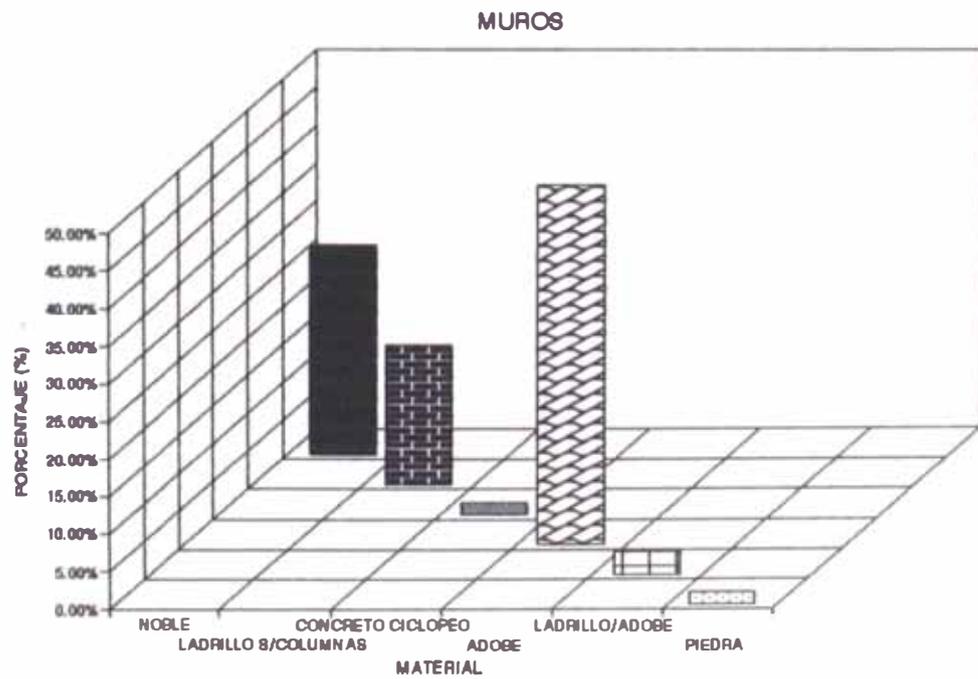
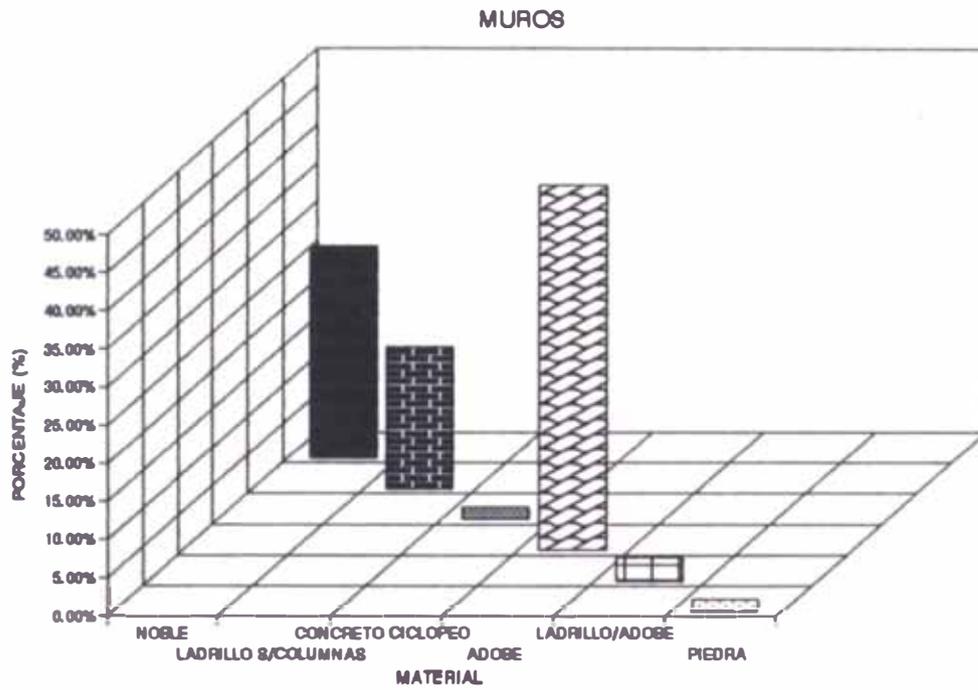
TECHOS



## PERLA DEL SOL

### TIPO DE MATERIAL DE CONSTRUCCION USADO

MUROS		TECHO	
NOBLE	27.69%	ALIGERADO	20.00%
LADRILLO S/COLUMNAS	18.46%	ETERNIT	72.31%
CONCRETO CICLOPEO	1.54%	CAÑA/BARRO	3.08%
ADOBE	47.69%	ESTERAS	1.54%
LADRILLO/ADOBE	3.08%	SIN TECHO	3.08%
PIEDRA	1.54%		
	100.00%		100.00%



#### 4.5 CENSO POBLACIONAL - METODOLOGIA:

En los diversos AA.HH. del lugar viven aproximadamente 254 familias con una población de 1,270 habitantes; comparada a la población de Chaclacayo según el último Censo de 1993 con 36,343 habitantes representa un 3.5% siendo el Asentamiento más poblado Perla del Sol le sigue Santa Inés Bajo y Monte Santa Inés.

AA.HH.	Nº FAMILIAS	Nº HABITANTES
Las Terrazas	10	50
Villa Rosario	56	280
Zona del Camal	17	85
Monte Santa Inés	50	250
Santa Inés Bajo	59	295
Perla del Sol	62	310
<b>TOTAL</b>	<b>254</b>	<b>1270</b>



#### **4.5.1 NIVEL SOCIO ECONOMICO:**

El nivel Socioeconómico de estos pobladores es el 10% de nivel pobre, 75% debajo de los niveles de pobreza, y el 15% pobreza extrema.

Sus ingresos económicos por lotes son aproximadamente un 65% con ingresos de tres sueldos mínimos, 13% con cuatro sueldos mínimos y 22% con menos de dos mínimos (un sueldo mínimo equivale a S/. 72.00 a Octubre 1993).

#### **4.5.2 NIVEL EDUCATIVO:**

La mayoría de los jóvenes no tienen la posibilidad de seguir estudios superiores dada su condición económica por lo que generalmente van directamente a colocarse en trabajos de mano de obra no calificada.

Sin embargo se encontró a un 5% de su población con estudios superiores (maestros de escuela), 40% con educación secundaria y el 55% con educación primaria.

#### **4.5.3 ESTRUCTURA FAMILIAR - MODO DE VIDA:**

En su gran mayoría los jefes de familia mantienen su hogar, sus trabajos son de obreros 80%, técnicos 10%, comerciantes 5% y profesionales 5%; los centros de trabajo en que laboran se encuentran generalmente en Lima, convirtiendo a su poblado en la llamada "ciudad dormitorio" ya que su población económicamente activa emigra a trabajar en el día a Lima y por la noche regresa.

#### **4.6 INFRAESTRUCTURA:**

##### **4.6.1 VIALIDAD:**

La vía principal más cercana que comunica a estos AA.HH. es la Carretera Central, anteriormente el Ferrocarril Central contaba con un paradero a la altura de Perla del Sol pero actualmente no ofrece este servicio, por la margen derecha existe el proyecto de la Carretera Ramiro Prialé que comunicará Lima con Ricardo Palma el cual aún no se ejecuta.

Existe un camino interrumpido a la altura del Puente Pérez de Cuéllar que se encuentra afirmado en todo el tramo, este comunicaba a los pobladores de esta margen desde el Pte. Perez de Cuellar hasta el Pte. Los Angeles.

Los AA.HH. de la margen izquierda que cuentan con caminos de acceso secundarios (sin afirmado) por los cuales pueden transitar vehículos son: Villa Rosario, Monte Santa Inés y la zona del Camal.

##### **4.6.2 ENERGIA ELECTRICA:**

La red principal de energía eléctrica pasa por la margen derecha la cual forma parte del Sistema Interconectado del Mantaro.

Todos los AA.HH. tienen alumbrado público excepto la zona del Camal, respecto al alumbrado doméstico se ha verificado que todos los lotes tienen medidor con

excepción de la zona del Camal y Santa Inés Bajo, que posee uno solo para todas las viviendas.

#### **4.6.3 AGUA POTABLE:**

El servicio de Agua Potable se alimenta de la red principal que abastece a Chaclacayo; Villa Rosario, la zona del Camal y Perla del Sol cuentan con conexiones domiciliarias, en Santa Inés Bajo el abastecimiento se realiza por medio de dos pilones, en Monte Santa Inés y los campos de cultivo se abastecen por medio de pozos artesianos.

#### **4.6.4 DESAGUE:**

No poseen servicio de alcantarillado pues no hay ningún punto de conexión en la zona con la troncal que pasa paralela a la línea férrea, existe un proyecto para construir un colector paralelo al existente cuyo empalme se realizará a la altura de Huampaní.

Los pobladores de estos AA.HH. realizan la descarga de sus desagües clandestinos directamente al río o a la acequia más cercana que la utilizan como agua de regadío para los campos de cultivo; estas aguas son captadas en la toma a la altura del puente Los Angeles. En zonas alejadas al río usan silos.

Dadas las condiciones socio-económicas de estos pobladores vemos que son vulnerables de sufrir infecciones por falta

de este servicio; también se noto la ausencia de un servicio de posta médica en estos AA.HH.

#### **4.6.5 BASURA:**

Debido a la facilidad para el ingreso de vehículos sólo reciben servicio de baja policia (tres veces por semana) Villa Rosario, la zona del Camal y Monte Santa Inés.

La carencia o restricción de este servicio induce a los pobladores a solucionar su "problema" acumulando y luego quemando la basura en las riberas detectándose en la inspección diversos focos de infección en todos los AA.HH., siendo uno de los más críticos el situado en la zona del Camal; otros pobladores optan por arrojar la basura directamente al río.

Con motivo de la construcción del Puente Pérez de Cuéllar y sus defensas de la ribera del cauce limpiado se ha creado una acumulación longitudinal de relleno con algunos enrocados sin cimentación y viene usándose como relleno de la terraza, desmonte y basura lo que incrementara los problemas cuando sean ocupados por AA.HH. y/o obras civiles, es mas no tiene ninguna garantía de costo, contribuye a las defensas ribereñas, es necesario tomar en cuenta la parte técnica mas que las de autoridades y políticas que se dan sin una planificación y justificación de planificación y prevención de desastres.

## **CAPITULO 5 : ZONIFICACION**

## 5.1 MACROZONIFICACION - AMENAZA POR INUNDACION

Es necesario determinar áreas con diferentes niveles de amenaza y prever las medidas de prevención y control según sea el caso; al respecto encontramos un aporte muy importante a nivel de Cuenca por parte del gobierno Japonés mediante la formulación del Plan Maestro contra Prevención de Desastres (J.I.C.A. 1988) en donde plantean alternativas de solución al problema.

Referente al caso de las inundaciones tema central de esta tesis, J.I.C.A. efectuó la zonificación de la cuenca del Rímac (Macrozonificación), tomando como referencia dos parámetros importantes en su clasificación de áreas:

- El nivel de amenaza.
- Evaluación de defensas en cada área.

La zonificación de la cuenca lo realizó de la siguiente manera:

- **Cuenca Alta** (arriba de Matucana);

El área está conformada por montañas y llanuras a lo largo del río la que es usada mayormente para la agricultura, se encuentran pocas casas en los límites de la llanura; sin embargo estas no son afectadas por las inundaciones por encontrarse situadas en un nivel

suficientemente mas alto que el de inundaciones, es considerada con muy baja amenaza por inundación.

- **Cuenca Media Alta (Matucana - Confluencia con el Santa Eulalia):**

Lo forma un antiguo valle en forma de V, cuya parte baja lo cubren depósitos aluviales con algunas llanuras de depósitos aluvionales-fluviales y fluviales a lo largo del río donde existen casas y campos de cultivos; las propiedades del área como Matucana, Tornamesa, etc tienen defensas parciales contra las inundaciones que son producidas generalmente por la interrupción del flujo del río causado por huaycos, como el caso de Payhua en Matucana.

El Plan Maestro concibe el Control de Inundaciones mediante presas (Sabo), las cuales serán ubicadas 3 Km. arriba de la confluencia entre el río Seco y Santa Eulalia y aproximadamente 1.5 Km arriba de la Central Hidroeléctrica de Callahuanca; el área de captación de ambas presas serán 920 y 990 Km<sup>2</sup> respectivamente.

El caudal de avenida estimado para 100 años de recurrencia fue calculado basados en los hidrogramas de inundaciones del río Rímac y Santa Eulalia, repartiéndose proporcionalmente en las áreas de captación de las presas y son 230 y 337 m<sup>3</sup>/seg, caudales que corresponden a las

presas de los ríos Rímac ( cauce medio alto ) y Santa Eulalia.

En el diseño de dichas presas, J.I.C.A. tomo en consideración la apreciable sedimentación de la cuenca debido a la gran cantidad de material arrastrado por el río; el reservorio propuesto se llenará de sedimentos en un corto tiempo. La capacidad de almacenamiento efectiva para el control de inundaciones se calcula para :

Presa sobre el río Rímac	Vol. almac. = 420,000 m <sup>3</sup>
	H. diseño = 47 m.

Presa sobre el río Sta. Eulalia:	Vol. almac. = 304,000 m <sup>3</sup>
	H. diseño = 60 m.

La altura de la compuerta vertedero se asumirá 15 m.

Con esta medida se obtendrá el siguiente beneficio:

. El nuevo caudal máximo calculado será:

Río Rímac	Q nuevo	= 180 m <sup>3</sup> /seg
	Reducción de Q	= 50 m <sup>3</sup> /seg
Río Sta. Eulalia	Q nuevo	= 282 m <sup>3</sup> /seg
	Reducción de Q	= 55 m <sup>3</sup> /seg

El caudal de avenida para un período de retorno de 100 años disminuirá de 660 a 505 m<sup>3</sup>/seg.

Después de un análisis de costos de proyecto y los costos que reducirá esta acción en los trabajos de canalización del río; no se encuentra justificable este plan.

- **Cuenca Media Baja** (Confluencia con Santa Eulalia - Atarjea):

Abajo de la confluencia se encuentra la ciudad de Chosica densamente poblada con viviendas en pleno cauce y un río muy estrecho por causas antrópicas con un ancho promedio de 20 a 30 m.; para la zona se considera un ancho mínimo de 50 a 60 m.

- Aguas abajo de Chosica el cauce no está bien determinado sufre un ensanchamiento de 300 a 400 m., con brazos móviles activándose de acuerdo al caudal de avenida de la época; cerca a la presa de la Atarjea la turbulencia y sedimentación del río es bien notoria, esto trae como consecuencia la erosión del dique e inundaciones en áreas pobladas del lugar.

El nivel de peligro por amenaza de inundación en la cuenca media baja es alto, capaz de socavar ambas riberas y hacer fallar sus defensas; se propone dos alternativas de solución:

. Para el caso en que el cauce actual del río es lo suficientemente ancho, se proponen muros de defensa diseñados para un  $Q = 660 \text{ m}^3/\text{seg}$  con un  $Tr = 100$  años.

. Para el caso en que el cauce del río sea muy estrecho se propone un ensanchamiento con trabajos de mejoramiento del río (canalización) de acuerdo al caudal de diseño (Tr= 100 años) lo que involucra una considerable reubicación de viviendas.

**Cuenca Baja (Atarjea - Desembocadura);**

En esta zona el ancho promedio del río es 60 m. sin embargo existe una estrecha garganta 9 a 10.5 km. antes de la desembocadura con terrazas de 20 m. de altura y en la desembocadura el ancho varía de 10 m. a 20 m. ( Boquerón, Pte. del Ejército a Pte. Dueñas ).

Para un caudal estimado con un período de recurrencia de 50 a 100 años a pesar que la zona está protegida con enrocado la amenaza de inundación es alta; además el peligro de colapso de la terraza por ser socavada continuamente por el río pone en riesgo a los poblados asentados en la parte superior de ésta. Se puede concluir que el nivel de amenaza sin protección de viviendas es alto.

- Cuando el ancho del río varía de 20 a 30 m. se propone un revestimiento de enrocado de la sección del río con un talud lateral de 1 a 0.5 hasta una altura de 7m.
- Si el ancho promedio del río es de 50 m. se propone la misma solución pero hasta una altura de 6 m.

J.I.C.A. definió tres planos (Fig. 5.1, 5.2 y 5.3 ) en los cuales muestra las áreas probables de inundación con diferentes niveles de peligro con caudales de diseño para tiempos de retorno de 10, 50 y 100 años respectivamente.

Para la elaboración de estos planos se necesita una curva de frecuencia de daños pero por carecer de información actualizada el estudio se hizo de la siguiente manera:

1. El área propensa a inundación ha sido estimado por simulaciones con modelos hidráulicos considerando condiciones topográficas y niveles de agua con flujo no uniforme para diferentes tiempos de retorno.

El Q máx. de inundación de 660 m<sup>3</sup>/seg. es calculado para un tiempo de retorno de 100 años desde la confluencia con el Santa Eulalia hasta la desembocadura y un Q<sub>max.</sub> de inundación de 310 y 370 m<sup>3</sup>/seg. para los ríos Rímac y Santa Eulalia aguas arriba de la confluencia.

2. Los resultados se plasmaron en un plano topográfico a escala 1:5,000 con cuadrículas de 500 m. de lado, los que contienen información sobre cotas y usos de tierra.

3. Se evaluó los daños por inundación considerando el uso de la tierra y los costos unitarios de éstas al año 1987.

El aporte de J.I.C.A. hasta el momento es uno de los mas importantes a nivel de cuenca, nos da la zonificación y lineamientos a seguir considerando prevención de desastres; puede ser tomado como base para una solución definitiva, que tendrá que estar ligada íntimamente con una política de gobierno de protección y conservación de los recursos naturales aplicando medidas de control amparadas por la ley.

El problema de las inundaciones sigue vigente en la cuenca, lo que motiva que investigadores del tema continúen trabajando en la cuenca dando aportes actualizados. En el X Congreso de Ingeniería Civil realizado en Nov-94, se presentaron ponencias acerca de la urgencia en aplicar un Tratamiento Integral a la Cuenca del río Rímac, con el fin de controlar el nivel de amenaza en que se encuentra.

La ponencia del Ing. A. Martínez da un diagnóstico de la evolución geomorfológica de la erosión y sedimentación en forma natural o antrópica en el río Rímac, desde Chosica hasta la desembocadura. La construcción de estructuras sobre el lecho sin ningún enfoque geotécnico como pilares de puentes, diques de regulación, muros, espigones y

gaviones de encauzamiento influyen directamente en aumentar la vulnerabilidad de los pueblos ribereños.

Declara en emergencia los pueblos ribereños y da a conocer la necesidad de tomar medidas de protección contra desastres y cambios ecológicos en el río Rímac.

La ponencia del Ing. A. Rosell C. se basa en el propósito de lograr a mediano plazo un mejor uso de los recursos hídricos del Río Rímac, para lo cual se deberá tener en cuenta las disposiciones y leyes que viene promulgando el gobierno y los proyectos de las nuevas leyes que se viene perfeccionando.

Después de un análisis de gestión recomienda declarar a la cuenca del río Rímac como Cuenca Piloto para la implementación de un Sistema Integrado de Cuencas.

Difundir a nivel Nacional los principios básicos de la gestión de una Cuenca Integrada:

**" Quien consume agua la paga "**

**" Quien contamina el agua la paga "**

Con el objetivo de crear recursos propios para financiar las nuevas inversiones hídricas a nivel de Cuenca, así como también ejecutar estudios para su desarrollo y mejoramiento ecológico.

## **5.2 MICROZONIFICACION:**

Para efectos de la zonificación del tramo en estudio Pte. Huampaní - Pte. Los Angeles se toma en consideración las características más importantes del tramo que influyen primordialmente en la determinación de áreas de baja, mediana y alta amenaza de inundación como las que trataremos a continuación:

### **5.2.1 TOPOGRAFIA:**

#### **A. DESCRIPCCION:**

Se realizó el levantamiento topográfico de la zona teniendo en consideración lo siguiente:

- Los límites a lo ancho del tramo exigidos para el estudio: La línea Férrea y la Terraza T2 (ver Figura 5.4)
- Para el trabajo se debería poner énfasis en la determinación de las microzonas de inundación dentro del cauce actual del río.

El ancho requerido en éstos límites es amplio y con dificultad de visualización por los obstáculos encontrados en la franja como: vegetación, construcción de viviendas, altura de enrocado, etc. Debido a éstos motivos se optó por la elaboración de dos poligonales abiertas las cuales se tomaron como base del levantamiento topográfico:



- Una cerca a la terraza T2 ( margen derecha ).
- Y la otra cerca al cauce o la línea férrea según sea el caso.

El punto de inicio del levantamiento topográfico se ubicó sobre el puente Huampaní cuya cota fue calculada referente al punto de control vertical determinado por el I.G.N. B.M.= 646.926 m.s.n.m. (frente al mercado de Chaclacayo).

El punto final de las dos poligonales abiertas base del levantamiento se ubicaron: uno en el Grifo "Las Vegas" (paradero) y el otro abajo del Puente los Angeles (costado de la línea férrea); cuyas cotas fueron corregidas con relación al punto de control B.M.= 724.863 m.s.n.m. ubicado frente a Portada del Sol.

Este trabajo se realizó bajo el asesoramiento del Ingeniero Alberto Martínez y supervisión del Ingeniero César Ponce de PREDES, institución que brindó movilidad, viáticos, equipo de campo y uso de su biblioteca especializada por lo cual mi agradecimiento y reconocimiento.

El mapa topográfico (T-01, T-02, T03) elaborado con los datos de campo obtenidos se realizó a escala 1:1000 con secciones transversales cada 100 m. medidos en el eje del río.

**B. CARACTERISTICAS TOPOGRAFICAS MAS IMPORTANTES DEL CAUCE ACTUAL DEL RIO EN EL TRAMO PUENTE HUAMPANI - PUENTE LOS ANGELES:**

La topografía del cauce en el tramo estudiado presenta tres zonas marcadas de similares características, a continuación descritas:

- La primera comprendida desde el puente los Angeles hasta la entrada de Santa Inés Bajo; presenta similares características a las encontradas aguas arriba del puente Los Angeles (zona de Chosica); tiene una pendiente promedio de 1.70% y un ancho promedio de 20 m., el cauce es estrecho por acciones antrópicas, sinuoso y con inestabilidad lateral de sus riberas debido a la marcada erosión lateral y socavación de sus defensas.

- La segunda comprendida desde Santa Inés Bajo hasta la zona del Camal con una pendiente promedio de 1.95% y un ancho promedio de 70 m., el cauce de mayor amplitud fue encontrado en Monte Santa Inés con tres brazos móviles que se activan según sea el caudal de avenida de la época.

Su topografía es casi plana, la población esta a nivel del lecho fluvial, la To tiene mayor amplitud en ese tramo.

- La tercera zona desde el Camal hasta el puente Huampaní de comportamiento regular con una pendiente promedio de 1.64% y un ancho de cauce promedio de 40 m.

A continuación se presenta un cuadro el cual resume las características mencionadas anteriormente.

**CUADRO 5.1**

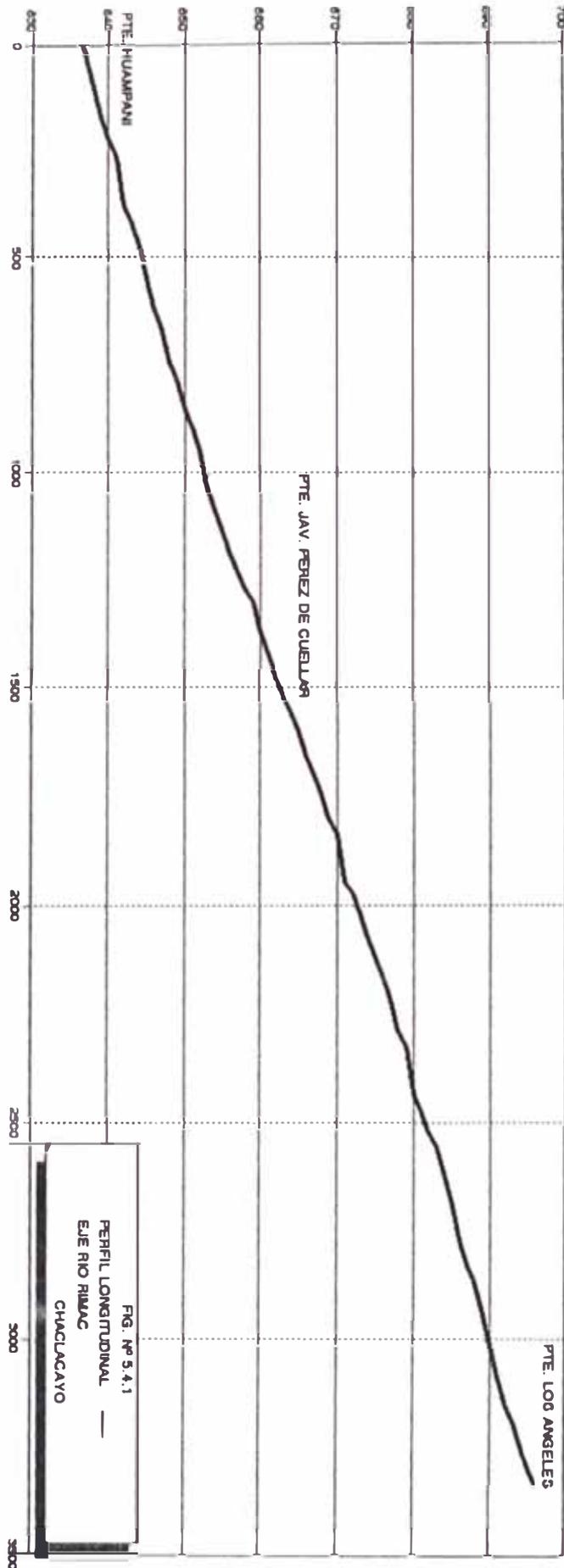
CARACTERISTICAS		TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3
SECCION		24-33	11-24	00-11
LONGITUD		900 m	1300 m	1100 m
ANCHO	MAX	30 m	90 m	70 m
	MIN	16 m	30 m	25 m
	PROM	20 m	70 m	40 m
PENDIENTE	MAX	2.46%	2.86%	2.78%
	MIN	0.90%	0.90%	0.88%
	PROM	1.70%	1.95%	1.64%
TIRANTE	MAX	2.00 m	1.70 m	1.75 m
	MIN	1.65 m	0.45 m	1.25 m
	PROM	1.85 m	1.45 m	1.45 m

### C. PERFIL LONGITUDINAL:

Con los datos tomados en campo se elaboró el perfil longitudinal del eje del río Rímac en el tramo ( ver Fig. 5.4.1); encontrando una pendiente mínima de 0.9% y pendiente máxima de 2.86%, siendo la pendiente promedio del tramo de 1.77%.

El perfil longitudinal del eje del río de Proyecto se elaboró a escala H: 1:1000, V: 1:10000 ver (P-01, P-02 y P-03)

DIST. ACUM. (m.)	DIST. PARC. (m.)	COTA EJE RIO (msnm.)
0	0	636.3
22	22	637
89	67	638
172	83	639
223	51	640
264	41	641
378	114	642
414	36	643
475	61	644
547	72	645
614	67	646
657	43	647
742	65	648
779	37	649
852	73	650
893	41	651
944	51	652
1031	87	653
1082	51	654
1136	64	655
1190	54	656
1235	45	657
1275	40	658
1297	22	659
1370	73	660
1424	54	661
1471	47	662
1522	51	663
1581	39	664
1601	40	665
1656	55	666
1703	47	667
1748	45	668
1800	52	669
1835	35	670
1945	110	671
1974	29	672
2021	47	673
2072	51	674
2116	44	675
2166	50	676
2219	53	677
2290	71	678
2323	33	679
2433	110	680
2473	40	681
2518	45	682
2555	37	683
2616	61	684
2688	72	685
2771	83	686
2828	57	687
2866	38	688
2929	63	689
3014	85	690
3085	71	691
3156	71	692
3193	37	693
3258	65	694
3301	43	695
3341	40	696



**PERFIL LONGITUDINAL - EJE RIO RIMAC**  
 TRAMO: PTE. HUAMPANI - PTE. LOS ANGELES

FIG. Nº 5.4.1  
 PERFIL LONGITUDINAL  
 EJE RIO RIMAC  
 CHACLACAYO

### 5.2.2 GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA LOCAL:

En el área afloran rocas sedimentarias no consolidadas de origen fluvio-aluvional; se observan terrazas fluviales como manifestaciones de períodos que se desarrollaron y probables crisis climáticas que han propiciado gran remoción de materiales de las vertientes hacia las partes bajas.

Los rasgos geomorfológicos en el área son el resultado del proceso tectónico y plutónico sobre impuesto por los procesos de geodinámica, que han modelado los rasgos morfoestructurales de la región. La unidad geomorfológica de la zona corresponde a las laderas y crestas marginales de la cordillera andina; de topografía abrupta formado por plutones y stocks del Batolito Costanero, el mismo que ha sido disectado por el río Rímac reflejando la erosión de éste durante los últimos tiempos (Cuaternario reciente) formando el valle.

El área estudiada se encuentra en promedio sobre los 670 m.s.n.m.; enmarcada por elevaciones de fuerte inclinación cuyas crestas más elevadas varían entre los 750 y 1300 m.s.n.m., con quebradas tributarias de corta extensión en cuyas partes bajas encontramos depósitos coluviales.

Las rocas que presentan estos depósitos cuaternarios descritos anteriormente son principalmente granodioritas,

dioritas y en menor cantidad tonalitas, granitos, monzonitas y andesitas.

En la franja estudiada se puede determinar tres tipos de terrazas (Ver fig. 5.4.2)

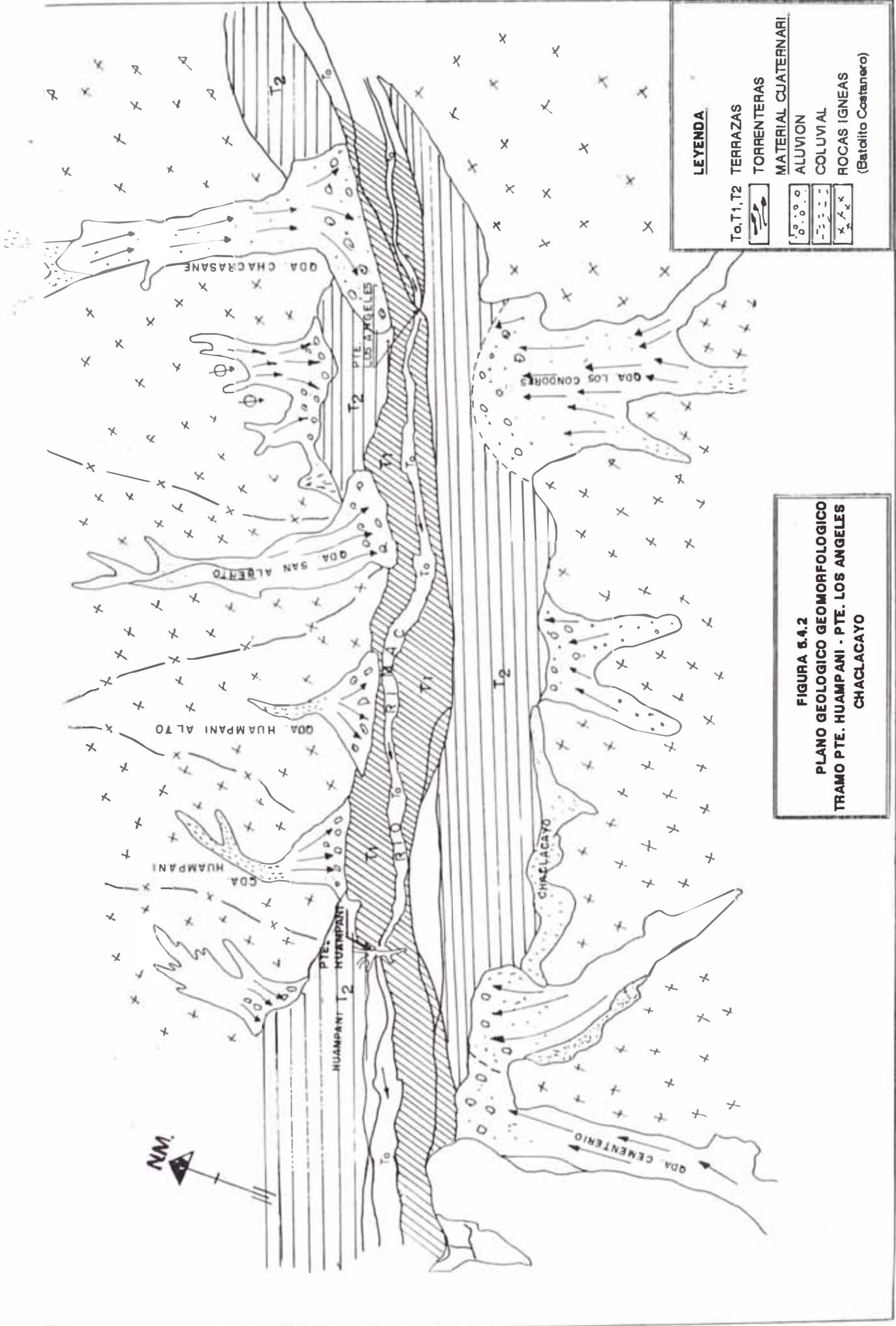
#### **TERRAZA To:**

El cauce actual del río discurre sobre la terraza To compuesta por conglomerados en matriz arenosa; se caracteriza por presentar depósitos de material transportado por el río (arena y gravas) en forma elipsoidal, sufre continuas modificaciones por las acciones de limpieza del cauce. Su ancho varía entre 16 a 90 m.

To (inundable): Es la parte del cauce que se encuentra al descubierto sólo en épocas de invierno en Lima (el ancho máximo inundable en avenidas extraordinarias es de 300 m.). Esta zona está compuesta por material suelto en matriz de arena fina arcillosa.

Sobre las terrazas To y T1 encontramos AA.HH. como Monte Santa Inés, Perla del Sol, Santa Inés Bajo y propiedades privadas como las Haras el Embrujo.

La pendiente del río varía entre 0.88% y 2.86%



**TERRAZA T1:**

Constituido por material conglomerádico con presencia de cantos rodados pequeños, esta a desnivel respecto a la terraza To, el cual varía de 0.5 a 2.0 m.

Sobre esta terraza se encuentra el Centro Vacacional Huampaní y la línea Férrea ambos están protegidos por enrocado que representa una buena defensa contra la erosión lateral del río, también se encuentra sobre esta terraza la lotización Las Vegas (margen derecha).

**TERRAZA T2:**

Es la terraza más antigua conformada por depósitos aluviales-fluviales, de material conglomerádico con presencia de cantos rodados pequeños, en promedio tienen un diámetro de 20 cm.; se observan lentes de arena gruesa a media de composición variada. De coloración rojiza ferruginosa indicando la presencia de arcilla producto de su transformación a suelo residual.

La altura de la T2 varía de 3 a 16 m., en algunos sectores de ella es afectada por erosión lateral del río (cerca al puente Peatonal Pérez de Cuéllar); tiene pendiente generalmente vertical. Sobre esta terraza se encuentra la Carretera Central y la parte Urbana de Chaclacayo (margen izquierda), los AA.HH. Alto Huampaní Zona I y II, Mateo Pumacahua y algunas propiedades privadas.

### **5.2.3 ESTRATIGRAFIA:**

La estratigrafía de la región está conformada por las siguientes unidades litológicas:

#### **a. Depósitos Aluviales Recientes:**

Estos depósitos están restringidos a franjas estrechas a ambos márgenes del río Rímac. Los depósitos más jóvenes son materiales que se encuentran en el lecho actual del río.

Los materiales constituyentes son principalmente cantos y gravas subredondeados, en algunos casos de matriz arenosa, se le puede considerar como depósitos fluvio-aluviales los cuales ofrecen generalmente condiciones desfavorables para la agricultura.

#### **b. Rocas Intrusivas:**

La roca intrusiva revelada en la zona corresponde a cuerpos subvolcánicos de intrusiones tempranas, y a cuerpos plutónicos que constituyen el batolito de la Costa; así como algunas intrusiones subvolcánicas menores de emplazamiento posterior.

#### **c. El Batolito de la Costa:**

Las rocas intrusivas plutónicas pertenecientes al batolito han sido divididas en superunidades. Estas a su vez se agrupan en tres grandes segmentos conocidos como:

- Segmento Trujillo (Norte del Perú - Chimbote)
- Segmento Lima (Chimbote - Sur de Lima, Lurín)

- Segmento Arequipa (Sur de Lima - Arequipa)

Las rocas intrusivas aflorantes en la zona de estudio corresponden al **Segmento Lima, Super Unidad Santa Rosa.**

**d. Super Unidad Santa Rosa:**

Constituida por cuerpos tonalíticos-dioríticos y tonalíticos-granodioríticos. Tienen una gran extensión en la región de Chosica y Chancay. Ha sido dividido a manera de sub-unidades en cuerpos oscuros (tonalitas-dioritas) constituyen el plutón principal de los cerros que bordean el valle del Rímac desde Chosica hasta Vitarte, cubriendo una gran extensión. Macroscópicamente presentan un color gris, textura holocristalina de grano medio variando a grueso y destacando las plagioclasas blancas dentro de una masa oscura.

**5.2.4 METAMORFISMO:**

El tipo de metamorfismo existente en la región es del tipo metasomático de contacto, debido al calor y presión ejercidos por los cuerpos intrusivos y plutónicos.

Cuando se trata de tonalitas, granodioritas o granitos hay adición de cuarzo y silificación de la roca intruida. La presión y el calor a que dan lugar los intrusivos, en muchos casos han producido un reordenamiento de los minerales, obteniéndose en las rocas metamorfizadas una estructura foleada.

#### **5.2.5 TECTONICA:**

El área que comprende la zona se enmarca dentro del cuadro morfotectónico de la costa y el borde occidental andino; habiendo sido afectado por una tectónica POLIFASICA desarrollada durante la orogénesis andina, la misma que dio lugar a una deformación con plegamientos acompañada de ruptura. Esta tectónica se dio en fases sucesivas que devienen desde el Cretáceo y que continúan en el Terciario Superior e Inferior y hasta probablemente en el Cuaternario antiguo.

#### **5.2.6 PROCESOS GEODINAMICOS:**

Los procesos geodinámicos se producen en función de la litología, modelado geodinámico, fenómenos antrópicos y de los agentes hidroclimáticos dominantes en el área.

La zona es geodinámicamente estable con tramos expuestos a procesos de erosión y socavación, concentrados en zonas de litología más blanda comprometiendo a poblados ribereños.

La mayor actividad geodinámica de la zona se realiza en la terraza más baja siendo la erosión de las riberas e inundaciones en épocas de avenida ( Diciembre - Abril ) las más frecuentes. Considerando como margen de influencia directa las quebradas tributarias de la zona que están potencialmente con amenaza de producir "huayco" dependiendo de la intensidad de lluvias producidas en la parte alta.

A continuación se hace una evaluación de riesgo de las diferentes zonas encontradas dentro del área en estudio o en aquellas que de alguna manera influyen en ésta:

**Puente Los Angeles:** Presenta efectos de socavación en la base debido a la erosión regresiva del río causada por la limpieza del cauce.

**Perla del Sol - Las Vegas:**

Zona de estrangulamiento más crítico del tramo consecuencia de factores antrópicos; presenta el fenómeno de erosión lateral y socavación e inestabilidad de sus defensas; diagnosticado por el Ing. Martínez con altísima amenaza de producirse desastres por inundación.

**Quebrada San Alberto:**

Formado por depósitos proluviales, potencialmente con amenaza de huayco en menor escala ya que no demuestra actividad en los últimos años.

**Santa Inés - Las Haras:**

Las cimentaciones de algunas viviendas ribereñas de Santa Inés presentan el fenómeno de erosión lateral, debido a que el curso del río en esa parte se pega a la izquierda (Santa Inés); desviado por la presencia de gaviones colocados en la otra margen (Haras). Peligro de inundación.

### **Santa Inés Bajo - Camal:**

Zona potencialmente inundable; en Santa Inés Bajo se detectó hasta tres brazos móviles del río. En la actualidad se activan hasta dos en épocas de avenida (brazo central y lateral derecho).

El brazo lateral derecho del río tiende a pegarse a la terraza T2 produciendo problemas de fuerte erosión poco antes del puente peatonal Pérez de Cuéllar.

Se detectó una área de desmonte ubicada 40 m. aguas arriba del puente Pérez de Cuéllar margen izquierda (Bloques de muros de ladrillo, basura que proviene del Camal y pobladores de la zona).

El enrocado de la zona se caracteriza por ser material puesto sin compactación ni estabilidad (bloques de  $\phi$  promedio= 1.20 m. con bolonería y presencia de finos); en caso de una avenida es fácilmente removible y puede formar parte del material del cauce produciendo sedimentación afectando el comportamiento hidráulico del río.

### **Puente Peatonal Pérez de Cuéllar:**

Situado en una zona donde al ancho máximo de inundación es de 350 m.; para su construcción modificaron el curso natural del río colocando en la margen izquierda una zona de desmonte de aproximadamente 30,000 m<sup>2</sup> sin ninguna relación con la geodinámica del río, por lo que se espera problemas de inundación.

El efecto que esta causando esta alteración es que el río se pegue a la margen derecha y erosione el pilar derecho del puente y la terraza T2.

**Villa Rosario - Puente Huampaní:**

Villa Rosario presenta problemas de erosión lateral en la cimentación de su local Comunal, protegido actualmente por bloques de rocas sobrepuestas de diámetro promedio aproximado a 1.20 m.

El río en ese tramo ha sido canalizado en ambas márgenes por enrocado. Las defensas de enrocado del Centro Vacacional Huampaní (potencialmente inundable) han funcionado bien en las últimas avenidas.

**Quebradas de Alto Huampaní Zonas I y II:**

Presenta inestabilidad en la parte más alta, se encuentran bloques y material acumulado excedente del canal construido para conducir las aguas hacia la central hidroeléctrica de Huampaní; este material puede removerse en épocas de lluvias y producir huayco.

También ocurren desprendimiento de rocas por incentivo sísmico (Feb. 94 viviendas afectadas con pérdida de vida humana). El Ing. Martínez recomienda lo siguiente:

Zona I      Corregir deficiencias de inestabilidad mediante la construcción de muros de Pirca con mortero de cemento y arena en el pie y aguas abajo.

Zona II Reforzar el campo deportivo mediante muros perimetrales ya que se encuentra ubicado en pleno cono de deyección.

**Puente Huampaní:**

Se encuentra en buenas condiciones, presenta erosión leve en su pilar central; se realiza frecuentemente limpieza del cauce por tener su luz vertical muy reducida para evitar que sea afectado.

**5.2.7 CLIMA Y ECOLOGIA:**

El clima en la zona se podría denominar como intermedio con escasa precipitación; presenta condiciones ecológicas favorables para el cultivo con el debido aprovechamiento de las aguas de regadío.

A lo largo del tramo se aprecia los efectos que la presencia del hombre ha causado al medio ambiente; alterando las condiciones naturales (deforestación).

Antiguamente las riberas del tramo en estudio se encontraban cubiertas de plantaciones de carrizo; actualmente se encuentran desforestadas y pobladas por AA.HH. o son cultivadas con productos que alteran la flora y fauna natural del lugar, afectando las condiciones de seguridad y estabilidad de los taludes que se manifiestan con la erosión y socavación de las riberas.

Este fenómeno no solo ocurre a nivel local sino a nivel de toda la cuenca cuyas consecuencias inmediatas son dos:

1. La morfología del río angosto en las zonas altas (hasta Chosica y entrada de Chaclacayo) y ensanchado en la parte baja, permite la sedimentación y colmatación del cauce en las zonas anchas del cauce provocando inundación incluso con poco caudal; se ocasiona un aumento de vulnerabilidad al peligro.
2. Queda limitado el aprovechamiento de las aguas del río por encontrarse con demasiados sedimentos finos dificultando el tratamiento de las aguas para el consumo humano.

#### **5.2.8 HIDROLOGIA:**

En la cuenca existen 32 estaciones pluviales que registran una precipitación promedio de 18.8 mm. en la Costa y 805 mm. en la cuenca alta, la estación pluviométrica más cercana es la de Chosica, la que ha dejado de funcionar hace unos 35 años, por lo que se debe adecuar los datos de precipitación para un estudio más detallado con los registros de las estaciones más cercanas a esta como son la estación de Ñaña, Santa Eulalia y Matucana.

Según los registros de precipitación los meses de lluvias intensas se concentran principalmente en Enero, Febrero y Marzo; en las dos últimas décadas los años de lluvias

excepcionales entre Matucana y Chosica han sido Marzo 1971, Febrero de 1975, Marzo de 1975, Marzo de 1983, Febrero de 1,987 y Marzo de 1,989; este comportamiento pluvial está influenciado por la corriente del Niño y la de Humboldt.

Las lluvias intensas ya sea excepcionalmente en la zona o en la parte alta de la cuenca hacen que las subcuencas reciban suficiente aporte de agua para saturar su suelo y producir "huayco"; fenómeno que ocurre generalmente en la parte alta (Matucana) y media de la cuenca (Chosica).

En la zona existen quebradas potencialmente con amenaza de "huayco" como San Alberto, Los Cóndores y Alto Huampaní pero como no son muy activas los pobladores han subestimado el peligro asentando sus viviendas en pleno cono de deyección sin ningún tipo de obra de encauzamiento para su desfogue al río en caso de producirse el fenómeno. Estas lluvias además de producir huaycos, aumentan el caudal del río produciendo inundaciones las cuales si son muy frecuentes en la zona.

Los aspectos hidrológicos son muy importantes porque determinan las características de las obras hidráulicas a construirse.

### 5.2.9 DRENAJE:

Consideramos al río Rímac como fuente colectora de la cuenca y por consiguiente del área estudiada; el aporte captado más importante aguas arriba de la zona en estudio es el caudal del río Santa Eulalia, también se considera los aportes por "huaycos" producidos en sus quebradas.

Las quebradas tributarias aguas arriba de Matucana presentan "huaycos periódicos" con descargas al río Rímac generalmente en los meses de Enero, Febrero y Marzo; las quebradas tributarias de aguas abajo (zona de Chosica Chaclacayo) presentan huaycos de tipo eventuales relacionados con las precipitaciones excepcionales ocurridas en la zona o parte alta de la cuenca (fenómeno del niño).

La actividad geodinámica de Chosica es importante ya que sus quebradas tributarias representan el 90 % de peligro a efectuar desastres a nivel de toda la cuenca, por encontrarse la mayoría de sus conos deyecciónes densamente poblados.

El Ingeniero Martínez hizo un estudio de las quebradas de las sub-cuencas de Chosica calculando bajo criterios técnicos y prácticos los caudales de aporte más críticos siendo las mas importantes:

Quebrada Pedregal  $Q = 225 \text{ a } 375 \text{ m}^3/\text{seg.}$   
 $v = 7.5 \text{ m}/\text{seg.}$

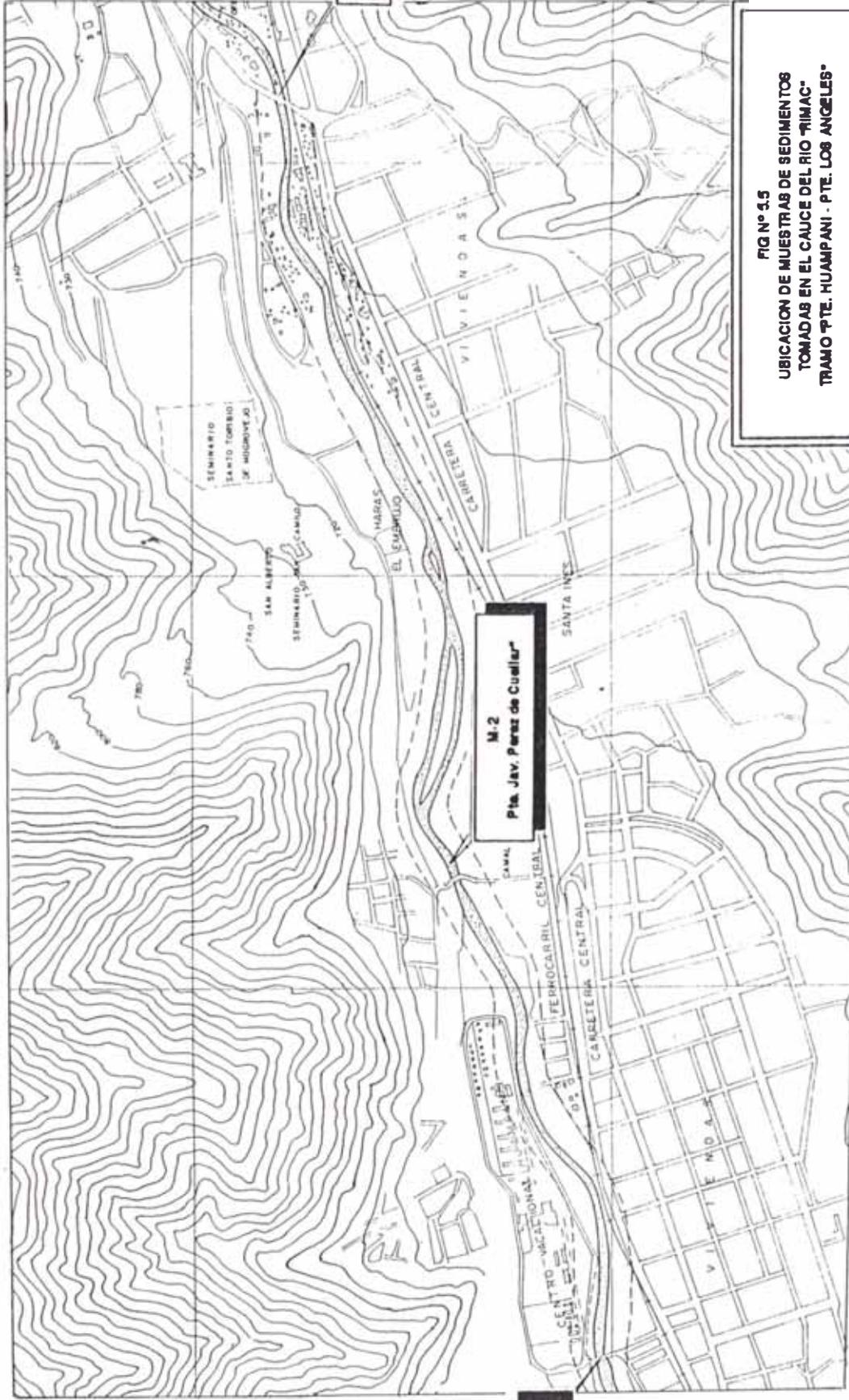
innumerables desagües clandestinos que no hacen mas que contaminar el agua.

#### **5.2.10 HIDRAULICA DE SEDIMENTOS:**

Para preveer posibles problemas sedimentológicos o de degradación del lecho ante la alternativa de proponer algún proyecto hidráulico en la zona estudio; es necesario realizar un estudio sedimentológico complementado con un estudio de erosionabilidad y en el mejor de los casos un probable modelo hidráulico.

En este caso una posible solución ante los antecedentes de producirse frecuentes inundaciones y erosión en las riberas es: "el encauzamiento del río". Esta alternativa es un problema muy importante dentro de la hidráulica fluvial ya que normalmente el río de manera natural determina sus parámetros hidráulicos; desde el punto de vista sedimentológico es importante el estudio del transporte de sólidos de fondo y no el movimiento de material en suspensión para ríos de cauce móvil (caso del Rímac - zona de Santa Inés).

El encauzamiento impone las variables hidráulicas naturales del río, es muy importante respetar en lo posible estas variables y determinar un ancho de proyecto adecuado para no crear problemas de erosión en el cauce (si el ancho elegido es muy angosto) o de sedimentación (si el ancho elegido es muy amplio).



M-1  
Pta. Los Angeles

M-2  
Pta. Jav. Perez de Cuellar

M-3  
Pta. Huampani

FIG N° 15  
UBICACION DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS  
TOMADAS EN EL CAUCE DEL RIO "RIMAC"  
TRAMO PTE. HUAMPANI - PTE. LOS ANGELES

La definición de la geometría de la sección dependerá del caudal de diseño calculado generalmente para condiciones críticas dependiendo del tipo de proyecto y su vida útil.

#### 5.2.10.1 Propiedades Físicas de los sedimentos:

El río Rímac se caracteriza por tener un lecho gravoso, para estudiar el transporte de sedimentos del cauce en la zona es importante conocer las propiedades físicas de los sólidos transportados, escogiendo para el análisis tres puntos estratégicos sobre el lecho situados a la altura de los tres puentes existentes en la zona.

##### a. Tamaño:

Para clasificar las partículas según su tamaño, en el estudio de la Hidráulica Fluvial, normalmente se emplea la clasificación de Wentworth ampliada por el Subcommittee on Sediment Terminology of the American Geophysical Union (A.G.U.); que parte del concepto del diámetro de las partículas.

El tamaño de las partículas encontradas en los puntos estratégicos determinados en el lecho, fueron medidos directamente en campo para el caso de cantos rodados y guijarros cuyos resultados son los siguientes:

**CUADRO 5.4**

Estación	Diámetro Máximo (m.)
Los Angeles	1.60
Pérez de Cuéllar	1.10
Huampaní	0.90

CUADRO N° 5.5

CLASIFICACION DE SEDIMENTOS					
SEGUN WENTWORTH			PTE. HUAMPANI	PTE. PEREZ DE C.	PTE. LOS ANGELES
GRUPO	CLASE	TAMAÑO mm.	TAMAÑO mm.	TAMAÑO mm.	TAMAÑO mm.
BLOQUES		> 4000.00			
CANTOS RODADOS	Muy grandes	2000.00 - 4000.00			X
	Grandes	1000.00 - 2000.00		X	X
	Medianos	500.00 - 1000.00		X	X
	Pequeños	250.00 - 500.00		X	X
GUIJARROS	Grandes	125.00 - 250.00	X	X	X
	Pequeños	64.00 - 250.00	X	X	X
GRAVA	Muy gruesa	32.00 - 64.00	X	X	X
	Gruesa	16.00 - 32.00	X	X	X
	Mediana	8.00 - 16.00	X	X	X
	Fina	4.00 - 8.00	X	X	X
	Muy fina	2.00 - 4.00	X	X	X
ARENA	Muy gruesa	1.00 - 2.00	X	X	X
	Gruesa	0.500 - 1.00	X	X	X
	Mediana	0.250 - 0.500	X	X	X
	Fina	0.125 - 0.250	X	X	X
	Muy fina	0.062 - 0.125			
LIMO	Grueso	0.031 - 0.062	X	X	X
	Mediano	0.016 - 0.031	X	X	X
	Fino	0.008 - 0.016			X
	Muy fino	0.004 - 0.008			
ARGILLA	Grueso	0.002 - 0.004	X	X	X
	Mediano	0.001 - 0.002	X	X	X
	Fino	0.0005 - 0.001		X	X
	Muy fino	0.00024 - 0.0005			

La clasificación de Wentworth es muy practica ya que los tamaños corresponden aproximadamente a los tamices de mayor uso; para el caso de las gravas y arenas se hizo un análisis granulométrico, en el caso de limos y arcillas no se realizo la medición.

A continuación se muestra en el cuadro 5.5 los resultados de la evaluación.

**b. Forma de las Partículas:**

La forma de las partículas encontradas en el lecho son muy variadas desde sub-angulosas hasta redondeadas, influyendo en su comportamiento al iniciarse el arrastre y ser transportadas por el agua. La forma de las partículas no es un factor determinante en algún parámetro del flujo; sin embargo se establece para su identificación una magnitud llamada factor de forma:

$$F_f = \frac{c}{\sqrt{ab}} \dots\dots\dots (5.1)$$

a = Longitud máxima de la partícula.

b = Longitud mínima de la partícula.

c = Longitud perpendicular a y b.

En las zonas localizadas del lecho se realizaron las mediciones respectivas de las partículas: cantos rodados,

guijarros y gravas encontrando los siguientes factores de forma (Cuadro 5.6)

CUADRO Nº 5.6

Factor de Forma determinado en Campo					
Estación	a	b	c	F.f.	Ff.prom
Pte. Los Angeles	160	120	90	0.65	
	80	50	40	0.63	
	30	20	10	0.41	
	25	18	9	0.43	0.53
Pte. Peatonal J. Pérez de Cuéllar	110	80	60	0.64	
	60	40	20	0.41	
	45	30	15	0.41	
	15	8	6	0.55	0.50
Pte. Huampaní	90	70	50	0.63	
	50	30	20	0.52	
	30	20	8	0.33	
	40	25	13	0.41	0.47
Factor de forma Promedio en el Tramo: Pte. Huampaní - Pte. Los Angeles					0.50

**c. Composición mineralógica:**

La litología de los sedimentos clásticos han sido estudiados minuciosamente por PREDES-88; el cual agrupa a los clastos del área en: Intrusivos y Volcánicos.

**Rocas Intrusivas:** Predominan granodioritas, tonalitas, monzonitas, dioritas y tonalitas.

**Rocas Volcánicas:** Las familias más abundantes son las andesitas en una proporción mayor al 80% del total.

La litología de los clastos y su predominancia están en relación directa con la litología de los afloramientos; en el sector los afloramientos corresponden a rocas intrusivas y volcánicas (ver cuadro 5.7).

**CUADRO 5.7**

ESTACION	INTRUSIVA %	VOLCANICA %
LOS ANGELES	60	40
HUAMPANI	44	56

La predominancia de los rodados intrusivos en la estación Los Angeles, se justifica por la presencia de rocas de esta misma naturaleza en las quebradas de la cuenca ubicadas aguas arriba de la estación; las que aportan clastos que se incluyen en la carga sólida del río.

**d. Granulometría de los Sedimentos:**

Los ensayos de granulometría de las muestras obtenidas del material del lecho se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos; encontrando partículas diversas tales como cantos rodados, guijarros, gravas, arenas y finos.

El análisis mecánico de las muestras, permiten representar su distribución gráfica, mediante la denominada curva granulometrica.

Seguidamente se anexa los resultados de los ensayos obtenidos con sus respectivas curvas de distribución granulometrica y la interpretación de los mismos:

**Muestra - 1: Estacion " Los Angeles "**

La muestra corresponde a una distribución granulometrica con mayor porcentaje retenido por la malla N<sup>o</sup> 4 ( 66% ); es una grava bien graduada con un 34% de arena con pocos finos obtenida en el cauce del río al estado natural, su humedad natural es de 2.3 %

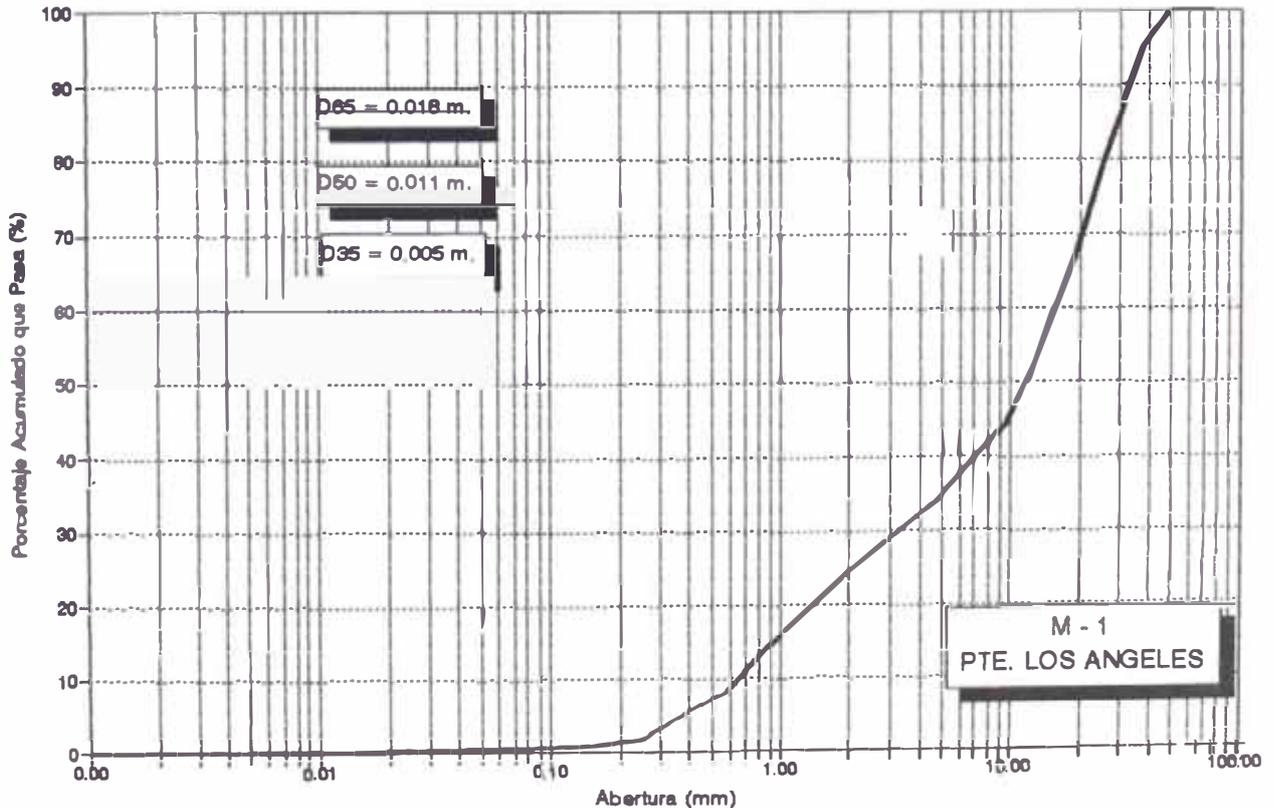
**Muestra - 2: Estacion " J. Pérez de Cuéllar "**

La muestra tomada en pleno lecho del río presenta un 79% de material retenido por la malla N<sup>o</sup> 4; corresponde a una grava bien graduada, con un 21% de arena y una humedad natural de 2.0 %

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

<b>Solicitante</b>	Bach. Maria del Rosario Alvarez Neyra		
<b>Proyecto</b>	Planificación Geotécnica del Peligro Múltiple Tramo Pte. Huampaní - Pte. Los Angeles		
<b>Localización</b>	Pte. Los Angeles altura Km. 27+000 de Carretera Central - Chacabayo		
<b>Muestra</b>	M - 1 Cauce del río Rimac - Pte. Los Angeles		
<b>P.M.sec.horno</b>	2,000	grs.	(W)
<b>P.M.lav.sec.hor</b>	1,990.10	grs.	(Wo)
<b>Profundidad</b>	0.00-1.00 m.	<b>Operador :</b>	M.R.A.N. <b>Fecha :</b> Nov. 1994

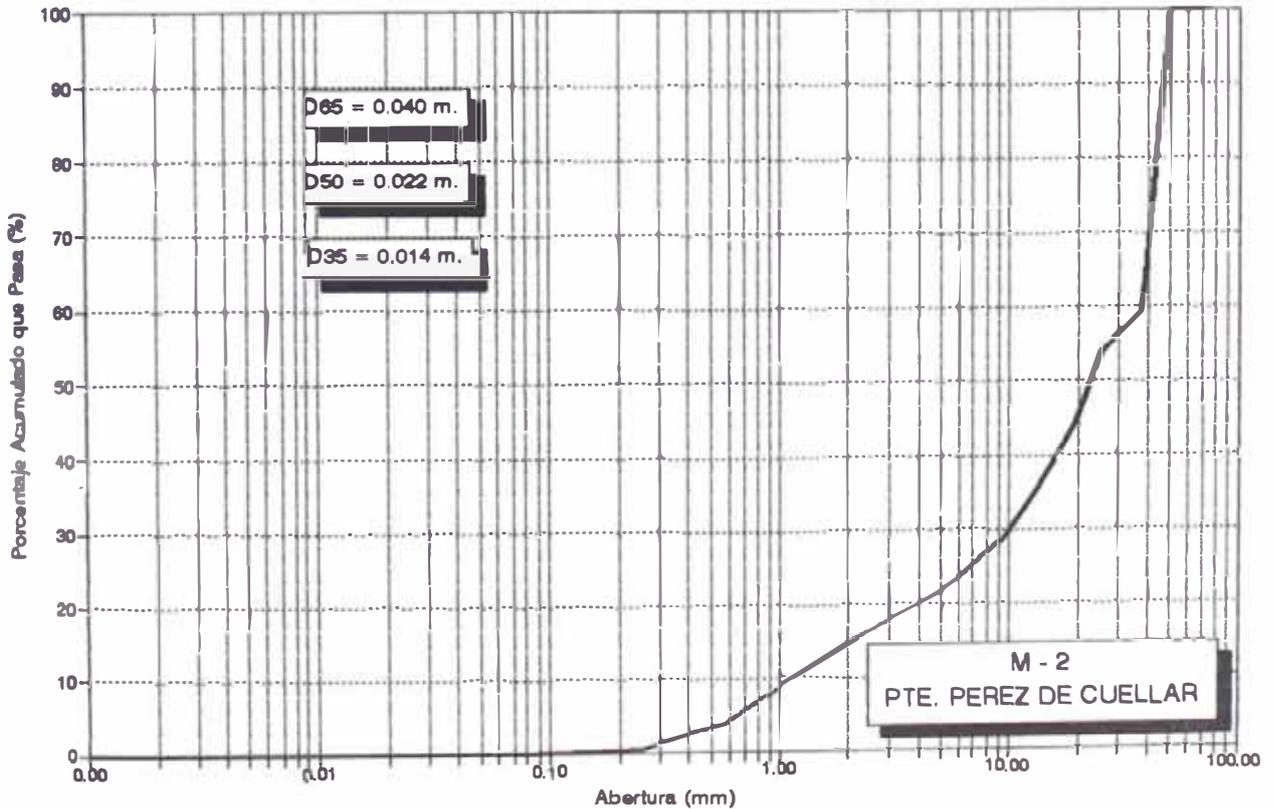
TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO RETENID (grs)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULADO PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.300	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	100.00	5.00	5.00	95.00
1"	25.400	305.80	15.30	20.30	79.70
3/4"	19.050	253.00	12.70	33.00	67.00
1/2"	12.700	292.20	14.60	47.60	52.40
3/8"	9.525	162.30	8.10	55.70	44.30
1/4"	6.350	122.40	6.10	61.80	38.20
Nº 04	4.760	83.60	4.20	66.00	34.00
Nº 10	2.000	191.80	9.60	75.60	24.40
Nº 20	0.840	214.00	10.70	86.30	13.70
Nº 30	0.590	112.00	5.60	91.90	8.10
Nº 40	0.420	46.30	2.30	94.20	5.80
Nº 60	0.250	83.70	4.20	98.40	1.60
Nº 100	0.149	17.30	0.90	99.30	0.70
Nº 200	0.074	5.70	0.30	99.60	0.40
Platillo		8.00	0.40	100.00	0.00



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

<b>Solicitante</b>	Bach. Maria del Rosario Alvarez Neyra				
<b>Proyecto</b>	Planificación Geotécnica del Peligro Múltiple Tramo Pte. Huampani - Pte. Los Angeles				
<b>Localización</b>	Pte. Peatonal Javier Perez de Cuellar altura Km. 25+500 de Carretera Central - Chaclacayo				
<b>Muestra</b>	M - 2 Cauce del rio Rimac - Pte. Peatonal Javier Perez de Cuellar				
<b>P.M.sec.horno</b>	2,000	gr.	(W)		
<b>P.M.lav.sec.hor</b>	1,994.70	gr.	(Wo)		
<b>Profundidad</b>	0.00-1.00 m.	<b>Operador :</b>	M.R.A.N.	<b>Fecha :</b>	Nov. 1994

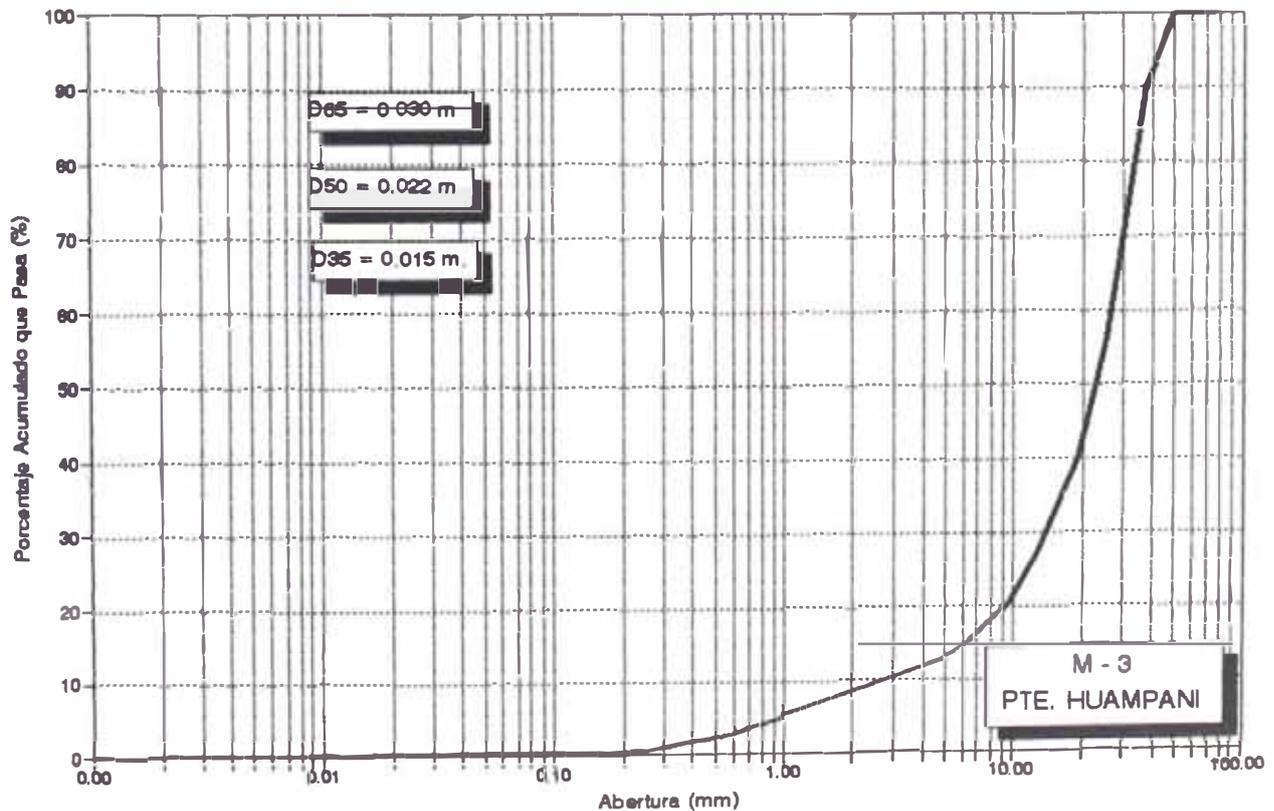
TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO RETENID (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULADO PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.300	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	813.70	40.70	40.70	59.30
1"	25.400	105.20	5.30	46.00	54.00
3/4"	19.050	200.20	10.00	56.00	44.00
1/2"	12.700	187.00	9.40	65.40	34.60
3/8"	9.525	115.30	5.80	71.20	28.80
1/4"	6.350	95.50	4.80	76.00	24.00
Nº 04	4.750	57.20	2.90	78.90	21.10
Nº 10	2.000	128.00	6.40	85.30	14.70
Nº 20	0.840	150.00	7.50	92.80	7.20
Nº 30	0.590	70.00	3.50	96.30	3.70
Nº 40	0.420	25.40	1.30	97.60	2.40
Nº 60	0.250	40.00	2.00	99.60	0.40
Nº 100	0.149	5.80	0.30	99.90	0.10
Nº 200	0.074	1.40	0.10	100.00	0.00
Platillo		0.00	0.00	100.00	0.00



## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

Solicitante	Bach. Maria del Rosario Alvarez Neyra					
Proyecto	Planificación Geotécnica del Peligro Múltiple Tramo Pte. Huampani - Pte. Los Angeles					
Localización	Pte. Huampani altura Km. 24+000 de Carretera Central - Chacacayo					
Muestra	M - 3 Cauce del río Rimac - Pte. Huampani					
P.M.sec.horno	2,000 grs. (W)					
P.M.lav.sec.hor	1,995 grs. (Wo)					
Profundidad	0.00-1.00 m.	Operador :	M.R.A.N.	Fecha :	Nov. 1994	

TAMIZ	ABERTURA ( m.m. )	PESO RETENID ( grs )	% PARCIAL RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULADO PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.300	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	198.80	9.90	9.90	90.10
1"	25.400	677.20	33.90	43.80	56.20
3/4"	19.050	322.00	16.10	59.90	40.10
1/2"	12.700	253.40	12.70	72.60	27.40
3/8"	9.525	144.60	7.20	79.80	20.20
1/4"	6.350	103.00	5.20	85.00	15.00
Nº 04	4.760	49.00	2.50	87.50	12.50
Nº 10	2.000	84.40	4.20	91.70	8.30
Nº 20	0.840	80.30	4.00	95.70	4.30
Nº 30	0.590	38.80	1.90	97.60	2.40
Nº 40	0.420	14.20	0.70	98.30	1.70
Nº 60	0.250	24.60	1.20	99.50	0.50
Nº 100	0.149	3.70	0.20	99.70	0.30
Nº 200	0.074	1.00	0.10	99.80	0.20
Platillo		3.00	0.20	100.00	-0.00



### Muestra - 3: Estacion " Huampaní "

La muestra presenta un 88% de material retenido por la malla N° 4 con 12% de arena; es una grava bien graduada obtenida en el cauce del río al estado natural, con una humedad natural de 2.2 %

Allen Hazen propuso como parámetro de control el  $C_u$  (Coeficiente de Uniformidad), cuando este decrece la uniformidad aumenta y como parámetro complementario tenemos el coeficiente de curvatura  $C_c$ , su valor para suelos bien graduados oscila entre 1 y 3.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \dots \dots \dots (5.2)$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60}D_{10}} \dots \dots \dots (5.3)$$

Donde:

$D_{60}$  = Tamaño tal que el 60% del peso del suelo sea igual o menor

$D_{30}$  = Tamaño tal que el 30% del peso del suelo sea igual o menor

$D_{10}$  = Tamaño tal que el 10% del peso del suelo sea igual o menor

La Distribución Standard Geométrica  $\sigma_g$ , el diámetro medio  $D_m$  y el diámetro medio geométrico  $D_g$  de la distribución granulométrica del sedimento se calcularon con las siguientes fórmulas:

$$D_m = D_{50} 10^{\left[ \frac{n-50}{34} \log \delta_g \right]} \dots \dots \dots (5.4)$$

$$\delta_g = \frac{D_{84}}{D_{50}} \dots \dots \dots (5.5)$$

$$D_m = \frac{1}{100} \sum \Delta P_i D_i \dots \dots \dots (5.6)$$

$$D_g = 10^{\frac{1}{100} \sum \Delta P_i \log D_i} \dots \dots \dots (5.7)$$

$\Delta P_i$  = Valor en % de cada intervalo en que se divide la curva granulométrica.

$D_i$  = Diámetro medio correspondiente a cada intervalo en que se divide la curva granulométrica.

$D_{84}$  = Tamaño tal que el 84% en peso del suelo sea igual o menor.

$D_{50}$  = Tamaño tal que el 50% en peso del suelo sea igual o menor.

El cuadro 5.8 nos da los resultados obtenidos de las tres muestras analizadas para el estudio :

**CUADRO 5.8**

FACTOR	MUESTRA-1	MUESTRA-2	MUESTRA-3	PROMEDIO
C <sub>u</sub>	24.2	19	9.3	17.5
C <sub>c</sub>	1.0	1.6	3.1	1.9
σ <sub>g</sub>	2.3	2.1	2.7	2.4
D <sub>n</sub>	25.8	46.6	34.5	35.6
D <sub>g</sub>	10.4	19.2	15.1	14.9

Del cuadro anterior podemos deducir lo siguiente:

- Las tres muestras ensayadas presentan un coeficiente de uniformidad mayor que 3; se consideran sedimentos no uniformes de granulometría extendida.
- Los coeficientes de contracción de las muestras oscilan entre 1 y 3 por lo que se les considera gravas bien graduadas.
- El diámetro medio promedio de los sedimentos del lecho en el tramo es de 35.6 mm. y el diámetro medio geométrico es de 14.9 mm.

**e. Peso Específico :**

El peso específico relativo de sólidos hallado en el laboratorio de las muestras del tramo tienen un valor promedio de 2.75 (Ver hoja de laboratorio)

**PESO RELATIVO DE SOLIDOS (  $S_s$  )**

<b>Solicitante</b>	Bach. Maria del Rosario Alvarez Neyra			
<b>Proyecto</b>	Planificación Geotécnica del Peligro Múltiple Tramo Pte. Huampani - Pte. Los Angeles			
<b>Profundidad</b>	0.00-1.00 m.	<b>Operador :</b>	M.R.A.N.	<b>Fecha :</b> Nov. 1994

<b>Localizacion</b>	Pte. Huampani altura Km. 24+000 de Carretera Central - Chacabayo	
<b>Muestra</b>	M - 1 Cauce del río Rimac - Pte. Huampani	
	Contiene Hierro ( gr )	8.00
1	Peso del frasco + peso suelo seco ( gr )	251.60
2	Peso del frasco volumetrico ( gr )	151.60
3	Peso del suelo seco ( 1 - 2 ) ( gr )	100.00
4	Peso del frasco + peso suelo + peso agua ( gr )	713.40
5	Peso del frasco + peso agua ( gr )	650.00
	$S_s = 3 / ( (3+5) - (4) )$	2.73

<b>Localizacion</b>	Pte. Peatonal Javier Perez de Cuellar altura Km. 25+500 de Carretera Central - Chacabayo	
<b>Muestra</b>	M - 2 Cauce del río Rimac - Pte. Peatonal Javier Perez de Cuellar	
	Contiene Hierro ( gr )	4.00
1	Peso del frasco + peso suelo seco ( gr )	268.60
2	Peso del frasco volumetrico ( gr )	168.60
3	Peso del suelo seco ( 1 - 2 ) ( gr )	100.00
4	Peso del frasco + peso suelo + peso agua ( gr )	730.20
5	Peso del frasco + peso agua ( gr )	666.60
	$S_s = 3 / ( (3+5) - (4) )$	2.75

<b>Localizacion</b>	Pte. Los Angeles altura Km. 27+000 de Carretera Central - Chacabayo	
<b>Muestra</b>	M - 3 Cauce del río Rimac - Pte. Los Angeles	
	Contiene Hierro ( gr )	4.00
1	Peso del frasco + peso suelo seco ( gr )	268.60
2	Peso del frasco volumetrico ( gr )	168.60
3	Peso del suelo seco ( 1 - 2 ) ( gr )	100.00
4	Peso del frasco + peso suelo + peso agua ( gr )	730.40
5	Peso del frasco + peso agua ( gr )	666.60
	$S_s = 3 / ( (3+5) - (4) )$	2.76

#### 5.2.10.2 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS:

Conocer la cantidad de sedimentos que es capaz de transportar el río Rímac en la zona es muy importante para tomar como parámetro en el diseño de las obras de encauzamiento. La cantidad de sedimentos transportados influyen en las características geométricas de la sección transversal del río y en su pendiente.

Para la determinación del material transportado solo existen dos posibilidades: medición y cálculo.

La medición del material transportado solo se puede efectuar en ríos de poca pendiente y material fino.

Para el cálculo existen varias fórmulas, correspondiendo a diversas interpretaciones de la manera como ocurren los fenómenos; todas estas fórmulas han sido establecidas para condiciones idealizadas en el laboratorio, su aplicación a condiciones naturales da lugar en algunos casos a resultados contradictorios.

Las fórmulas para el transporte de sólidos de fondo no indican en realidad la cantidad de sólidos que transporta un río, sino la máxima cantidad que podría transportar si este tuviera el material disponible.

Dada las características del río procederé a calcular el transporte de sólidos por el método de Meyer - Peter y Muller y por el Método de Einstein; el método de Engelund

es aplicable para cauces arenosos y el río en estudio tiene su cauce gravoso; por lo tanto no se aplicará este método.

**A. Método de Meyer - Peter y Muller:**

Este método es aplicable para materiales de cualquier peso específico, para muestras de material uniforme o con granulometría extendida, se aplica mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{TP} = 8\gamma_s g^{1/2} \Delta^{1/2} D_m^{3/2} [(n'/n)^{3/2} \tau_* - 0.047]^{3/2} \dots \dots \dots (5.8)$$

donde:

n = rugosidad total del cauce. Se obtiene de la formula de Manning.

n' = rugosidad debida a las partículas. Se obtiene de la fórmula de Meyer - Peter y Muller:

$$n' = \frac{D_{90}^{1/6}}{26} \dots \dots \dots (5.9)$$

$$\tau_* = (\gamma RH S) / (\gamma_s - \gamma) D_m$$

$$\gamma_s = 2750 \text{ Kg/m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ m/seg}^2$$

$$\Delta = 1.75$$

Dm = Diámetro medio.

$$Dm-1 = 0.258 \text{ m.}; Dm-2 = 0.466 \text{ m.}; Dm-3 = 0.345 \text{ m.}$$

$$RH-1 = 1.43 \text{ m.}; RH-2 = 1.95 \text{ m.}; RH-3 = 2.79 \text{ m.}$$

S-1 = 0.017      S-2 = 0.0195      S-3 = 0.0164  
 $\tau^*-1 = 0.0342$        $\tau^*-2 = 0.0297$        $\tau^*-3 = 0.0482$

Los resultados de  $Q_{TF}$  obtenidos mediante este método nos muestran error, debido a que los valores de  $\tau^*$  son muy bajos por lo cual hace indeterminada la ecuación.

Por lo tanto este método no es aplicable para las muestras tomadas aun cuando estas cumplan con las condiciones exigidas para la aplicación de la fórmula.

**B. Método de Einstein:**

Es uno de los métodos más difundidos, propuesto en 1950; permite cuantificar por separado todo el material de fondo que es arrastrado y el que es transportado en suspensión mediante las siguientes fórmulas:

**Fórmula para el arrastre de la capa de fondo:**

$$Q_j = \phi_s \rho_i \gamma_s (g \Delta D_i^3)^{1/2} \dots \dots \dots (5.10)$$

y por tanto:

$$Q_F = \sum_{j=(1,2)} Q_j \dots \dots \dots (5.$$

donde:

$\phi^*$  = función de transporte que se obtiene de la función  $\Psi^*$  con la fig. 5.9

$p_1$  = porcentaje en peso de las partículas con diámetro  $D_i$  o porcentaje de cada una de las fracciones.

$Y$  = Coeficiente que toma en cuenta el cambio que sufre la sustentación de cada partícula dentro de la mezcla de granos, se obtiene en función de  $D_{85}/\delta'$  con la fig. 5.8

$\xi$  = Coeficiente que toma en cuenta el hecho de que las partículas grandes ocultan a las pequeñas. Se obtiene en función de  $D_1/X$

$x$  = Coeficiente que toma en cuenta si el flujo es de pared lisa o rugosa. Se obtiene en función de  $D_{85}/\delta'$  con la fig. 5.6

$\delta'$  = espesor de la sub capa laminar, referida a la rugosidad de las partículas.

$$\delta' = (11.6 \nu) / U^*$$

$X$  = Coeficiente que toma en cuenta el tamaño de las partículas y grado de turbulencia de la corriente

$$X = 0.77 D_{85} / x \quad \text{si } D_{85} / x\delta' > 1.8$$

$$X = 1.39 \delta' \quad \text{si } D_{85} / x\delta' < 1.8$$

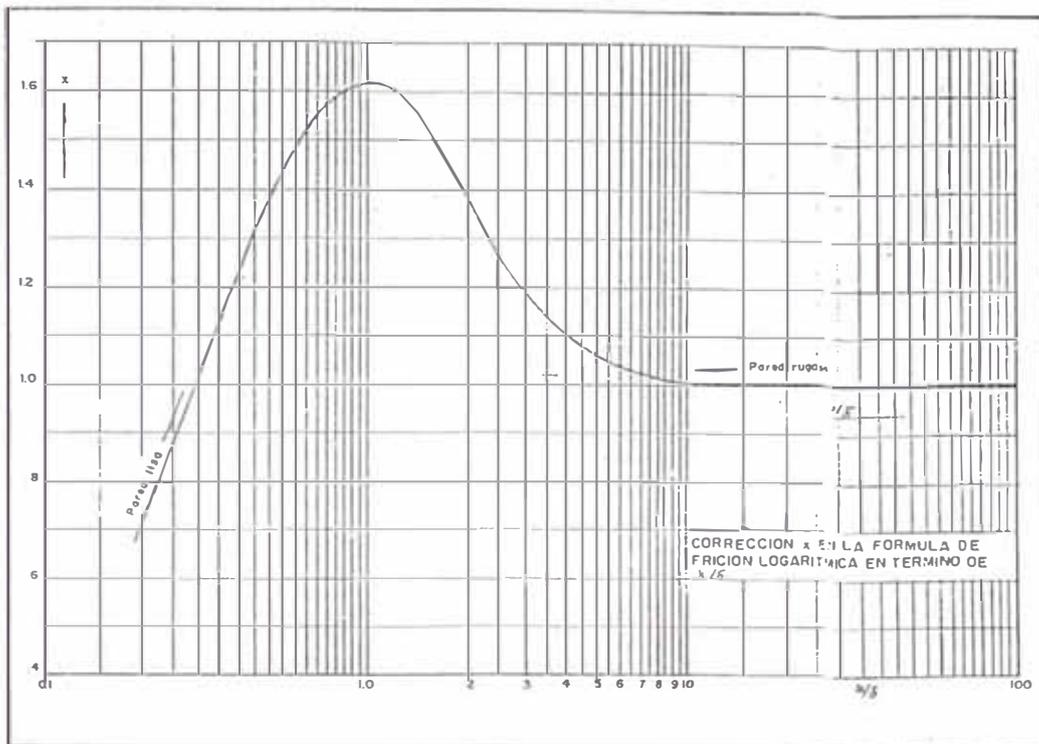
$U^*$  = Velocidad de la corriente asociada con el radio hidráulico  $R'_H$

$$U^* = (g R'_H S)^{(1/2)}$$

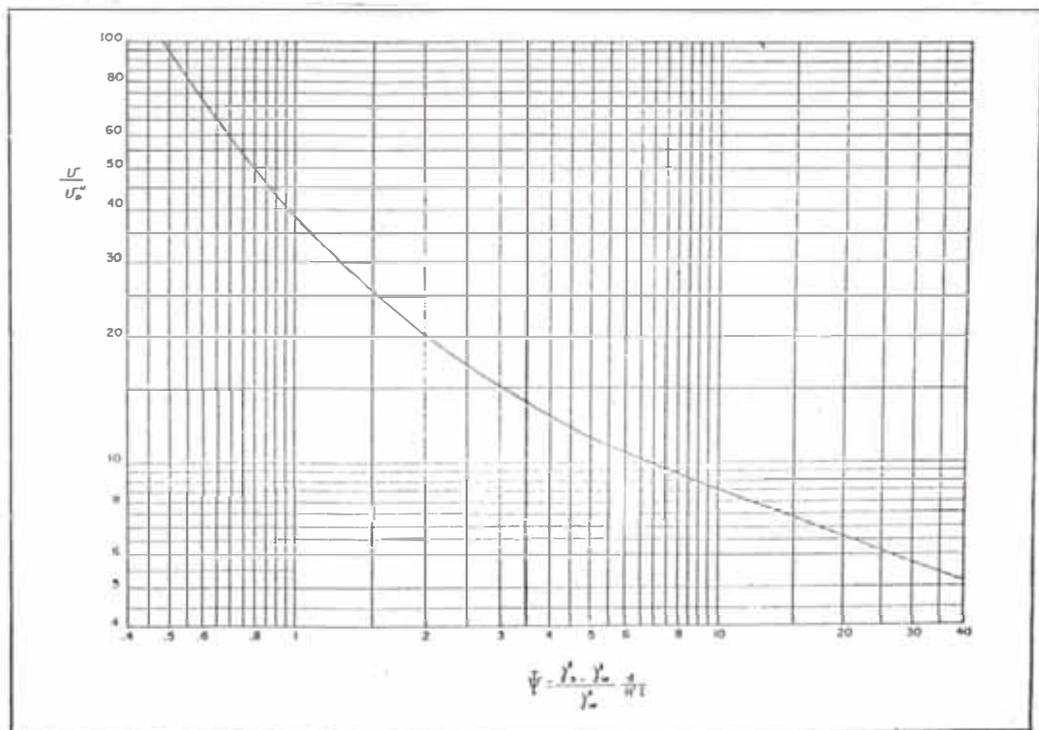
## TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

### 1. CALCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DE SOLIDOS DE FONDO ( METODO DE EINSTEIN )

N°	DATOS	M-1	M-2	M-3
	Viscosidad del Agua a T6°C	1.427E-06	m2/seg	
	Peso Específico de sólidos (&s)	2750	Kg/m3	
	Peso Específico del agua (&w)	1000	Kg/m3	
	( &s - &w ) / (&w) = P	1.75		
	g	9.81	m/seg2	
	S	0.017	0.020	0.016
	D50	0.011	0.022	0.022
	D65	0.018	0.040	0.030
	D35	0.005	0.014	0.015
<b>METODO DE EINSTEIN</b>				
<b>1ra</b>	<b>Rh</b>	<b>2.53</b>	<b>1.80</b>	<b>0.90</b>
1.	$T^* = (Rh \times S) / ((\&s - \&w) / (\&w) \times D50)$	2.23	0.94	0.37
2.	$T^{*'} = 0.06 + 0.4 \times T^{*2}$	2.05	0.41	0.11
3.	$Rh' = T^{*'} \times P \times D50/S$	2.32	0.79	0.26
4.	$V^{*'} = (g \times Rh \times S)^{1/2}$	0.65	0.59	0.38
5.	$d' = 11.6 \times \rho / V^{*'}^3$	2.54665E-05	2.80563E-05	4.36811E-05
6.	$Ks/d' = D65/d'$	706.81	1425.71	688.69
7.	Según Fig. N° 5.6 con $D50/d' \Rightarrow X$	1	1	1
8.	$V = V^{*'} \times 5.75 \times \text{LOG}(12.27 \times Rh' / (Ks/X))$	11.96	8.09	4.43
9.	$SHI' = P \times (D50 / (Rh' \times S))$	0.49	2.44	9.25
10.	De Fig. N° 5.7 con $SHI' \Rightarrow V/V^{*'}$	95	17	9
11.	$V^{**} = V / \text{Fig. N° 5.7}$	0.13	0.48	0.49
12.	de $V^{**} = (g \times Rh^* \times S)^{1/2} \Rightarrow Rh^*$	0.1	1.17	1.53
<b>2da.</b>	<b>Rh = Rh' + Rh"</b>	<b>2.42</b>	<b>1.98</b>	<b>1.79</b>
1.	$T^* = (Rh \times S) / ((\&s - \&w) / (\&w) \times D50)$	2.14	1.02	0.74
2.	$T^{*'} = 0.06 + 0.4 \times T^{*2}$	1.89	0.48	0.28
3.	$Rh' = T^{*'} \times P \times D50/S$	2.14	0.92	0.67
4.	$V^{*'} = (g \times Rh \times S)^{1/2}$	0.64	0.62	0.53
5.	$d' = 11.6 \times \rho / V^{*'}^3$	2.58644E-05	2.66987E-05	3.12325E-05
6.	$Kg/d' = D65/d'$	695.94	1498.2	960.54
7.	Según Fig. N° 5.6 con $D50/d' \Rightarrow X$	1	1	1
8.	$V = V^{*'} \times 5.75 \times \text{LOG}(12.27 \times Rh' / (Kg/X))$	11.64	8.74	7.43
9.	$SHI' = P \times (D50 / (Rh' \times S))$	0.53	2.09	3.59
10.	De Fig. N° 5.7 con $SHI' \Rightarrow V/V^{*'}$	81	20	14.5
11.	$V^{**} = V / \text{Fig. N° 5.7}$	0.14	0.44	0.51
12.	de $V^{**} = (g \times Rh^* \times S)^{1/2} \Rightarrow Rh^*$	0.12	0.99	1.66
<b>3ra.</b>	<b>Rh = Rh' + Rh"</b>	<b>2.28</b>	<b>1.91</b>	<b>2.33</b>
1.	$T^* = (Rh \times S) / ((\&s - \&w) / (\&w) \times D50)$	2	0.99	0.97
2.	$T^{*'} = 0.06 + 0.4 \times T^{*2}$	1.66	0.45	0.44
3.	$Rh' = T^{*'} \times P \times D50/S$	1.88	0.87	1.06
4.	$V^{*'} = (g \times Rh \times S)^{1/2}$	0.61	0.61	0.6
5.	$d' = 11.6 \times \rho / V^{*'}^3$	2.71364E-05	2.71364E-05	2.75887E-05
6.	$Kg/d' = D65/d'$	663.32	1474.04	1087.4
7.	Según Fig. N° 5.6 con $D50/d' \Rightarrow X$	1	1	1
8.	$V = V^{*'} \times 5.75 \times \text{LOG}(12.27 \times Rh' / (Kg/X))$	10.9	8.51	9.1
9.	$SHI' = P \times (D50 / (Rh' \times S))$	0.6	2.21	2.27
10.	Según Fig. N° 5.6 con $D50/d' \Rightarrow X$	72	18	17.5
11.	$V^{**} = V / \text{Fig. N° 5.7}$	0.15	0.47	0.52
12.	de $V^{**} = (g \times Rh^* \times S)^{1/2} \Rightarrow Rh^*$	0.13	1.13	1.72
<b>4ta.</b>	<b>Rh = Rh' + Rh"</b>	<b>2.01</b>	<b>2.00</b>	<b>2.78</b>



**FIG. N° 5.6**  
**FACTOR DE CORRECCION X**  
**METODO DE EINSTEIN**



**FIG. N° 5.7**  
**RELACION U/U\* vs U**

## TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

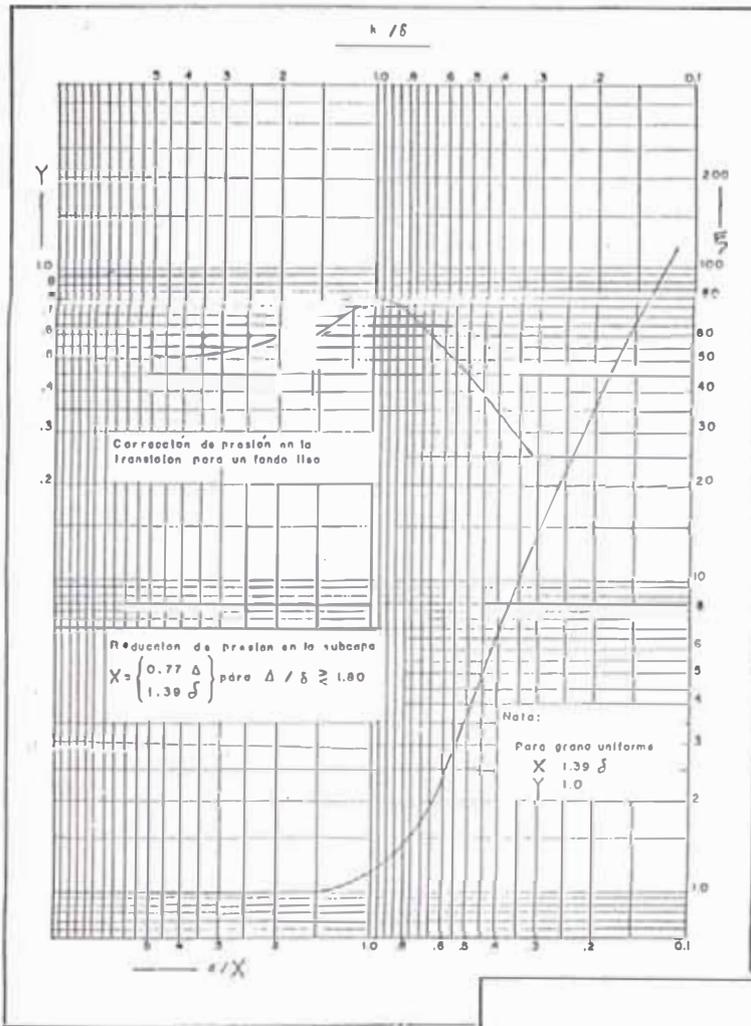
### 1. CALCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DE SOLIDOS DE FONDO ( METODO DE EINSTEIN )

N°	DATOS	M-1	M-2	M-3
	Viscosidad del Agua a T6°C	1.427E-06	m2/seg	
	Peso Especifico de solidos (&s)	2750	Kg/m3	
	Peso Especifico del agua (&w)	1000	Kg/m3	
	( &s - &w ) / (&w) = P	1.75		
	g	9.81	m/seg2	
	S	0.017	0.020	0.016
	D50	0.011	0.022	0.022
	D65	0.018	0.040	0.030
	D35	0.005	0.014	0.015
<b>METODO DE EINSTEIN</b>				
<b>4ta.</b>	<b>Rh = Rh' + Rh"</b>	<b>2.01</b>	<b>2.00</b>	<b>2.78</b>
1.	$T^* = (Rh \times S) / ((\&s - \&w) / (\&w) \times D50)$	1.78	1.04	1.16
2.	$T^{*'} = 0.06 + 0.4 \times T^* \wedge 2$	1.33	0.49	0.6
3.	$Rh' = T^{*'} \times P \times D50 / S$	1.51	0.94	1.44
4.	$V^{*'} = (g \times Rh \times S) \wedge 1/2$	0.58	0.63	0.66
5.	$d' = 11.6 \times \rho / V^{*'}$	2.654E-05	2.62749E-05	2.50606E-05
6.	$Ks/d' = D65/d'$	630.69	1522.36	1196.14
7.	Según Fig. N° 5.6 con $D50/d' \Rightarrow X$	1	1	1
8.	$V = V^{*' \times 5.75 \times \text{LOG}(12.27 \times Rh' / (Ks/X))$	10.05	8.91	10.51
9.	$SHI' = P \times (D50 / (Rh' \times S))$	0.75	2.05	1.67
10.	De Fig. N° 5.7 con $SHI' \Rightarrow V/V^{**}$	53	20	22
11.	$V^{**} = V / \text{Fig. N° 5.7}$	0.19	0.45	0.48
12.	de $V^{**} = (g \times Rh'' \times S) \wedge 1/2 \Rightarrow Rh''$	0.22	1.03	1.47
<b>5ta.</b>	<b>Rh = Rh' + Rh"</b>	<b>1.73</b>	<b>1.97</b>	<b>2.91</b>
1.	$T^* = (Rh \times S) / ((\&s - \&w) / (\&w) \times D50)$	1.53	1.02	1.21
2.	$T^{*'} = 0.06 + 0.4 \times T^* \wedge 2$	1	0.48	0.65
3.	$Rh' = T^{*'} \times P \times D50 / S$	1.13	0.92	1.56
4.	$V^{*'} = (g \times Rh \times S) \wedge 1/2$	0.54	0.62	0.68
5.	$d' = 11.6 \times \rho / V^{*'}$	3.06541E-05	2.66987E-05	2.43429E-05
6.	$Kg/d' = D65/d'$	587.2	1496.2	1232.39
7.	Según Fig. N° 5.6 con $D50/d' \Rightarrow X$	1	1	1
8.	$V = V^{*' \times 5.75 \times \text{LOG}(12.27 \times Rh' / (Kg/X))$	8.96	8.74	10.97
9.	$SHI' = P \times (D50 / (Rh' \times S))$	1	2.09	1.54
10.	De Fig. N° 5.7 con $SHI' \Rightarrow V/V^{**}$	38	20	25
11.	$V^{**} = V / \text{Fig. N° 5.7}$	0.24	0.44	0.44
12.	de $V^{**} = (g \times Rh'' \times S) \wedge 1/2 \Rightarrow Rh''$	0.35	0.99	1.23
<b>6ta.</b>	<b>Rh = Rh' + Rh"</b>	<b>1.48</b>	<b>1.91</b>	<b>2.79</b>
1.	$T^* = (Rh \times S) / ((\&s - \&w) / (\&w) \times D50)$	1.31	0.99	1.16
2.	$T^{*'} = 0.06 + 0.4 \times T^* \wedge 2$	0.75	0.45	0.6
3.	$Rh' = T^{*'} \times P \times D50 / S$	0.65	0.87	1.44
4.	$V^{*'} = (g \times Rh \times S) \wedge 1/2$	0.5	0.61	0.66
5.	$d' = 11.6 \times \rho / V^{*'}$	3.31064E-05	2.71364E-05	2.50606E-05
6.	$Kg/d' = D65/d'$	543.7	1474.04	1196.14
7.	Según Fig. N° 5.6 con $D50/d' \Rightarrow X$	1	1	1
8.	$V = V^{*' \times 5.75 \times \text{LOG}(12.27 \times Rh' / (Kg/X))$	7.94	8.51	10.51
9.	$SHI' = P \times (D50 / (Rh' \times S))$	1.33	2.21	1.67
10.	Según Fig. N° 5.6 con $D50/d' \Rightarrow X$	26	18.5	23
11.	$V^{**} = V / \text{Fig. N° 5.7}$	0.31	0.48	0.46
12.	de $V^{**} = (g \times Rh'' \times S) \wedge 1/2 \Rightarrow Rh''$	0.58	1.06	1.35
<b>7ma.</b>	<b>Rh = Rh' + Rh"</b>	<b>1.43</b>	<b>1.95</b>	<b>2.79</b>

## TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

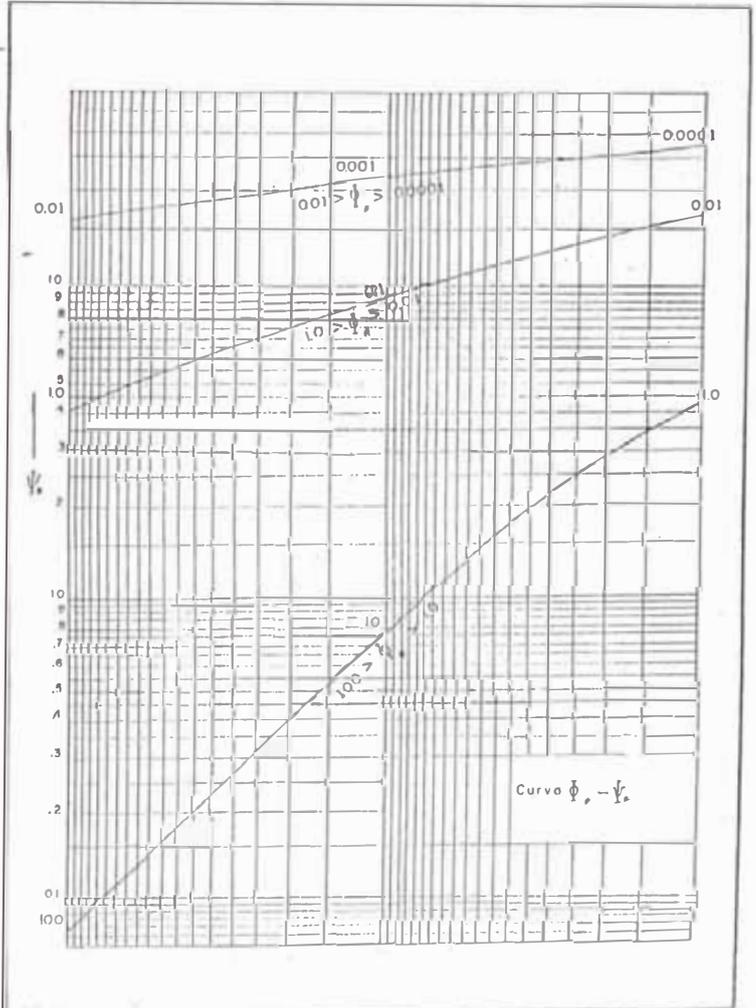
### 1. CALCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DE SOLIDOS DE FONDO ( METODO DE EINSTEIN )

Nº	DATOS	M-1	M-2	M-3
	Viscosidad del Agua a T6°C	1.427E- 08 m2/seg		
	Peso Especifico de solidos (&s)	2750 Kg/m3		
	Peso Especifico del agua (&w)	1000 Kg/m3		
	( &s - &w )/ (&w) = P	1.75		
	g	9.81 m/seg2		
	S	0.017	0.020	0.016
	D50	0.011	0.022	0.022
	D65	0.018	0.040	0.030
	D35	0.005	0.014	0.015
<b>METODO DE EINSTEIN</b>				
	<b>Rh = Rh' + Rh"</b>	<b>1.43</b>	<b>1.96</b>	<b>2.79</b>
1.	Si Kg/X/d > 1.8 X = 0.77 x Kg/X	0.014	0.031	0.023
	Si Kg/X/d < 1.8 X = 1.39 x d			
2.	Calculamos %			
	Intervalo      Di (mm)	%	%	%
	100 - 50      75.0	0.00	0.00	0.00
	60 - 40      50.0	0.00	0.00	0.00
	40 - 30      35.0	5.00	40.70	9.90
	30 - 20      25.0	15.30	5.30	33.90
	20 - 15      17.5	12.70	10.00	16.10
	15 - 10      12.5	14.60	9.40	12.70
	10 - 7.5      8.75	8.10	5.80	7.20
	7.5 - 5      6.25	6.10	4.80	5.20
	5 - 3      4.0	4.20	2.90	2.50
	3 - 1      2.0	9.60	6.40	4.20
	1 - 0.7      0.85	10.70	7.50	4.00
	0.7 - 0.4      0.55	5.60	3.50	1.90
	0.4 - 0.1      0.25	6.50	3.30	1.90
3.	Calculamos Di/X			
	Intervalo      Di (mm)			
	100 - 50      75.0	5.36	2.42	3.26
	60 - 40      50.0	3.57	1.61	2.17
	40 - 30      35.0	2.50	1.13	1.52
	30 - 20      25.0	1.79	0.81	1.09
	20 - 15      17.5	1.25	0.56	0.76
	15 - 10      12.5	0.89	0.40	0.54
	10 - 7.5      8.75	0.63	0.28	0.38
	7.5 - 5      6.25	0.46	0.21	0.28
	5 - 3      4.0	0.29	0.13	0.17
	3 - 1      2.0	0.14	0.06	0.09
	1 - 0.7      0.85	0.06	0.03	0.04
	0.7 - 0.4      0.55	0.04	0.02	0.02
	0.4 - 0.1      0.25	0.02	0.01	0.01
4.	SHI = P x (Di/(Rh x S))			
	Intervalo      Di (mm)			
	100 - 50      75.0	5.4	3.37	2.94
	60 - 40      50.0	3.6	2.24	1.96
	40 - 30      35.0	2.52	1.57	1.37
	30 - 20      25.0	1.8	1.12	0.99
	20 - 15      17.5	1.26	0.79	0.69
	15 - 10      12.5	0.9	0.56	0.49
	10 - 7.5      8.75	0.63	0.39	0.34
	7.5 - 5      6.25	0.47	0.29	0.25
	5 - 3      4.0	0.29	0.18	0.16
	3 - 1      2.0	0.14	0.09	0.08
	1 - 0.7      0.85	0.06	0.04	0.03
	0.7 - 0.4      0.55	0.04	0.02	0.02
	0.4 - 0.1      0.25	0.02	0.01	0.01



**FIG. N° 5.8**  
**FACTOR DE CORRECCION Y**

**FIG. N° 5.9**  
**CURVA  $O^* vs U^*$**

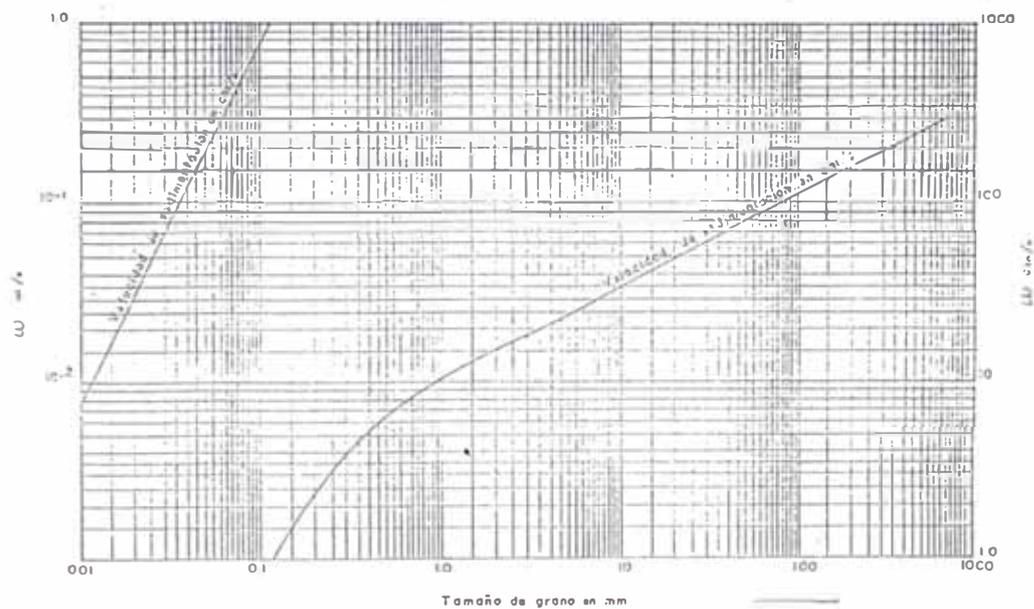


## TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

### 1. CALCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DE SOLIDOS DE FONDO ( METODO DE EINSTEIN )

N°	DATOS	M-1	M-2	M-3
	Viscosidad del Agua a T6°C	1.427E-06	m2/seg	
	Peso Específico de solidos (&s)	2750	Kg/m3	
	Peso Específico del agua (&w)	1000	Kg/m3	
	( &s - &w )/ (&w) = P	1.75		
	g	9.81	m/seg2	
	S	0.017	0.020	0.016
	D50	0.011	0.022	0.022
	D65	0.018	0.040	0.030
	D35	0.005	0.014	0.015
<b>METODO DE EINSTEIN</b>				
5.	Calculo de Epsilon de Fig. N° 5.8 con d/X			
	Intervalo      Di (mm)			
	100 - 50      75.0	1.00	1.00	1.00
	60 - 40      50.0	1.00	1.00	1.00
	40 - 30      35.0	1.00	1.10	1.00
	30 - 20      25.0	1.00	1.40	1.10
	20 - 15      17.5	1.10	2.60	1.50
	15 - 10      12.5	1.30	6.00	2.70
	10 - 7.5      8.75	2.00	15.00	6.50
	7.5 - 5      6.25	5.00	35.00	16.00
	5 - 3      4.0	14.00	70.00	40.00
	3 - 1      2.0	65.00	200.00	200.00
	1 - 0.7      0.65	200.00	200.00	200.00
	0.7 - 0.4      0.55	200.00	200.00	200.00
	0.4 - 0.1      0.25	200.00	200.00	200.00
6.	Calculo de Y de Fig. N° 5.8 con K/d'	0.50	0.50	0.50
7.	Beta* = LOG ( 10.6 x X/D65 )	0.92	0.91	0.91
	Beta = LOG ( 10.6 )	1.03	1.03	1.03
8.	SHI* = Epsilon x Y x SHI x (BETA*/BETA)^ 2			
	Intervalo      Di (mm)			
	100 - 50      75.0	2.15	1.32	1.15
	60 - 40      50.0	1.44	0.87	0.76
	40 - 30      35.0	1.01	0.67	0.53
	30 - 20      25.0	0.72	0.61	0.42
	20 - 15      17.5	0.55	0.60	0.40
	15 - 10      12.5	0.47	1.31	0.52
	10 - 7.5      8.75	0.50	2.28	0.66
	7.5 - 5      6.25	0.94	3.96	1.56
	5 - 3      4.0	1.62	4.92	2.50
	3 - 1      2.0	3.63	7.03	6.24
	1 - 0.7      0.65	4.79	3.12	2.34
	0.7 - 0.4      0.55	3.19	1.56	1.56
	0.4 - 0.1      0.25	1.60	0.78	0.78

VELOCIDAD DE SEDIMENTACION  $\omega$  PARA DIFERENTES TAMAÑOS DE GRANOS DE CUARZO



LAMINA N° 30

FIG. N° 5.10  
 VELOCIDAD DE SEDIMENTACION  
 METODO DE EINSTEIN  
 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN SUSPENSION

## TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

### 1. CALCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DE SOLIDOS DE FONDO ( METODO DE EINSTEIN )

N°	DATOS	M-1	M-2	M-3
	Viscosidad del Agua a T6°C	1.427E-06	m2/seg	
	Peso Específico de solidos (&s)	2750	Kg/m3	
	Peso Especifico del agua (&w)	1000	Kg/m3	
	( &s - &w ) / (&w) = P	1.75		
	g	9.81	m/seg2	
	S	0.017	0.020	0.016
	D50	0.011	0.022	0.022
	D65	0.018	0.040	0.030
	D35	0.005	0.014	0.015
<b>METODO DE EINSTEIN</b>				
9.	Con $SHI^* \Rightarrow FI^*$ ( Fig. N° 5.9 )			
	Intervalo      Di (mm)			
	100 - 50      75.0	2.70	5.00	7.00
	60 - 40      50.0	5.00	8.00	9.70
	40 - 30      35.0	7.50	11.00	15.00
	30 - 20      25.0	11.00	13.00	18.00
	20 - 15      17.5	14.00	9.00	20.00
	15 - 10      12.5	17.00	5.50	15.00
	10 - 7.5      8.75	16.00	3.20	9.00
	7.5 - 5      6.25	8.50	1.10	4.50
	5 - 3      4.0	4.50	0.07	2.50
	3 - 1      2.0	1.10	0.03	0.35
	1 - 0.7      0.65	0.80	1.60	2.70
	0.7 - 0.4      0.55	1.60	4.50	4.50
	0.4 - 0.1      0.25	4.50	10.00	10.00
10.	TRANSPORTE DE FONDO Kg/m-s			
	$Qf = FI^* \times \% \times \&s \times P^{1/2} \times (g \times D^3)^{1/2}$			
	Intervalo      Di (mm)			
	100 - 50      75.0	0.00	0.00	0.00
	60 - 40      50.0	0.00	0.00	0.00
	40 - 30      35.0	27.98	334.02	110.79
	30 - 20      25.0	75.80	31.03	274.83
	20 - 15      17.5	46.90	23.74	84.94
	15 - 10      12.5	39.52	8.23	30.34
	10 - 7.5      8.75	12.09	1.73	6.04
	7.5 - 5      6.25	3.10	0.32	1.40
	5 - 3      4.0	0.54	0.01	0.18
	3 - 1      2.0	0.11	0.00	0.01
	1 - 0.7      0.65	0.02	0.03	0.03
	0.7 - 0.4      0.55	0.01	0.02	0.01
	0.4 - 0.1      0.25	0.01	0.01	0.01
	<b>CAUDAL DE FONDO TRANSPORTADO : <math>Qf =</math></b> ( Kg/Seg-m.)	<b>206.08</b>	<b>399.14</b>	<b>506.58</b>

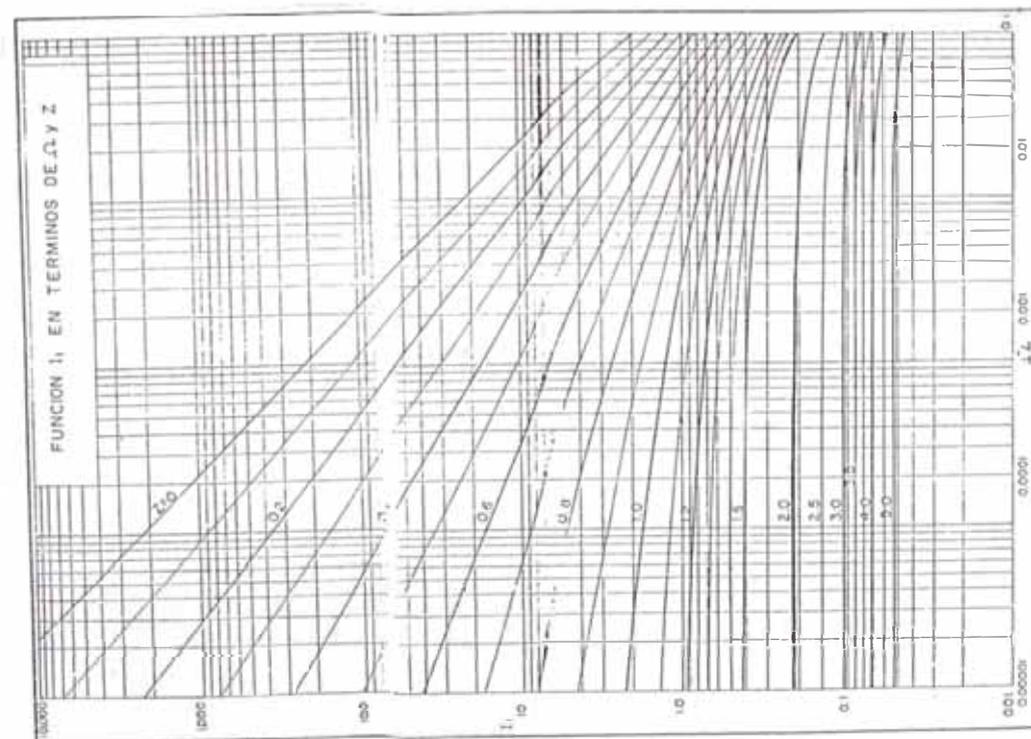


FIG. N° 5.11  
 FUNCION I<sub>1</sub> EN TERMINOS DE  $\Omega$  Y Z

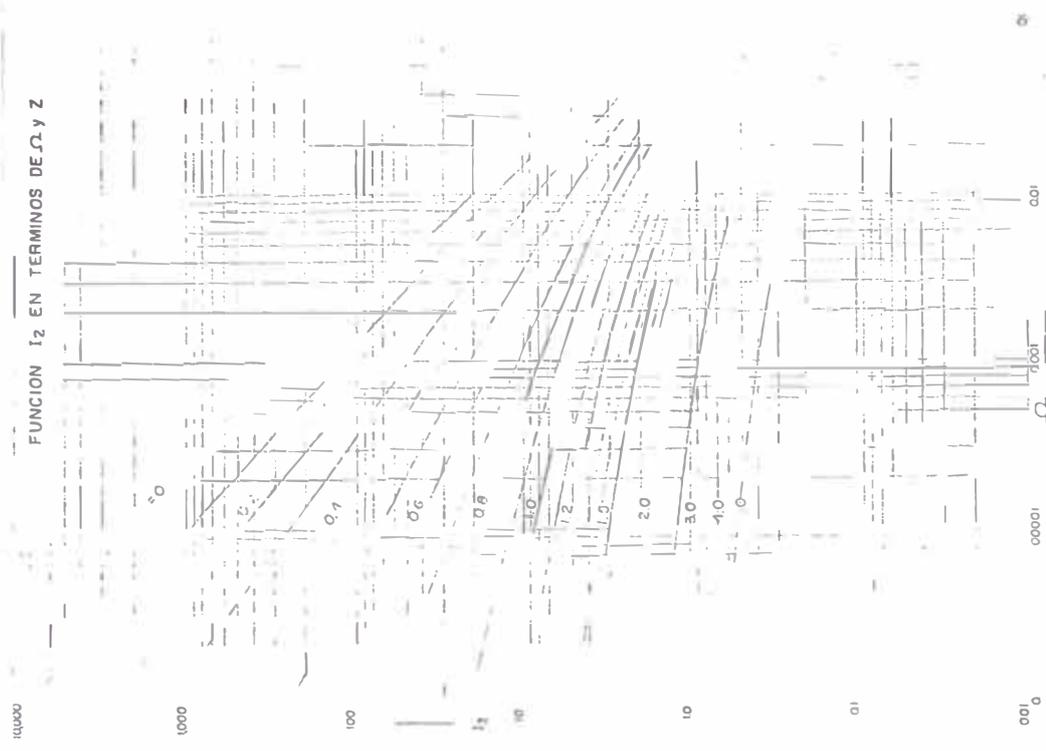


FIG. N° 5.12  
 FUNCION I<sub>2</sub> EN TERMINOS DE  $\Omega$  Y Z

Formula para el cálculo del transporte de sedimentos en suspensión:

La formula propuesta por Einstein es

$$Q_{Fj} = Q_j (PI_1 + I_2) \dots \dots \dots (5.12)$$

y por tanto:

$$Q_F = \sum_{j=(1,n)} Q_j \dots \dots \dots (5.13)$$

donde:

$$P = 2.303 \text{Log} \frac{30.2d}{D_{65}} \dots \dots \dots (5.14)$$

I1, I2 = Valores de dos integrales que se obtienen con la ayuda de las fig. 5.11 y 5.12 respectivamente en función de

$$A = 2 D_1/d \quad \text{y de} \quad Z = 2.5 w_1 / U_*$$

Como se observa, el cálculo del transporte del fondo en suspensión requiere del conocimiento previo de la capa del fondo por lo que es recomendable aplicar ordenadamente el método de Einstein.

El transporte de sedimentos total será:

$$Q_T = Q_F + Q_S \dots \dots \dots (5.15)$$

## TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

### 2. CALCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN SUSPENSION ( METODO DE EINSTEIN )

N°	DATOS	M-1	M-2	M-3
	Viscosidad del Agua a T6°C	1.427E-06	m2/seg	
	Peso Especifico de solidos (&s)	2750	Kg/m3	
	Peso Especifico del agua (&w)	1000	Kg/m3	
	( &s - &w ) / (&w) = P	1.75		
	g	9.81	m/seg2	
	S	0.017	0.020	0.016
	D50	0.011	0.022	0.022
	D65	0.018	0.040	0.030
	D36	0.005	0.014	0.015
<b>METODO DE EINSTEIN</b>				
1.	Con DI segun Fig. N° 5.10 => wI	wI	wI	wI
	Intervalo      DI (mm)			
	100 - 50      75.0	99.00	99.00	99.00
	60 - 40      50.0	80.00	80.00	80.00
	40 - 30      35.0	65.00	65.00	65.00
	30 - 20      25.0	55.00	55.00	55.00
	20 - 15      17.5	48.00	48.00	48.00
	15 - 10      12.5	40.00	40.00	40.00
	10 - 7.5      8.75	35.00	35.00	35.00
	7.5 - 5      6.25	30.00	30.00	30.00
	5 - 3      4.0	26.00	26.00	26.00
	3 - 1      2.0	20.00	20.00	20.00
	1 - 0.7      0.85	9.50	9.50	9.50
	0.7 - 0.4      0.55	7.00	7.00	7.00
	0.4 - 0.1      0.25	4.00	4.00	4.00
2.	Z = 2.5 wI/U* <sup>*</sup>			
	Intervalo      DI (mm)			
	100 - 50      75.0	37.13	30.43	28.13
	60 - 40      50.0	20.00	16.39	15.15
	40 - 30      35.0	11.38	9.32	8.62
	30 - 20      25.0	6.88	5.84	5.21
	20 - 15      17.5	4.20	3.44	3.18
	15 - 10      12.5	2.50	2.05	1.89
	10 - 7.5      8.75	1.53	1.28	1.16
	7.5 - 5      6.25	0.98	0.80	0.74
	5 - 3      4.0	0.52	0.43	0.39
	3 - 1      2.0	0.20	0.16	0.15
	1 - 0.7      0.85	0.04	0.03	0.03
	0.7 - 0.4      0.55	0.02	0.02	0.01
	0.4 - 0.1      0.25	0.01	0.00	0.00
3.	Calculo de A = 2 x DI/h			
	Intervalo      DI (mm)			
	100 - 50      75.0	0.062500	0.044379	0.023810
	60 - 40      50.0	0.041667	0.029588	0.015873
	40 - 30      35.0	0.029167	0.020710	0.011111
	30 - 20      25.0	0.020833	0.014783	0.007837
	20 - 15      17.5	0.014583	0.010355	0.005556
	15 - 10      12.5	0.010417	0.007396	0.003968
	10 - 7.5      8.75	0.007292	0.005178	0.002778
	7.5 - 5      6.25	0.005417	0.003846	0.002063
	5 - 3      4.0	0.003333	0.002367	0.001270
	3 - 1      2.0	0.001667	0.001183	0.000635
	1 - 0.7      0.85	0.000708	0.000503	0.000270
	0.7 - 0.4      0.55	0.000458	0.000325	0.000175
	0.4 - 0.1      0.25	0.000208	0.000148	0.000079

**TRANSPORTE DE SEDIMENTOS**

**2. CALCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN SUSPENSION ( METODO DE EINSTEIN )**

Nº	DATOS	M-1	M-2	M-3
	Viscosidad del Agua a T6°C	1.427E-06	m2/seg	
	Peso Especifico de solidos (&#s)	2750	Kg/m3	
	Peso Especifico del agua (&w)	1000	Kg/m3	
	( &s - &w ) / (&w) = P	1.75		
	g	9.81	m/seg2	
	S	0.017	0.020	0.016
	D50	0.011	0.022	0.022
	D65	0.018	0.040	0.030
	D35	0.005	0.014	0.015
<b>METODO DE EINSTEIN</b>				
4.	Calculo de I1 de Fig. Nº 5.11 segun A y Z			
	Intervalo      Di (mm)			
	100 - 50      75.0	0.00	0.00	0.00
	60 - 40      50.0	0.00	0.00	0.00
	40 - 30      35.0	0.00	0.00	0.00
	30 - 20      25.0	0.00	0.00	0.00
	20 - 15      17.5	0.06	0.09	0.09
	15 - 10      12.5	0.20	0.30	0.33
	10 - 7.5      8.75	0.50	0.60	0.75
	7.5 - 5      6.25	1.50	1.80	2.80
	5 - 3      4.0	6.00	7.00	13.00
	3 - 1      2.0	29.00	65.00	53.00
	1 - 0.7      0.85	290.00	350.00	340.00
	0.7 - 0.4      0.55	360.00	550.00	600.00
	0.4 - 0.1      0.25	510.00	1000.00	1180.00
5.	Calculo de I2 de Fig. Nº 5.11 segun A y Z			
	Intervalo      Di (mm)			
	100 - 50      75.0	0.00	0.00	0.00
	60 - 40      50.0	0.00	0.00	0.00
	40 - 30      35.0	0.00	0.00	0.00
	30 - 20      25.0	0.00	0.00	0.00
	20 - 15      17.5	0.06	0.38	0.10
	15 - 10      12.5	0.20	0.80	1.00
	10 - 7.5      8.75	0.45	1.80	2.70
	7.5 - 5      6.25	1.20	6.50	8.00
	5 - 3      4.0	6.00	18.00	30.00
	3 - 1      2.0	30.00	110.00	200.00
	1 - 0.7      0.85	280.00	380.00	700.00
	0.7 - 0.4      0.55	410.00	510.00	1010.00
	0.4 - 0.1      0.25	550.00	1070.00	1180.00
6.	Calculo de P' = 2.303 x LOG( 30.2 x h/Ks/X )	8.30	7.85	8.76
7.	Caudal de solidos en Suspensión			
	Qes = Qfi x ( P' x I1 - I2 )			
	100 - 50      75.0	0.00	0.00	0.00
	60 - 40      50.0	0.00	0.00	0.00
	40 - 30      35.0	0.00	0.00	0.00
	30 - 20      25.0	0.00	0.00	0.00
	20 - 15      17.5	20.78	15.31	32.29
	15 - 10      12.5	57.70	61.45	74.72
	10 - 7.5      8.75	44.73	35.18	46.79
	7.5 - 5      6.25	34.88	23.65	51.24
	5 - 3      4.0	23.65	19.95	45.30
	3 - 1      2.0	23.18	44.03	29.07
	1 - 0.7      0.85	42.54	47.35	45.57
	0.7 - 0.4      0.55	25.78	38.08	42.46
	0.4 - 0.1      0.25	36.83	67.80	91.57
	<b>CAUDAL DE SOLIDOS EN SUSPENSION : Qes</b> ( Kg/Seg-m.)	<b>310.07</b>	<b>352.80</b>	<b>459.01</b>
	<b>CAUDAL DE SOLIDOS TOTAL = Qf + Qes</b> ( Kg/Seg-m.)	<b>516.15</b>	<b>751.94</b>	<b>967.59</b>

El cuadro 5.9 nos da los resultados de la aplicación del método de Einstein para el cálculo de transporte de sedimentos en las secciones analizadas.

**CUADRO 5.9**

MUESTRA	Qf (K-f/m-s)	Qs (K-f/m-s)	Qt (K-f/m-s)
1	206.08	399.14	508.58
2	310.07	352.80	459.01
3	516.15	751.94	967.59

Los resultados obtenidos para las tres muestras representativas tomadas en el cauce, nos dan una idea de la capacidad máxima de arrastre de sedimentos del río en la zona. El método aplicado tiene sus limitaciones como las observadas a continuación:

- . No considera el transporte de sedimentos de diámetros mayores a los tamices estandarizados, por lo que el análisis es incompleto para el caso de ríos como el Rímac que en la zona es capaz de transportar bolonería de hasta 1.60 m. de diámetro (Pte. los Angeles), 1.20m. de diámetro (Pte, Pérez de Cuéllar) y 0.90m. de diámetro (Pte. Huampaní).

- . Tampoco considera fenómenos extraordinarios como el caso de los "huaycos" que aportan gran cantidad de sedimentos

al río, modificando las características físicas del fluido produciendo represamientos, fenómenos erosivos, etc. afectando las riberas.

#### **5.2.11 EVALUACION DE CAUDALES PROBABLES PARA DIFERENTES TIEMPOS DE RETORNO EN EL CALCULO DE AREAS DE INUNDACION:**

Siendo las inundaciones el peligro más latente de la zona, se procede a calcular caudales para determinar zonas de inundación de bajo, medio y alto riesgo.

Para estimar este parámetro existen varios métodos entre los cuales se encuentran los hidrológicos es decir aplicando los procedimientos y formulas de la hidrología, los cuales han sido base de proyectos como P. y V., J.I.C.A., PREDES, Tesis de Grado UNI (Laredo 1992, León 1993); también el que además de considerar los métodos teóricos considera el práctico de observación y medidas de campo hechos por el ingeniero Alberto Martínez Vargas.

Seguidamente mostraré en el cuadro - 5.10 un resumen de los caudales calculados en los diferentes estudios y proyectos realizados:

CUADRO - 5.10

CUADRO DE CAUDALES DEFINIDOS PARA TR 10, 100 Y 1000 AÑOS.  
( Q m<sup>3</sup>/seg. )

PERIODO DE RETORNO	TR.		10 años	100 años	1000 años
TESIS DE GRADO	LAREDO 1992	GUMBELL	286	436	583
		PEARSON	266	393	505
		Q.DISEÑO	276	447	544
	LEON 1993	NORMAL	273	383	440
		LOG NORMAL	259	521	733
		LgN 3param	276	523	726
		GAMMA 2pa	250	407	507
		PEARSON	265	446	562
		GUMBELL	275	474	610
		Q.DISEÑO		1,123	
ESTUDIOS PROYECTOS	P. y V.	1983	429	680	965
	PREDES	1985	450	680	820
	JICA	1988	380	660	920
	MARTINEZ	1992	450	690	3,400
ALUVIONAL PREDES PRACTICO OBSERVAC.	* PEDREGAL			350	
	* CORRALES			130	
	* QUIRIO			268	
	* YANACOTO			210	
	(*) Martínez 93				

Haciendo un análisis de los cálculos efectuados por diferentes estudios en la determinación del caudal de diseño probable para los diferentes tiempos de retorno Tr (10, 100 y 1,000 años) podemos concluir lo siguiente:

- Todos los estudios efectuados en la determinación de  $Q$  de diseño se basan en registros de caudales determinados en las diversas estaciones de aforo a lo largo del cauce desde 1,920 hasta la fecha (1994) en que se realiza el estudio ( ver Cuadro - 5.11 ); los datos obtenidos en la lectura de tirante y velocidad generalmente son inexactos debido a la falta de mantenimiento de dichas estaciones hidrométricas lo que obligan a corregir los valores obtenidos comparando sus datos Senamhi y Electrolima con el fin de efectuar los ajustes respectivos y obtener caudales representativos.

Consideran parámetros como el riesgo del proyecto y la vida útil de este; así para J.I.C.A. tomaron un riesgo de 40%, P y V 23%, Laredo 25%, León 28% con una vida útil de 25 años (Laredo) y 50 años el resto, lo que da como resultado tiempos de retorno para la estimación de  $Q$  diseño para J.I.C.A. de 100 años, P y V de 200 años, Laredo 100 años y León 150 años.

- Utilizan los métodos de estimación estadística aplicados a modelos probabilísticos para los que se deben calcular sus parámetros y realizar la prueba de bondad de ajuste, luego de encontrada la ley de distribución que las rigen se aplica y se podrá predecir la magnitud del fenómeno hidrometereológico. Las leyes de distribución teóricas aplicadas en los estudios son: Normal, Log. Normal, Log. Normal de 3 parámetros, Gamma de 2 parámetros, Gamma de

**CUADRO N° 5.11**  
**REGISTROS DE CAUDALES MAXIMOS TOMADOS EN LOS DIFERENTES ESTUDIOS**

AÑO		CAUDAL (m3/seg.)		AÑO		CAUDAL (m3/seg.)	
HIDROLOGICO	P y V.	LAREDO	LEON	HIDROLOGICO	P y V.	LAREDO	LEON
1920-1921	—	95	95	1957-1958	—	100	99.8
1921-1922	99	99	99	1958-1959	—	175	175
1922-1923	97	97	97	1959-1960	—	77	77.4
1923-1924	90	90	90.5	1960-1961	—	71	70.5
1924-1925	500	500	500	1961-1962	—	84	84.1
1925-1926	187	187	187.1	1962-1963	—	92	92.2
1926-1927	137	137	137.6	1963-1964	—	79	78.8
1927-1928	183	183	183.5	1964-1965	—	108	108.1
1928-1929	140	140	139.8	1965-1966	—	101	100.6
1929-1930	320	320	320.1	1966-1967	—	101	100.5
1930-1931	97	97	97.6	1967-1968	—	46	46.4
1931-1932	480	480	480	1968-1969	81	81	81.4
1932-1933	225	225	225	1969-1970	158	158	158
1933-1934	200	200	200	1970-1971	139	139	139
1934-1935	250	250	250	1971-1972	210	210	210
1935-1936	98	98	98.8	1972-1973	115	115	115
1936-1937	105	105	105	1973-1974	79	79	79.1
1937-1938	175	175	175	1974-1975	144	144	144
1938-1939	205	205	205	1975-1976	116	116	116
1939-1940	254	254	254.5	1976-1977	162	162	162
1940-1941	385	285	385.4	1977-1978	151	151	151
1941-1942	310	310	315.8	1978-1979	91	144	144
1942-1943	261	261	261	1979-1980	144	91	91.5
1943-1944	130	130	130	1980-1981	216	216	216
1944-1945	94	94	94.5	1981-1982	—	72	72
1945-1946	185	185	185	1982-1983	—	108	108
1946-1947	130	130	130	1983-1984	—	104	103.5
1947-1948	130	130	130	1984-1985	—	110	110
1948-1949	108	108	108	1985-1986	—	164	164.2
1949-1950	99	99	98.5	1986-1987	—	99	82.77
1950-1951	316	316	316	1987-1988	—	83	83
1951-1952	164	164	164	1988-1989	—	90	144.6
1952-1953	175	175	175	1989-1990	—	93	58.14
1953-1954	202	202	202	1990-1991	—	63	100.6
1954-1955	380	380	380	1991-1992	—	—	36.8
1955-1956	—	155	155	1992-1993	—	—	80.4
1956-1957	—	100	100	1993-1994	—	—	82

3 parámetros ( Pearson ), Gumbell, Log. Pearson, etc. dando como resultado para los estudios valores similares de caudales en los diferentes tiempos de retorno.

- La variación observada en los Q de diseño obtenidos se genera por considerar otros parámetros ajenos a los métodos probabilísticos, como caudales proyectados del futuro trasvase del Mantaro ( Laredo ), caudal aportado por probables huaycos ( Martínez V. ), etc.

Después del análisis de caudales hecho anteriormente, considerando las observaciones de campo y la probabilidad de ocurrencia de huaycos provenientes de las quebradas mas criticas y cercanas a la zona, cuyo caudal aluvional desemboca en el río Rímac; se definen los caudales para los diferentes Tr. que se usarán en la zonificación del tramo.

**Q para Tr de 10 años:**

$$= ( 429+450+380+450 )/4 = 430 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q = 430 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

**Q para Tr de 100 años:**

$$Q = ( Q \text{ más crítico según métodos probabilísticos} + Q/2 \text{ huayco más crítico de Chosica} )$$

$$Q = ( 523 + 350/2 ) = 698 \text{ aprox.} = 700 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q = 700 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Se considera el caudal del huayco más crítico de Chosica como un criterio más conservador ya que no existe registro de la ocurrencia de dos huaycos a la vez, además un 50% del caudal aluvional de huayco como aporte al río el resto se pierde en su curso (criterio del Prof. Martínez 1993)

**Q para Tr de 1000 años:**

Los estudios analizados consideran para 1000 años la estimación del caudal según los métodos probabilísticos que se ajusten a los registros tomados; pero considerando para 1000 años la ocurrencia de una probable crisis climática, estos métodos teóricos no se cumplen ante tal evento.

El cálculo efectuado por el Ing. Alberto Martínez se basa en considerar como un "desastre", que se inunde por lo menos un metro sobre las terrazas T-1 en este tramo que está limitado por las escarpas T-2; tomando una sección representativa del tramo cuya área aproximada es 420 m<sup>2</sup> y además una velocidad crítica para este caso de 8 m/seg. estima un caudal:

$$Q = V_{crit.} \times Area = 8 \times 420 = 3,360 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q = 3,400 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

#### 5.2.12 DETERMINACION DE LAS AREAS DE INUNDACION DE BAJO MEDIO Y ALTO RIESGO:

El plano de inundaciones preparado proporcionará una idea global de las zonas sujetas a inundación y la frecuencia de espera de estas inundaciones según el nivel de amenaza.

Las zonas de inundación se determinarán considerando los parámetros analizados anteriormente que darán como resultado un mapa que muestre zonas propensas a ser inundadas por crecidas de varios períodos de retorno.

Estas zonas se determinarán por transferencia de alturas del tirante de agua para un caudal definido en las secciones transversales halladas y plasmando las distancias correspondientes desde el eje del río hacia ambos márgenes en el mapa topográfico elaborado.

La fórmula a emplearse para el cálculo del tirante de agua será la de Manning que considera a la sección del río como un canal natural abierto sin obstáculos con una determinada rugosidad del lecho; esta fórmula no será una simple aplicación se hará bajo ciertas consideraciones.

1. Se asume el flujo del río como uniforme para un propósito práctico, también permanente ya que flujo impermanente y uniforme no existe en la naturaleza, las condiciones ligadas a estas se llaman normales. Sin embargo la condición de uniformidad en un río es

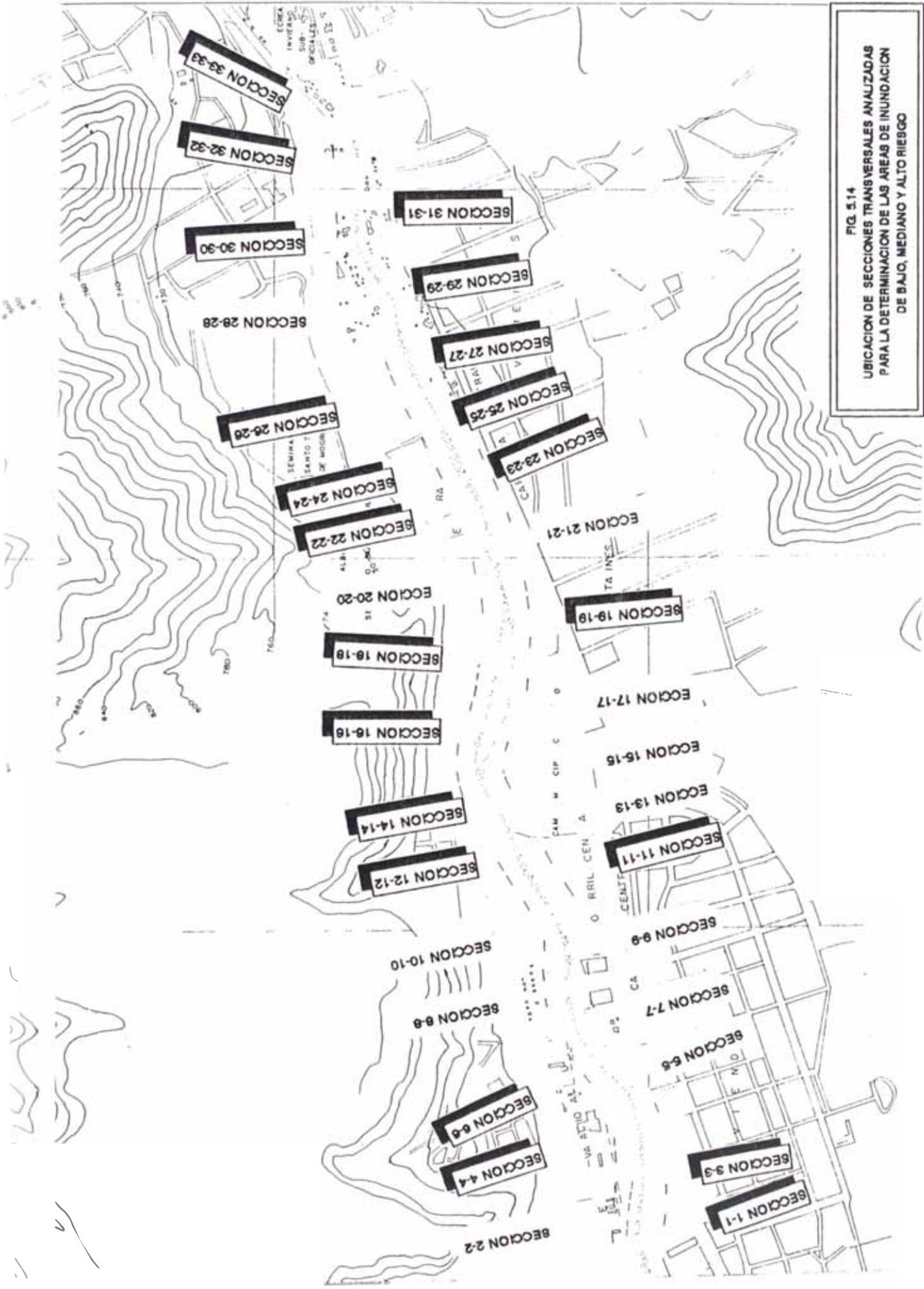


FIG. 5.14  
 UBICACION DE SECCIONES TRANSVERSALES ANALIZADAS  
 PARA LA DETERMINACION DE LAS AREAS DE INUNDACION  
 DE BAJO, MEDIANO Y ALTO RIESGO

poco frecuente y debe entenderse que únicamente porque los cálculos para flujo uniforme son relativamente sencillos y además estos aportan soluciones satisfactorias, se justifica esta aplicación.

2. La determinación del coeficiente de rugosidad para la aplicación de la fórmula es muy importante ya que significa estimar la resistencia al escurrimiento; esto está ligado a la experiencia del ingeniero ya que tiene que considerar los factores que afectan el valor de dicho coeficiente como:

- . La rugosidad de la superficie representada por la forma y tamaño del material que conforma el perímetro mojado produciendo el efecto retardante del flujo, dando un valor bajo del coeficiente de las partículas finas (arenas, limos, etc) y un valor alto de las partículas gruesas como los cantos rodados y bolones.
- . La vegetación existente en la superficie que reduce la capacidad del canal y retarda el flujo.
- . La irregularidad del perímetro mojado y las variaciones de la sección transversal en tamaño y forma, son normales en canales naturales debido a la presencia de bancos de sedimento (disminuye el valor de  $n$ ), erosión (aumenta el valor de  $n$ ), hoyos y relieves en el lecho.

La presencia de troncos, pilares de puentes y obstrucciones en general como defensas falladas, etc. tienden a aumentar el valor de n.

. El valor de n depende del aumento en el nivel y caudal; cuando el agua esta baja las irregularidades del fondo están expuestas y sus efectos se hacen pronunciados; sin embargo el nivel de n puede ser grande para niveles altos si los bancos son rugosos y hay mucha vegetación.

. Para el tramo en estudio se considera un valor normal de  $n = 0.045$ ; para curso natural ancho, superior al nivel de crecida de 30.50 m., limpio, curvado, con algunos pozos y bancos, con la presencia de algunos pastos y boloneria.

3. La pendiente se determino del perfil longitudinal del eje del río, para tramos con inclinación semejante de la siguiente manera:

**CUADRO - 5.12**

DISTANCIA (m.)	PENDIENTE PROMEDIO ( s )
0 - 852	0.01585
852 - 1190	0.01775
1190 - 1703	0.02144
1703 - 2290	0.01874
2290 - 2555	0.01736
2555 - 3085	0.01585
3085 - 3301	0.01852

4. Si partimos de la ecuación de continuidad del gasto expresada como:

$$Q = AV \dots \dots \dots (5.16)$$

donde:

Q = Caudal calculado para los diferentes tiempos de retorno (10, 100 y 1000 años), m<sup>3</sup>/seg.

A = Area de la sección transversal, en m<sup>2</sup>.

V = Velocidad del flujo del agua que discurre sobre el cauce para lo cual se utilizará la formula de Manning.

$$V = \frac{R^{(2/3)} S^{(1/2)}}{n} \dots \dots \dots (5.17)$$

donde:

R = Radio hidráulico.

S = Pendiente del canal natural.

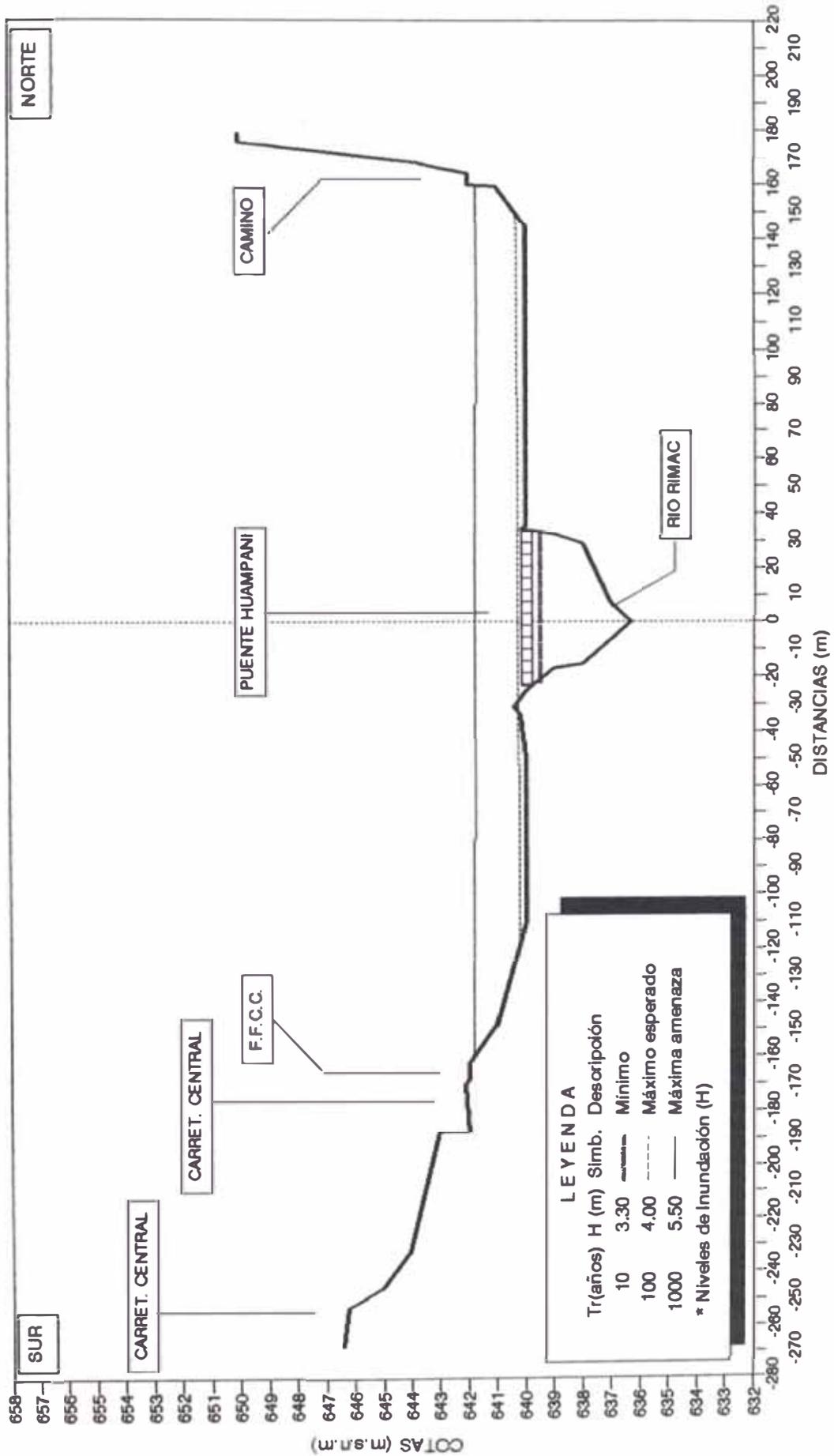
n = Coeficiente de rugosidad.

Combinando la formula de Manning y la ecuación de continuidad, la expresión para el cálculo del caudal que se obtiene es:

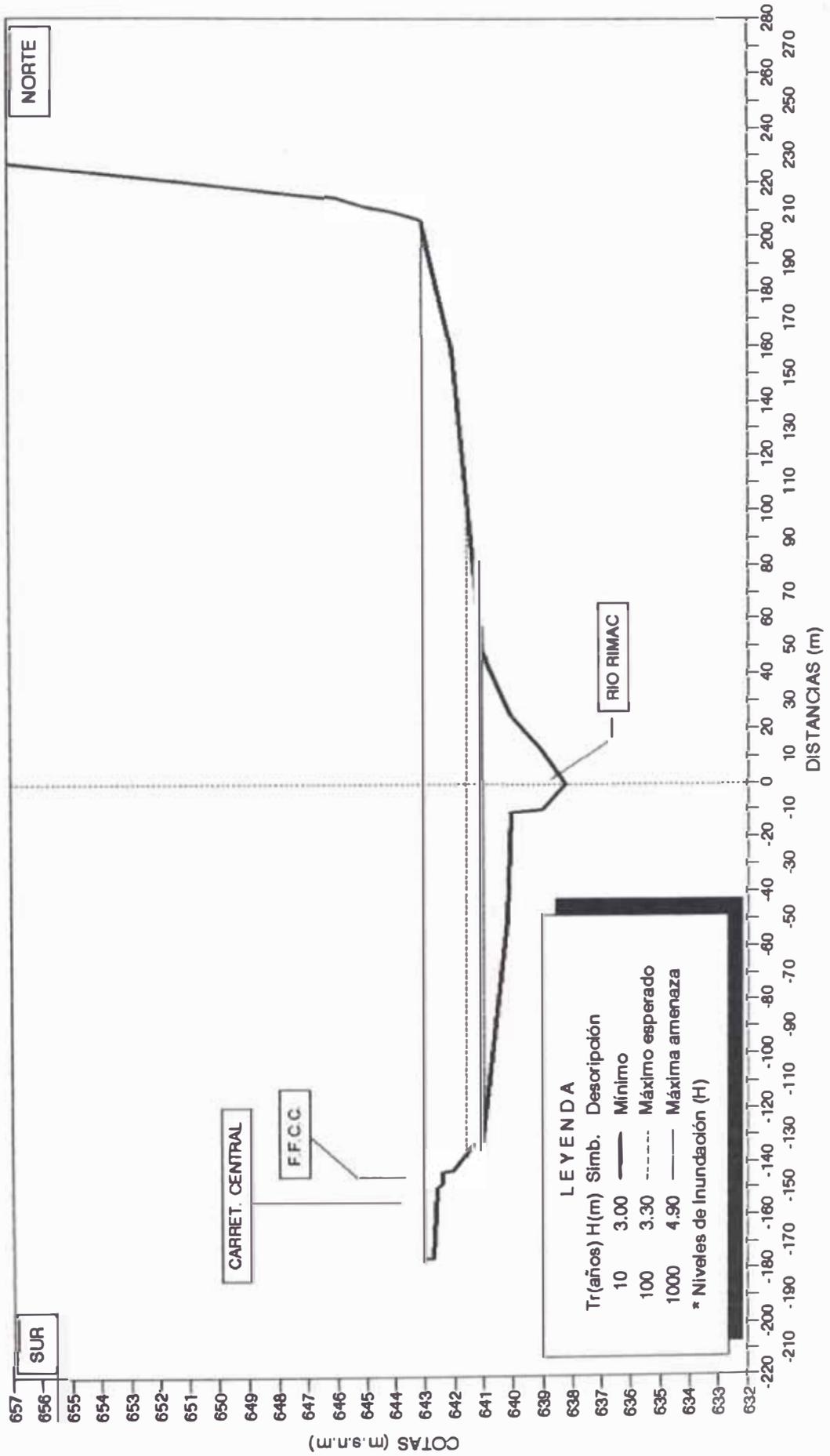
$$Q = \frac{AR^{(2/3)} S^{(1/2)}}{n} \dots \dots \dots (5.18)$$

5. Otros de los problemas para la determinación de las zonas de inundación es la presencia de viviendas en el lecho inundable del río, las que obstaculizan e influyen en el comportamiento hidráulico del agua.
- . Lo más recomendable sería hacer simulaciones de avenidas para los diferentes tiempos de retorno en un modelo hidráulico a escala reducida en el laboratorio, que refleje la realidad de estos factores determinantes para poder definir áreas más reales.
  - . A pesar de estas limitaciones las formulas empleadas en el cálculo dan una muy buena aproximación.
6. Se procederá a calcular el tirante de agua y la distancia desde el eje del río hacia ambas márgenes para los  $Q$  definidos en la zonificación del tramo.

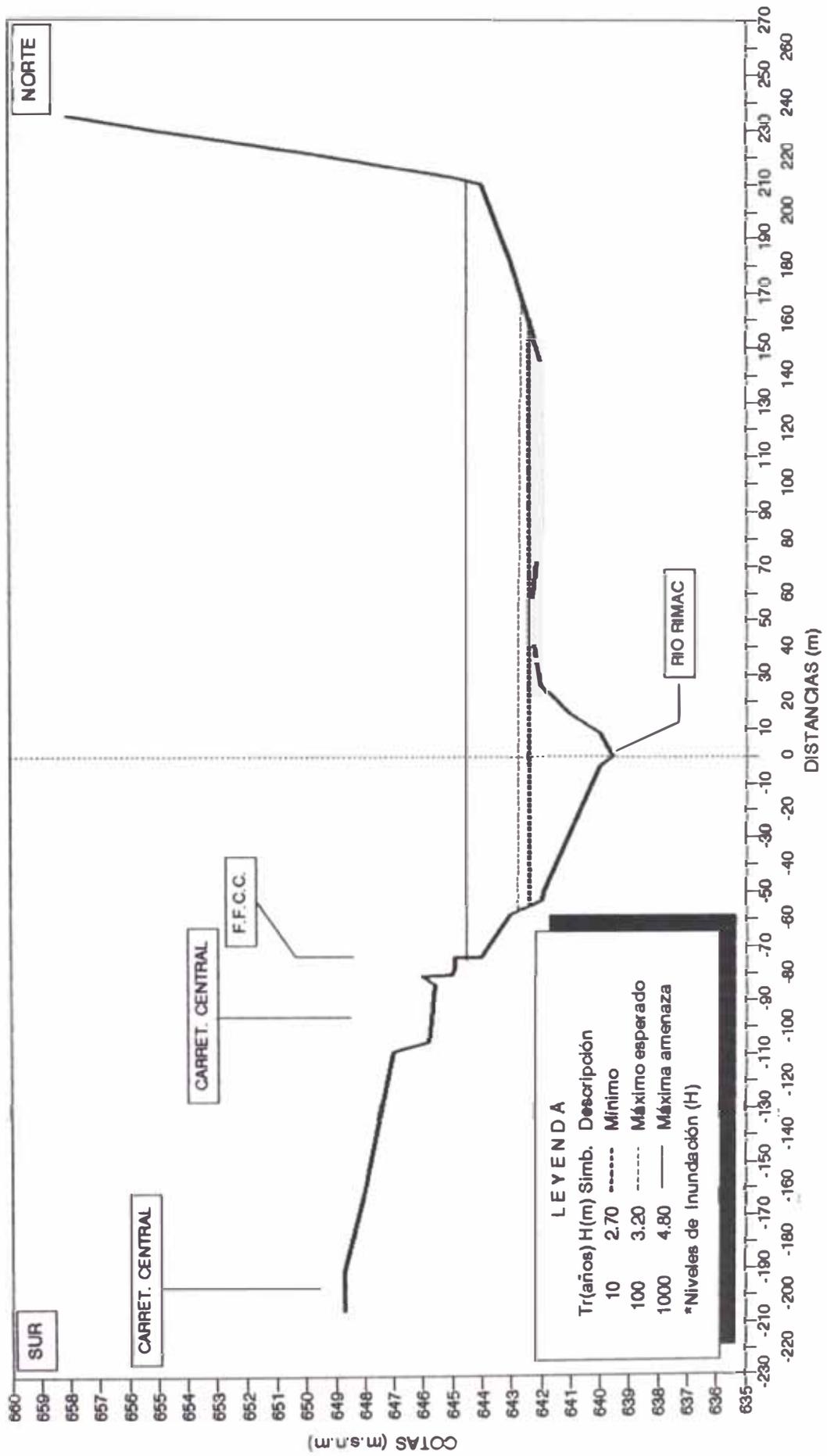
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 0+000



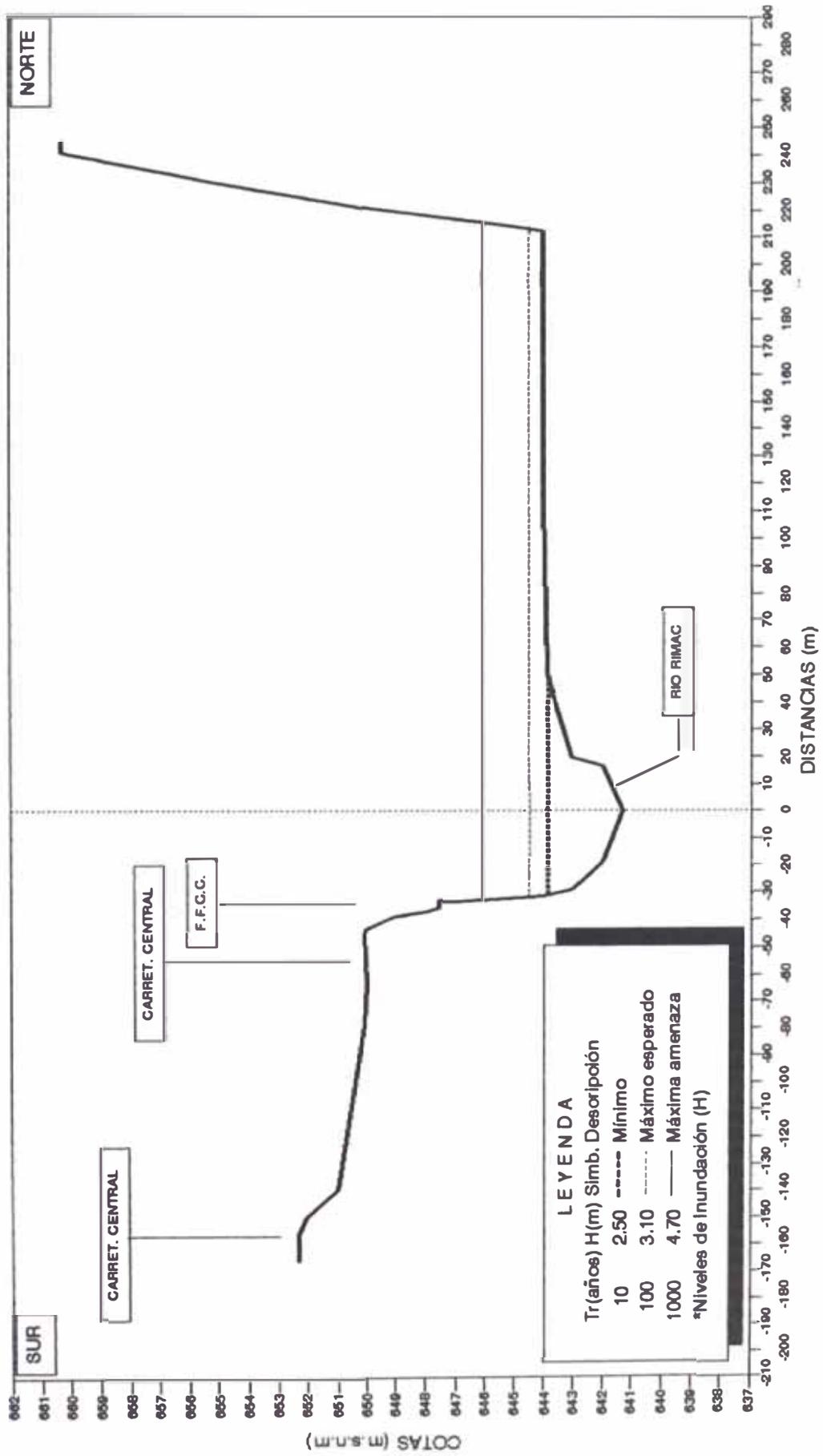
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 0+100



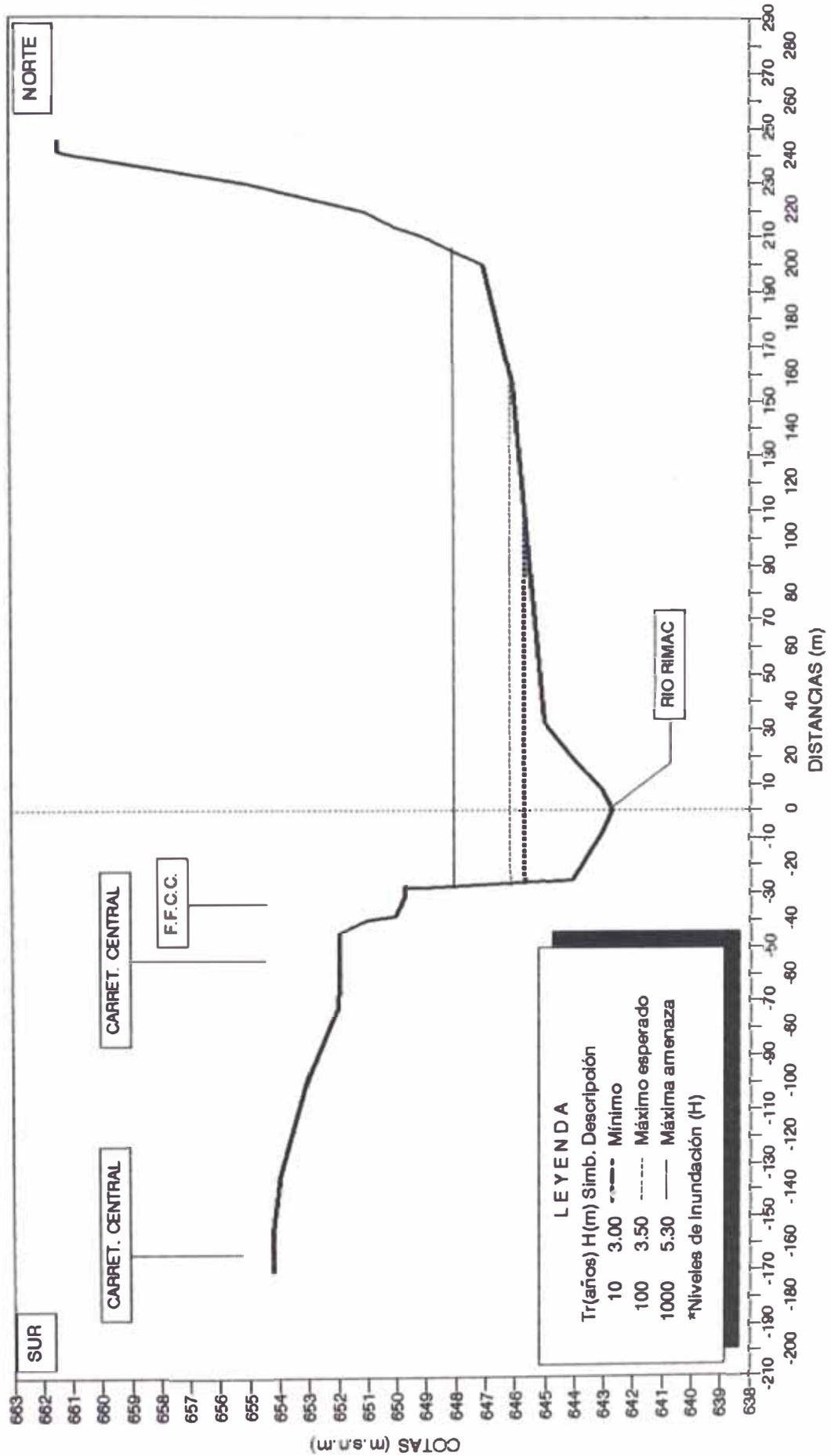
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 0+200



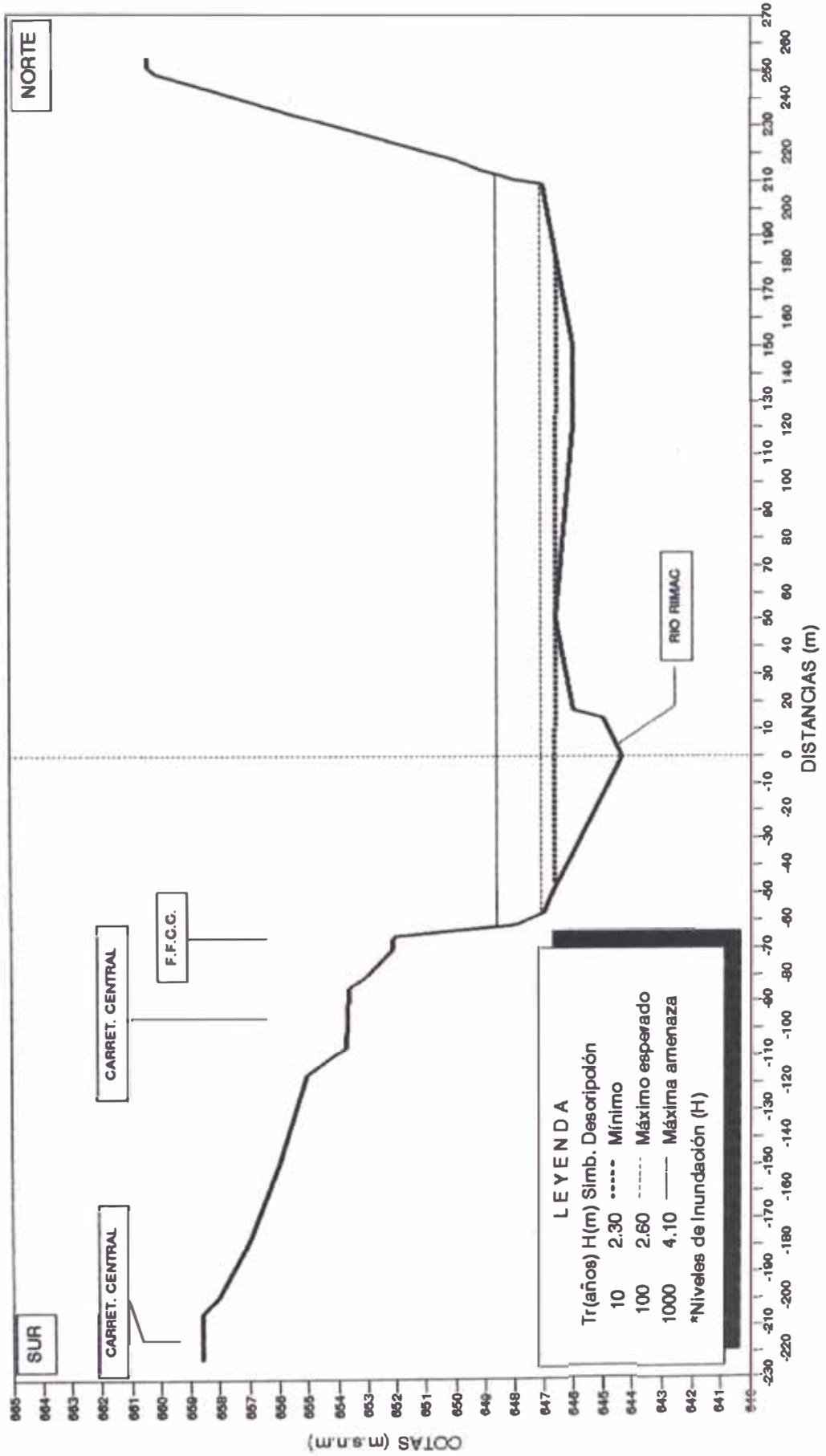
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 0+300



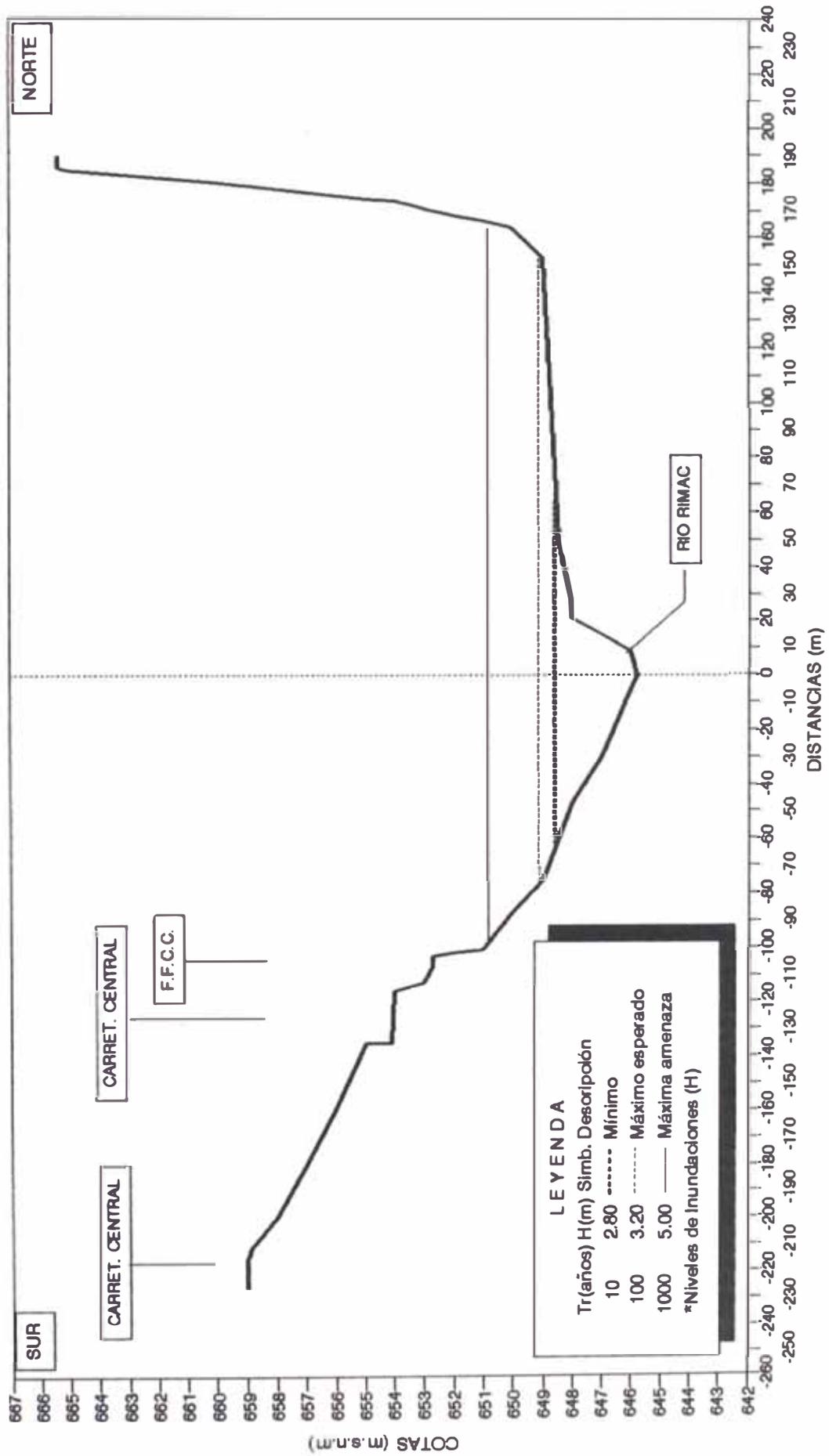
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 0+400



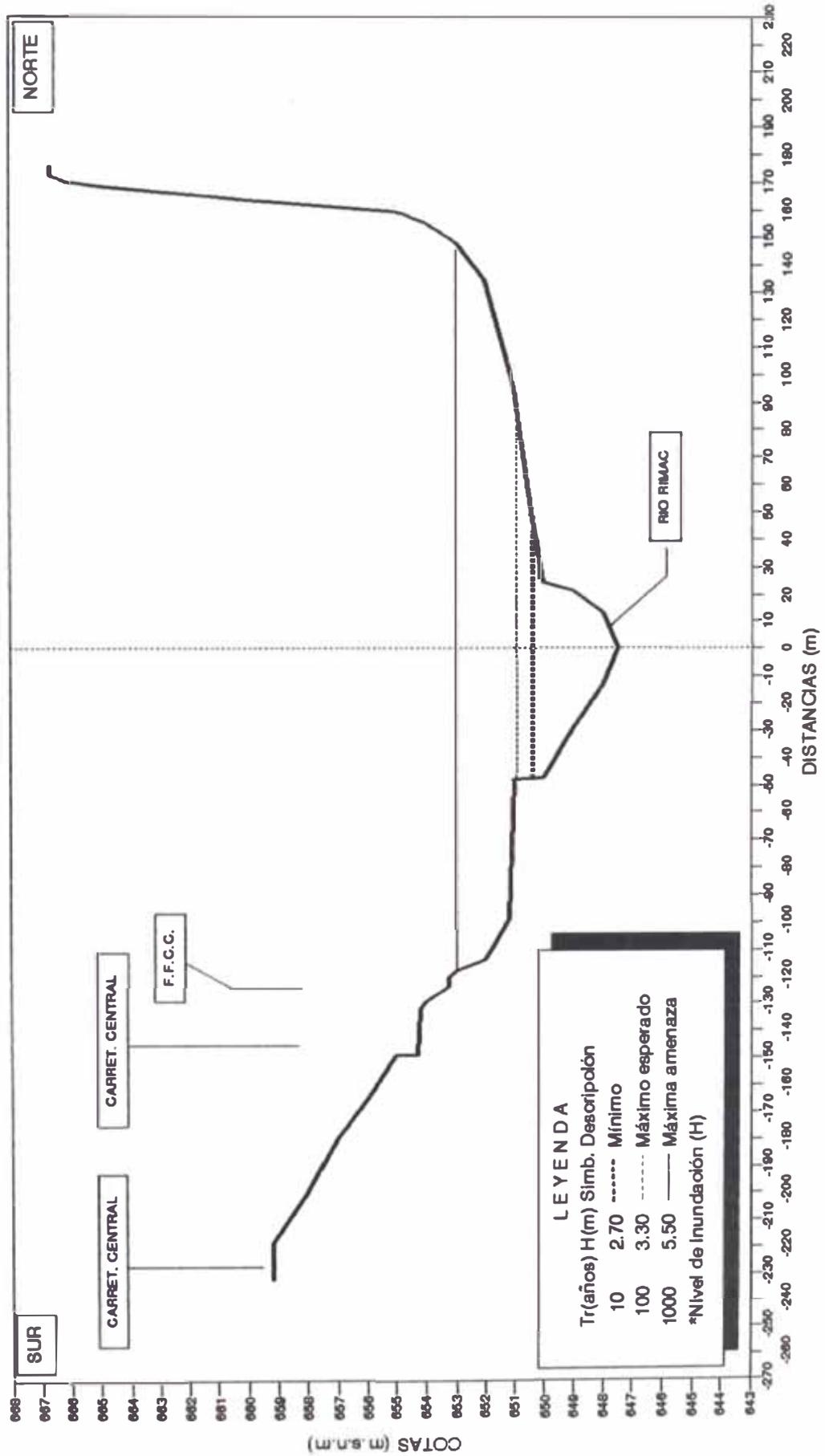
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 0+500



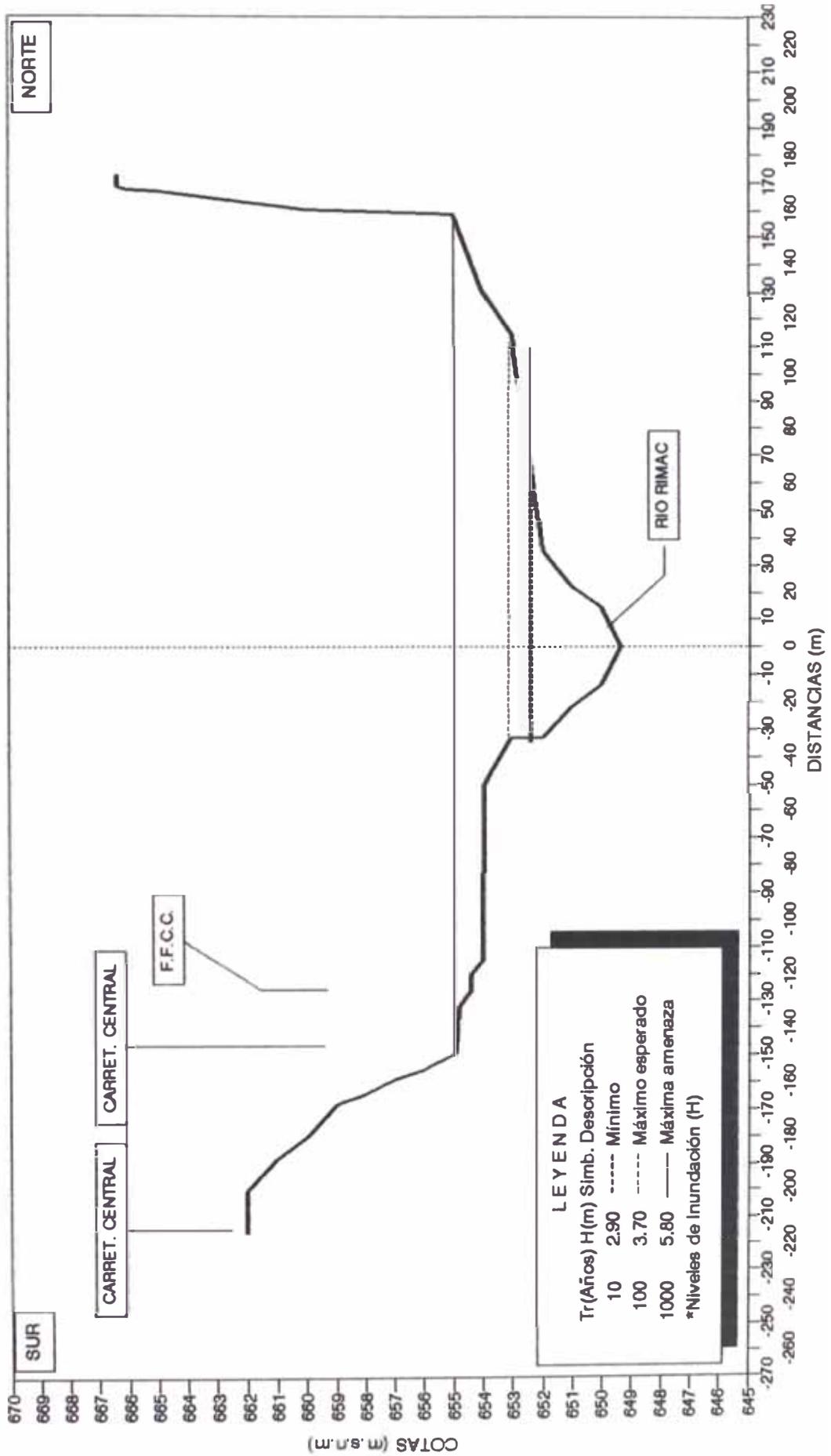
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 0+600



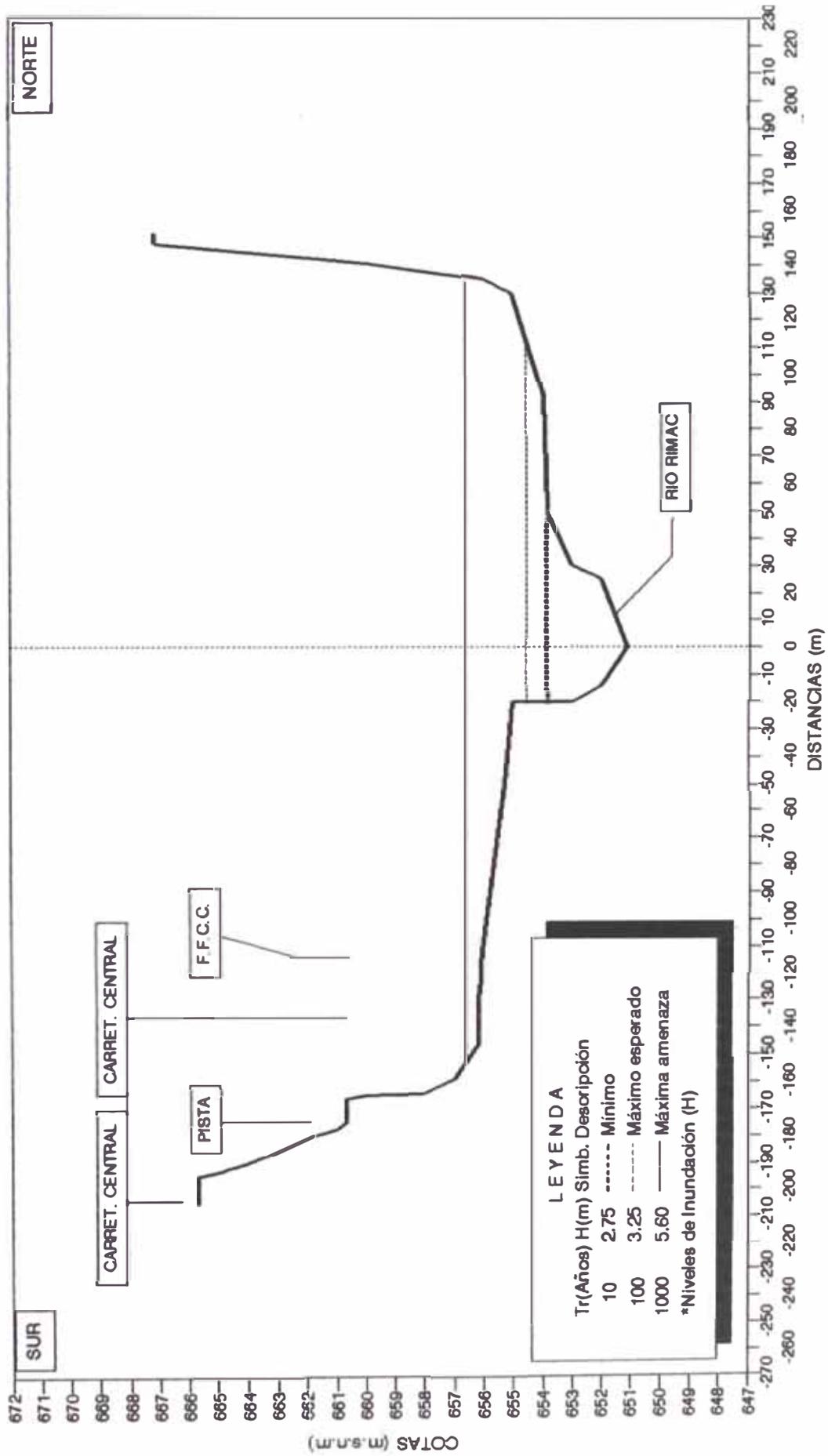
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 0+700



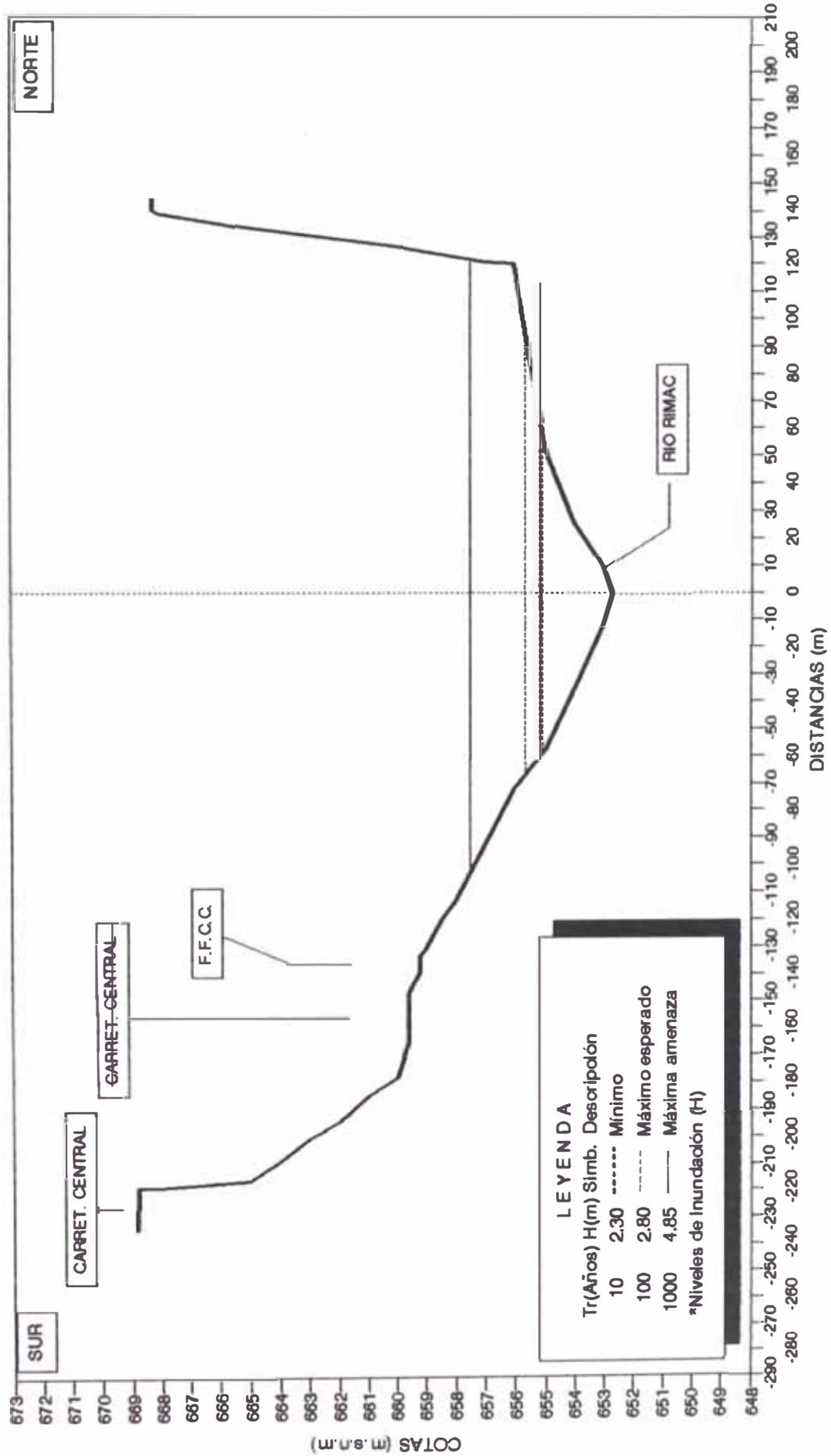
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 0+800



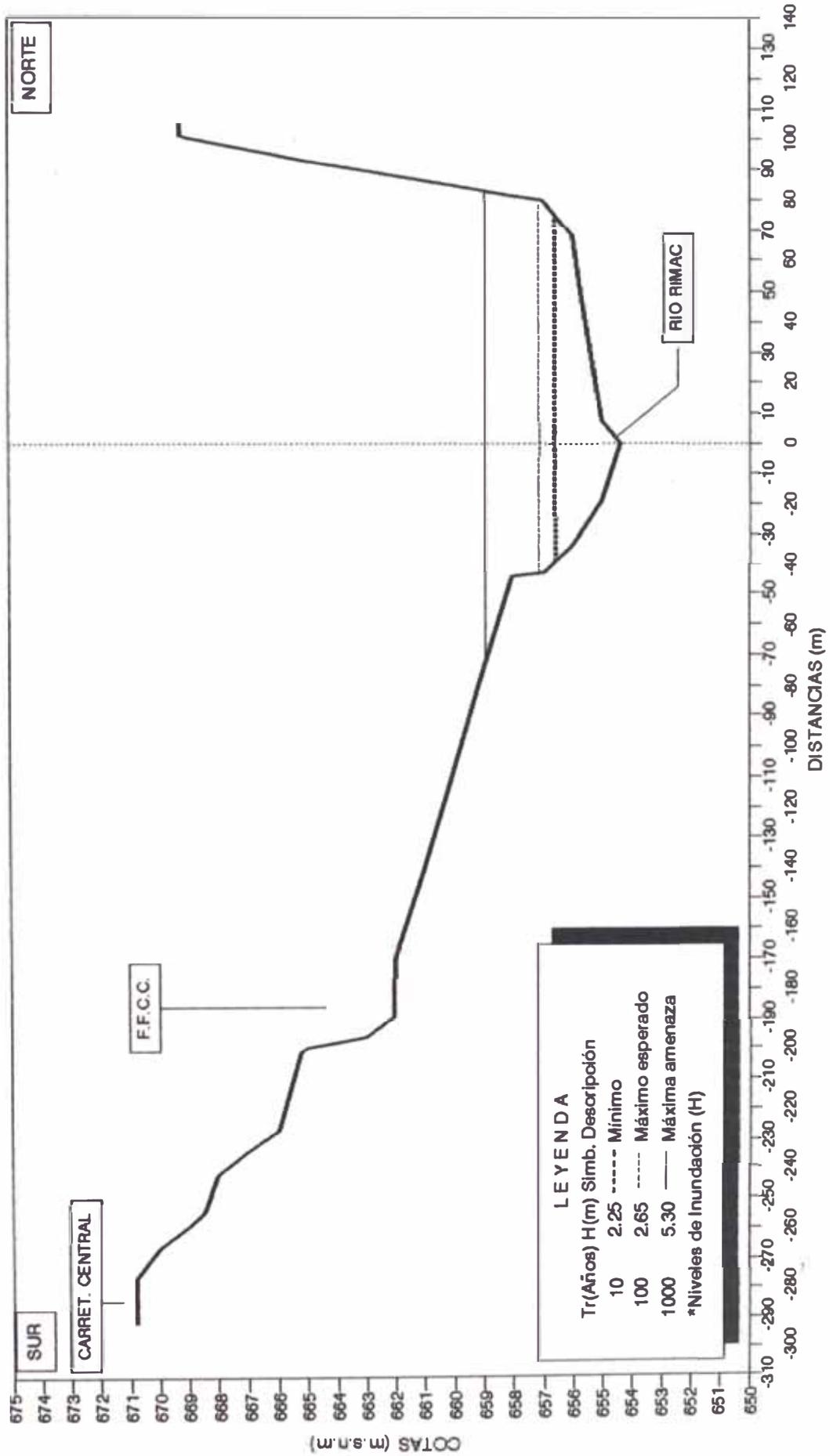
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 0+900



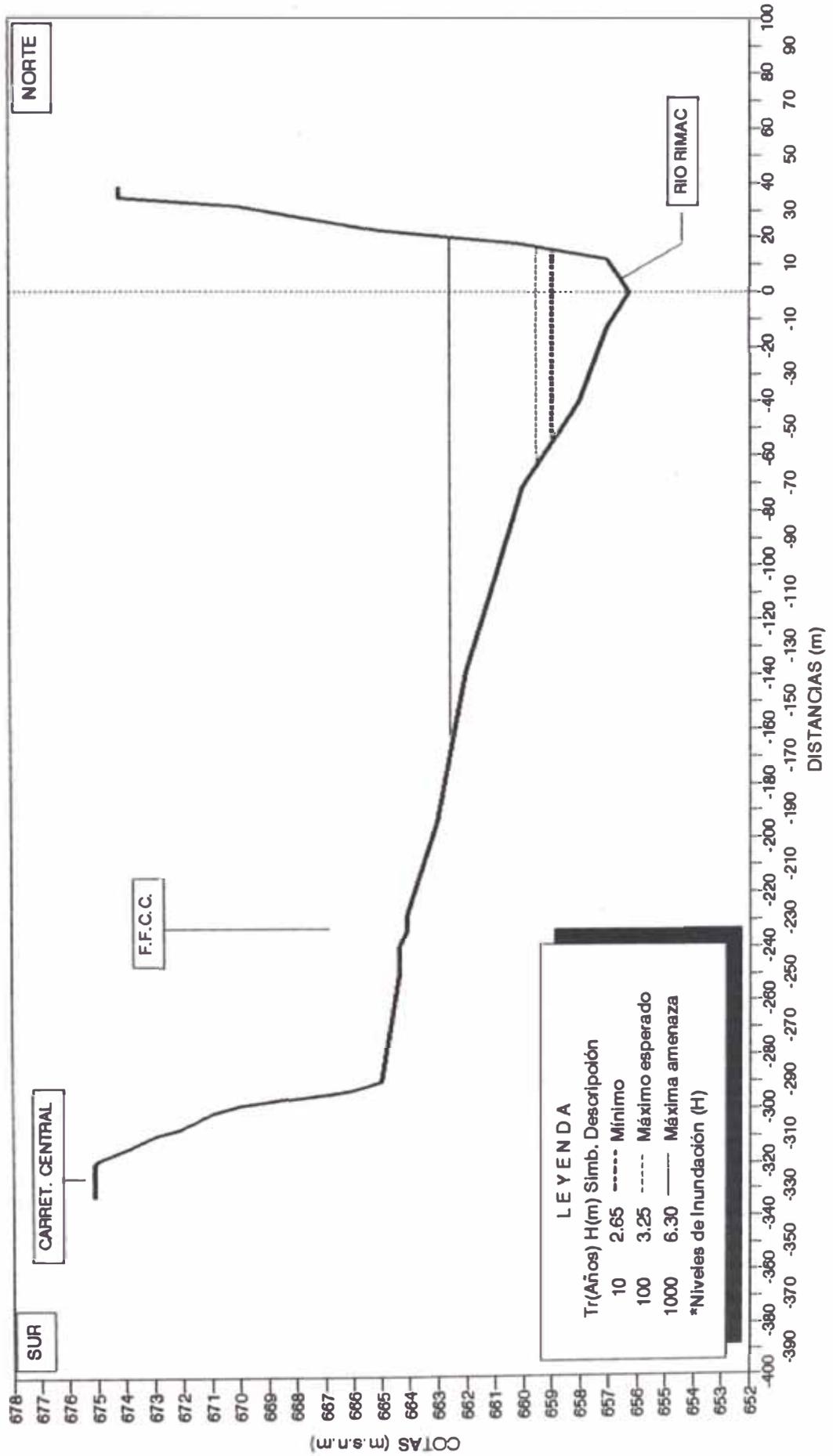
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 1+000



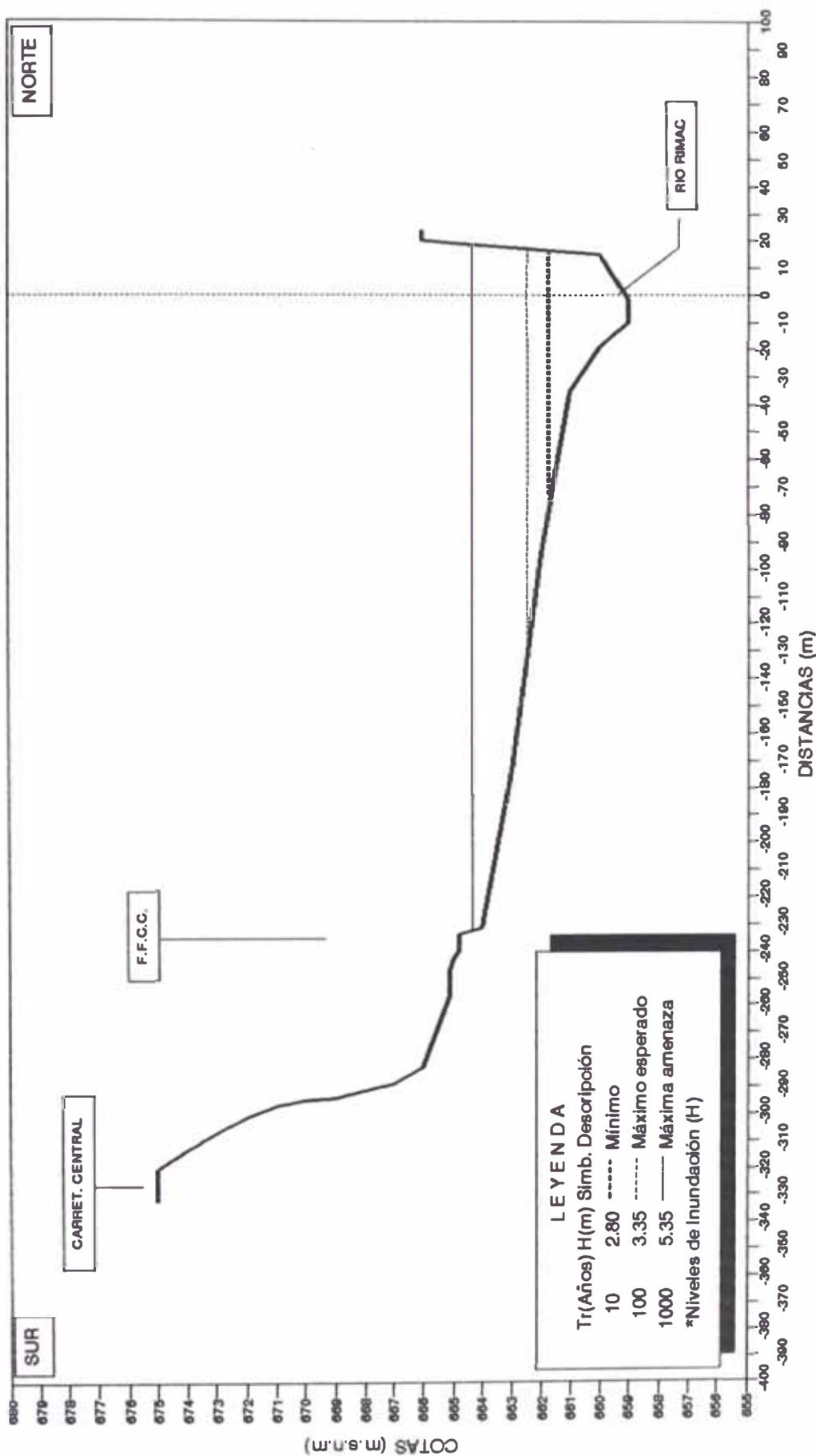
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 1+100



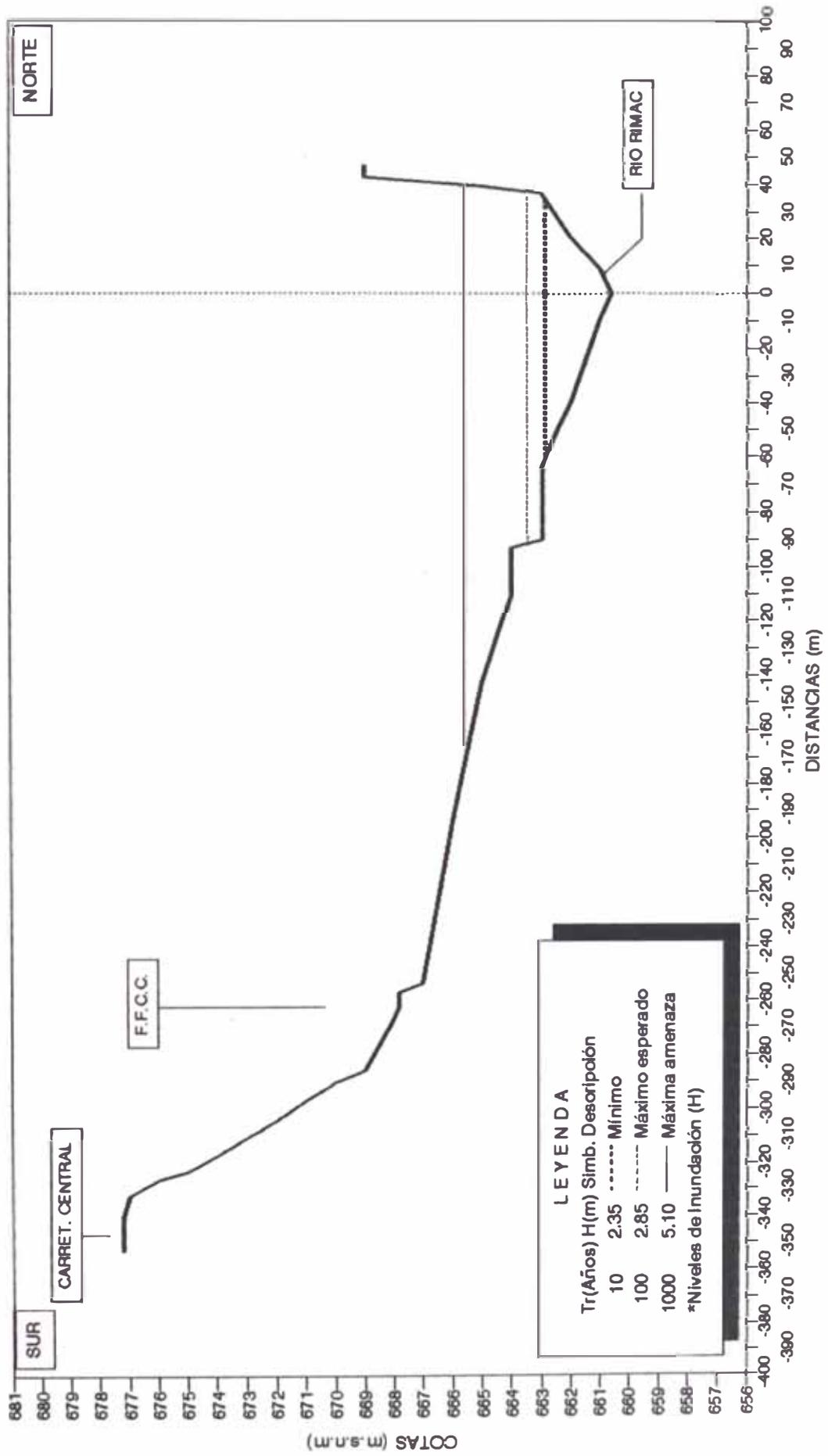
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 1 + 200



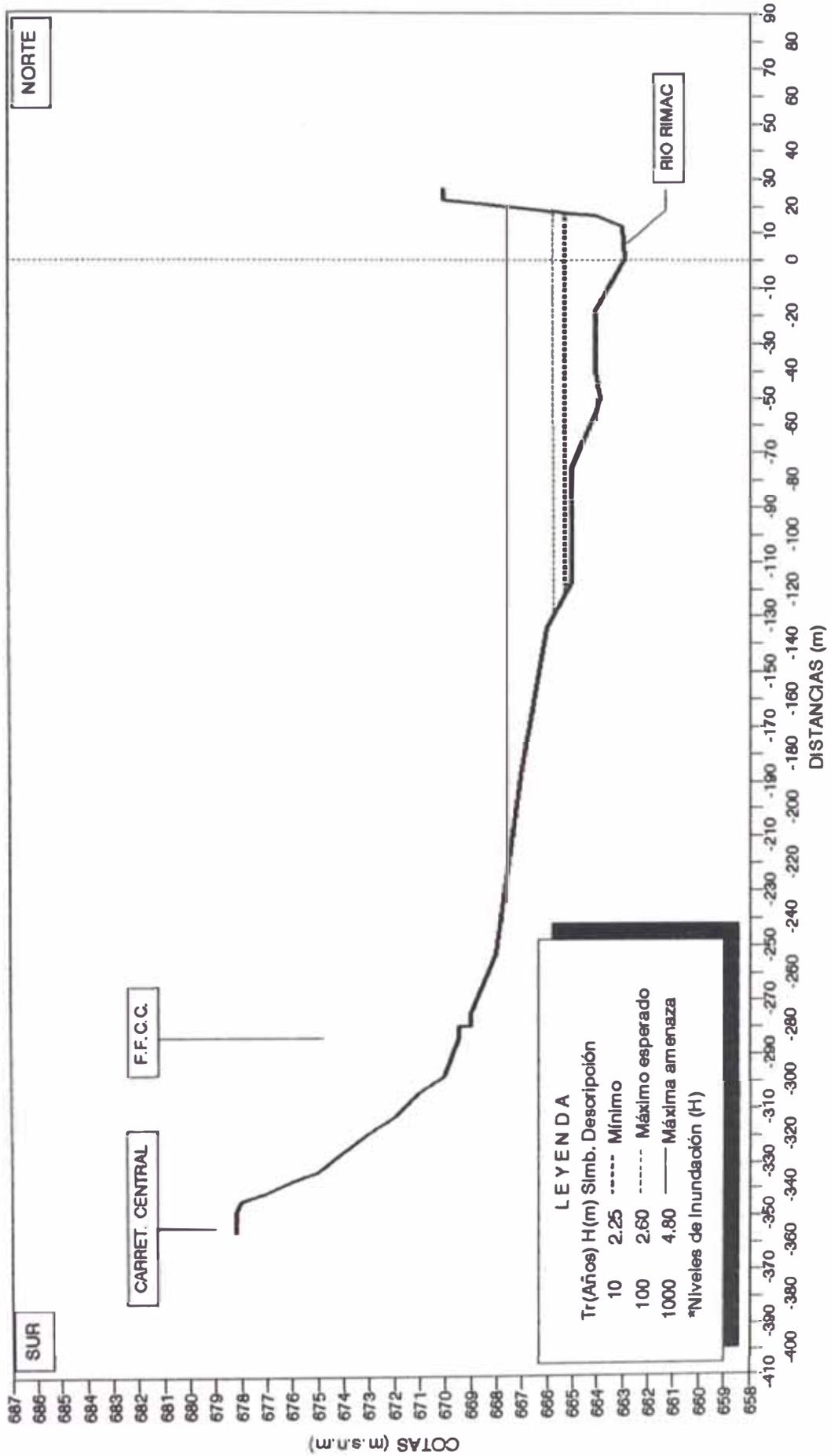
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 1 +300



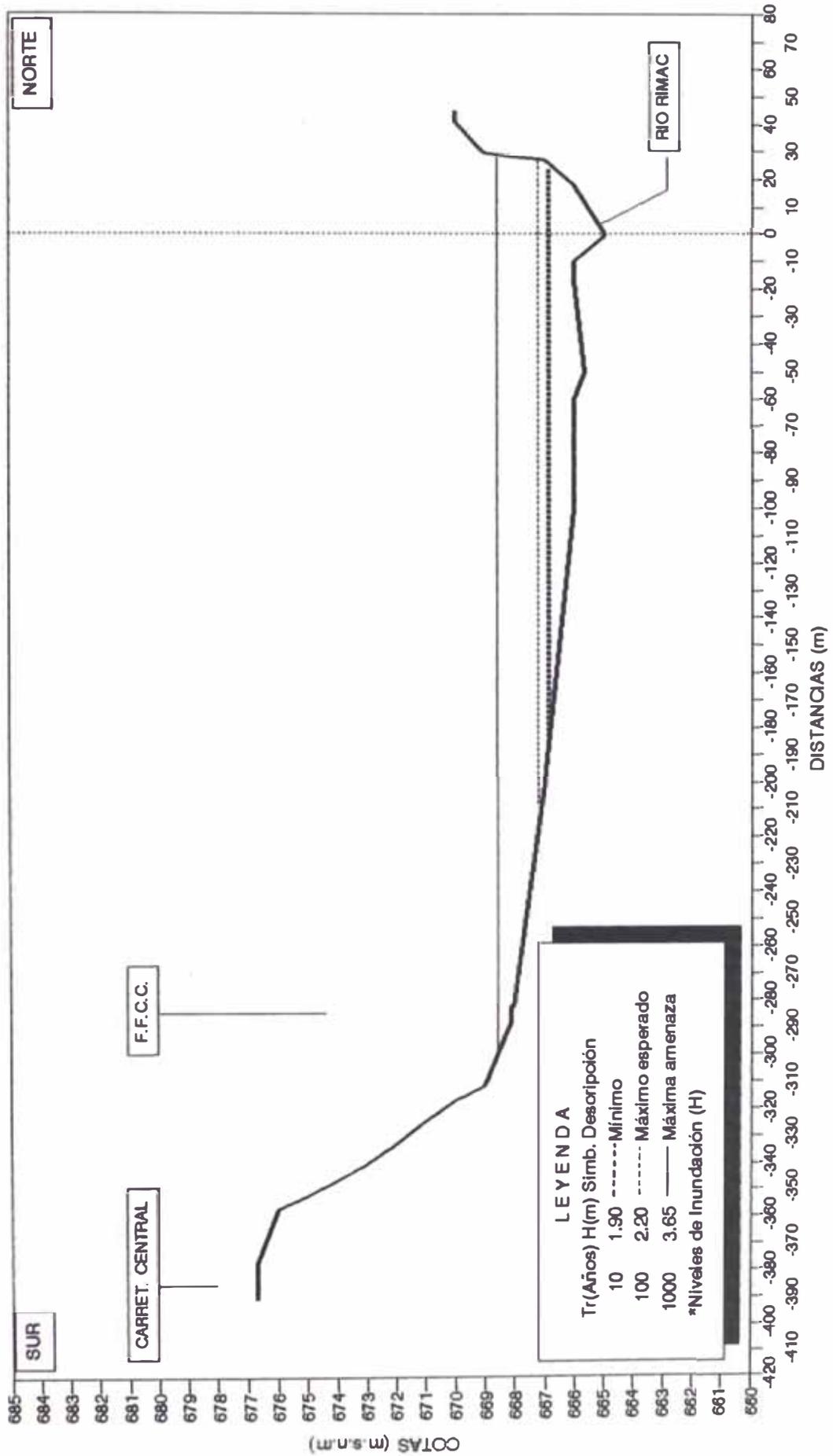
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 1 +400



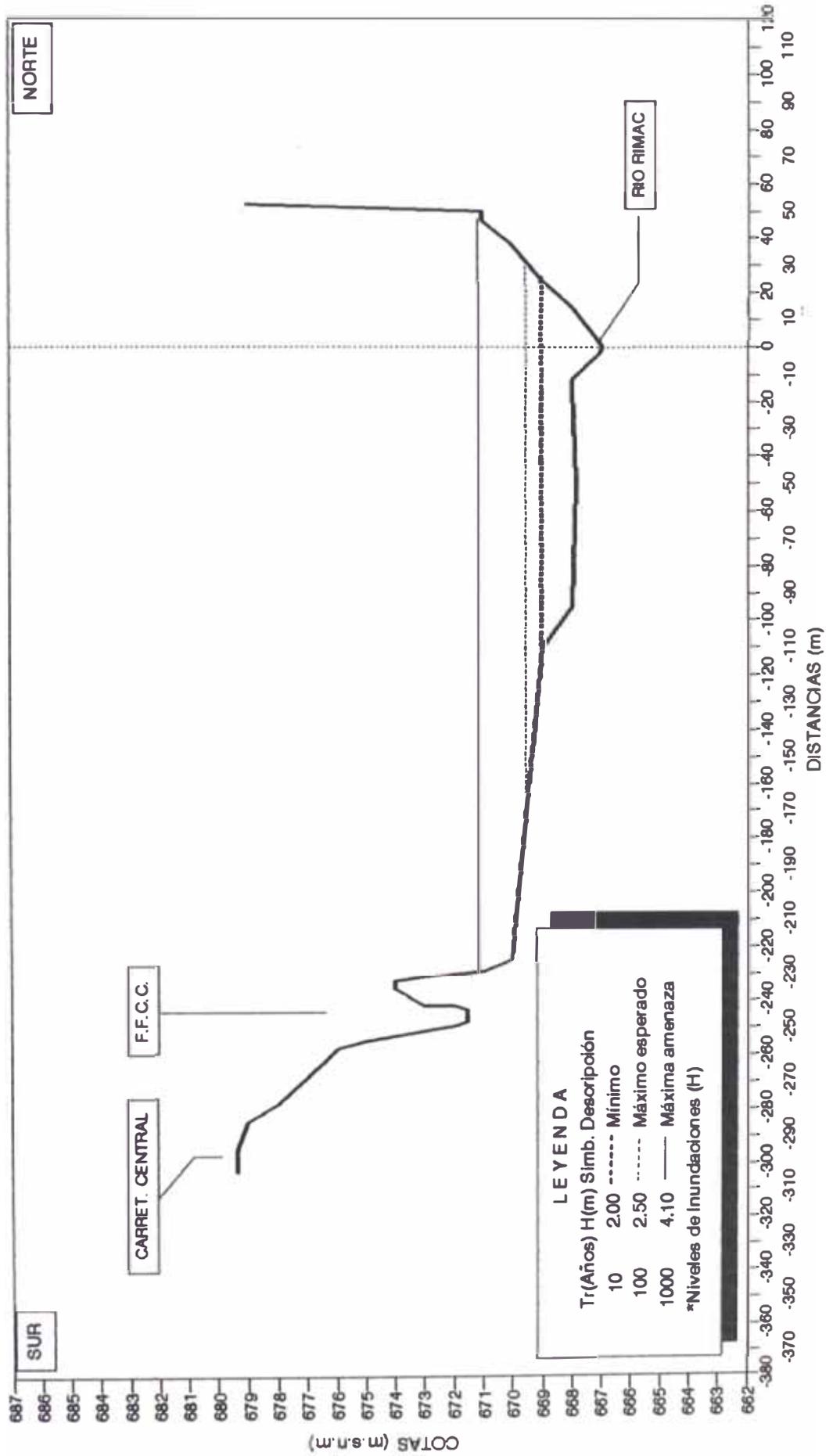
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 1 +500



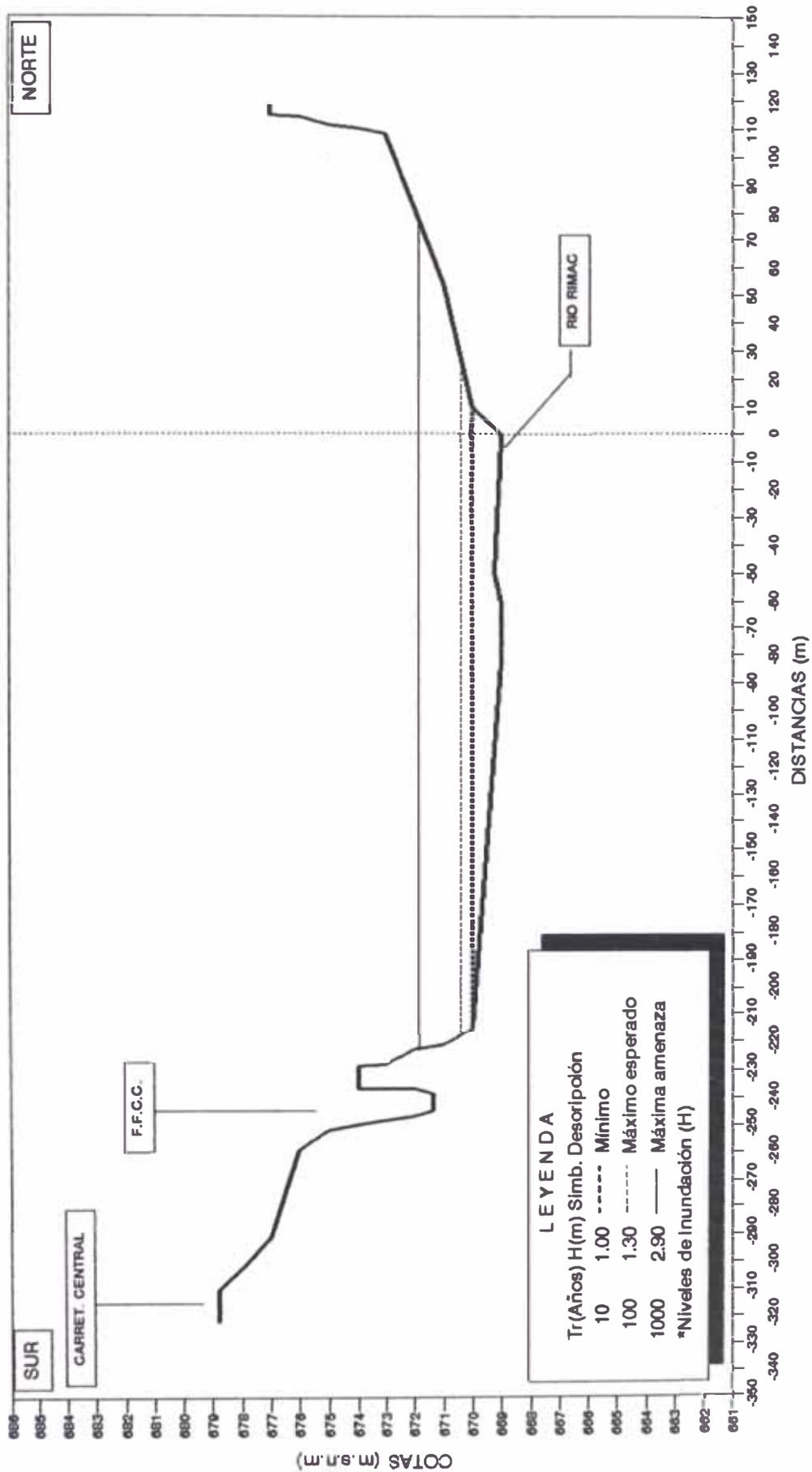
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 1 +600



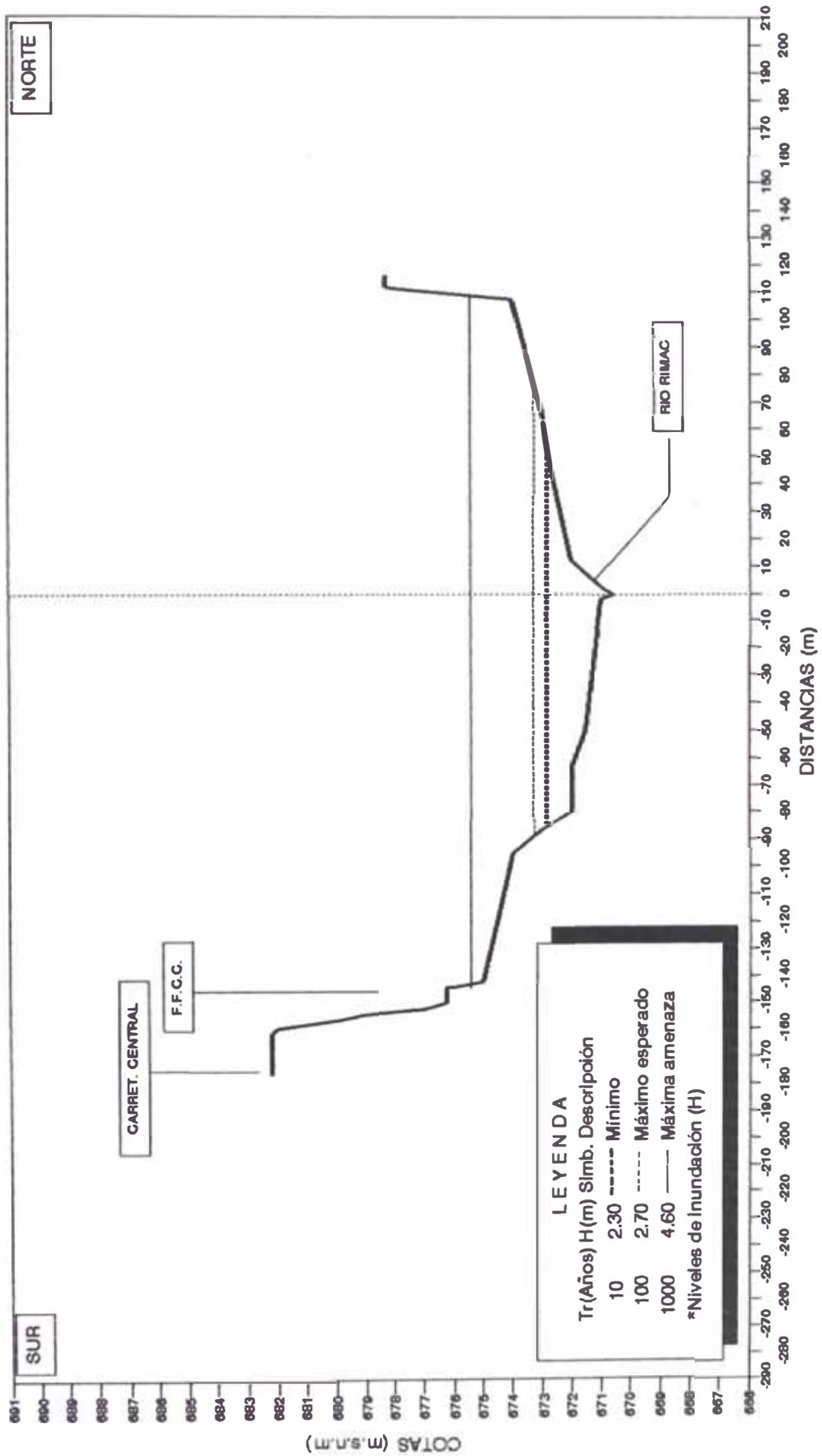
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 1 +700



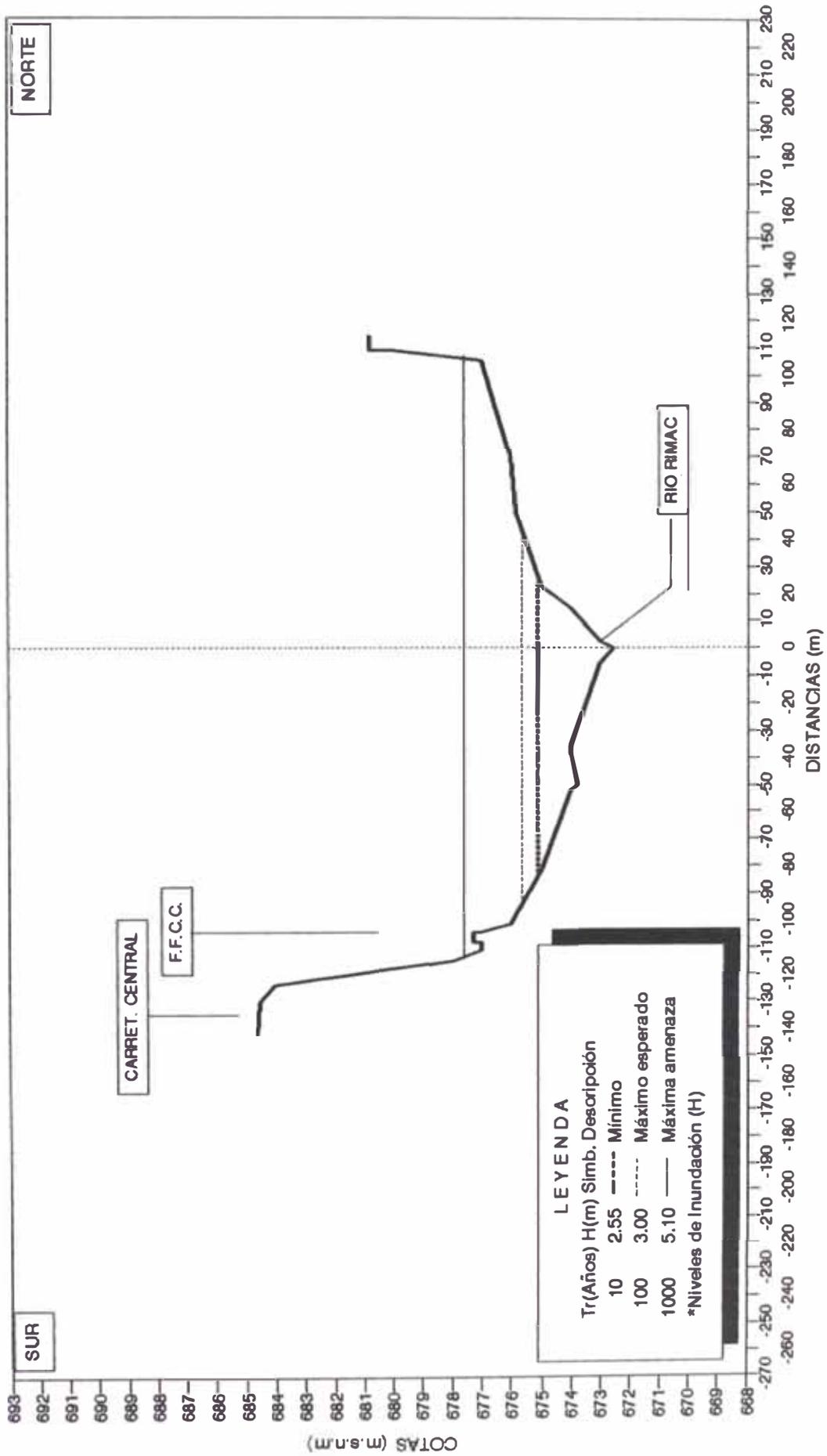
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 1 + 800



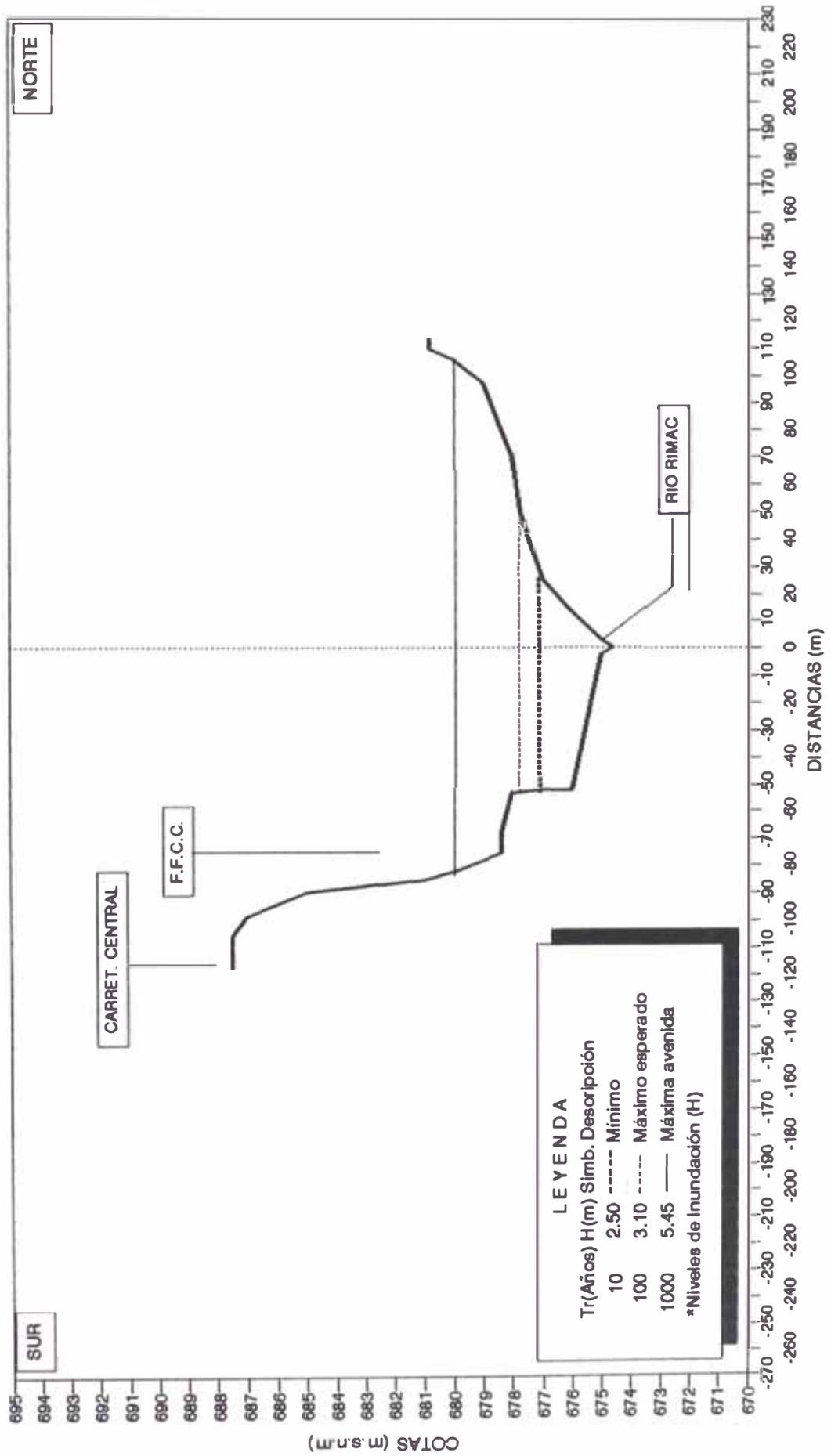
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 1+900



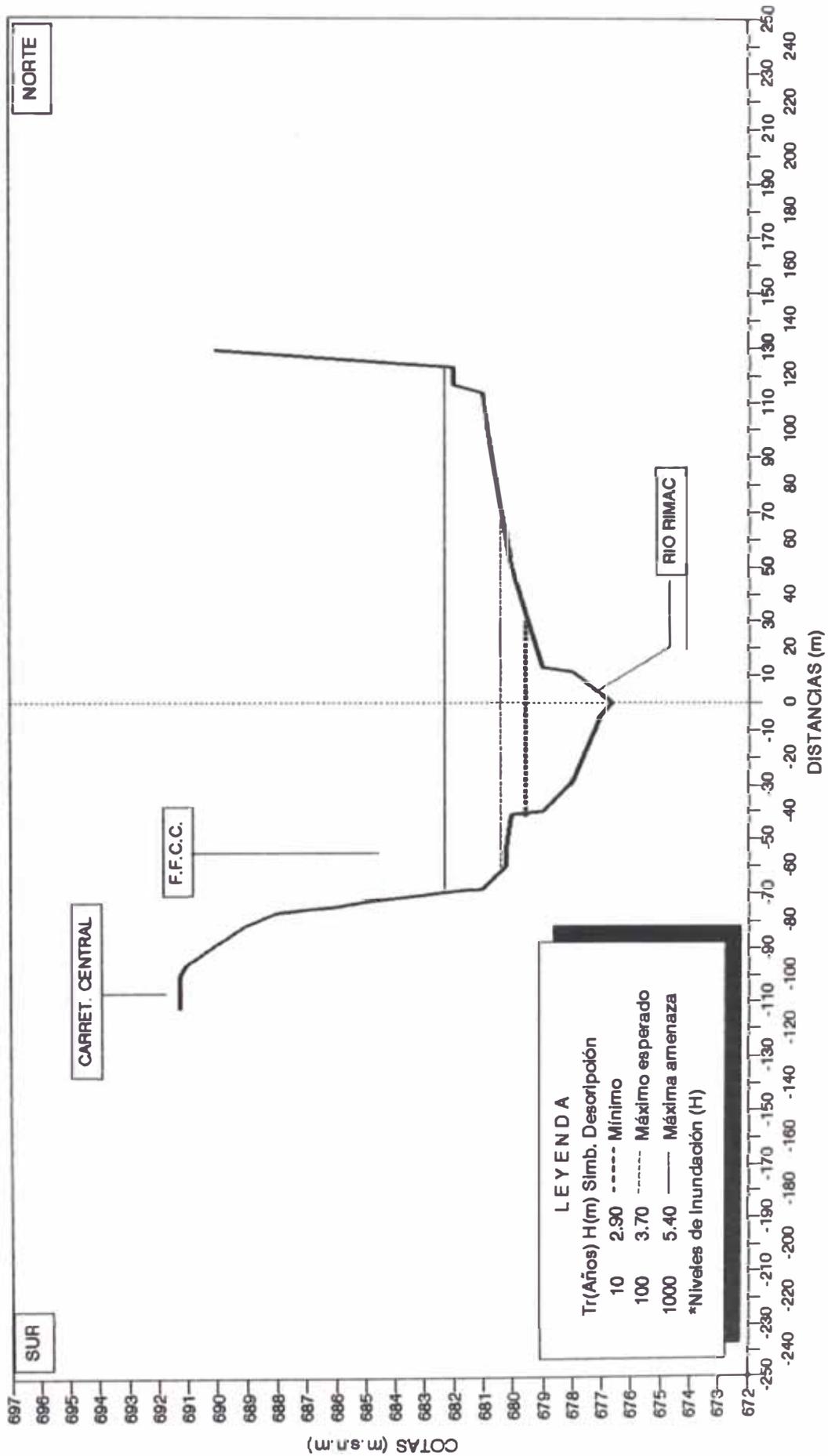
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 2+000



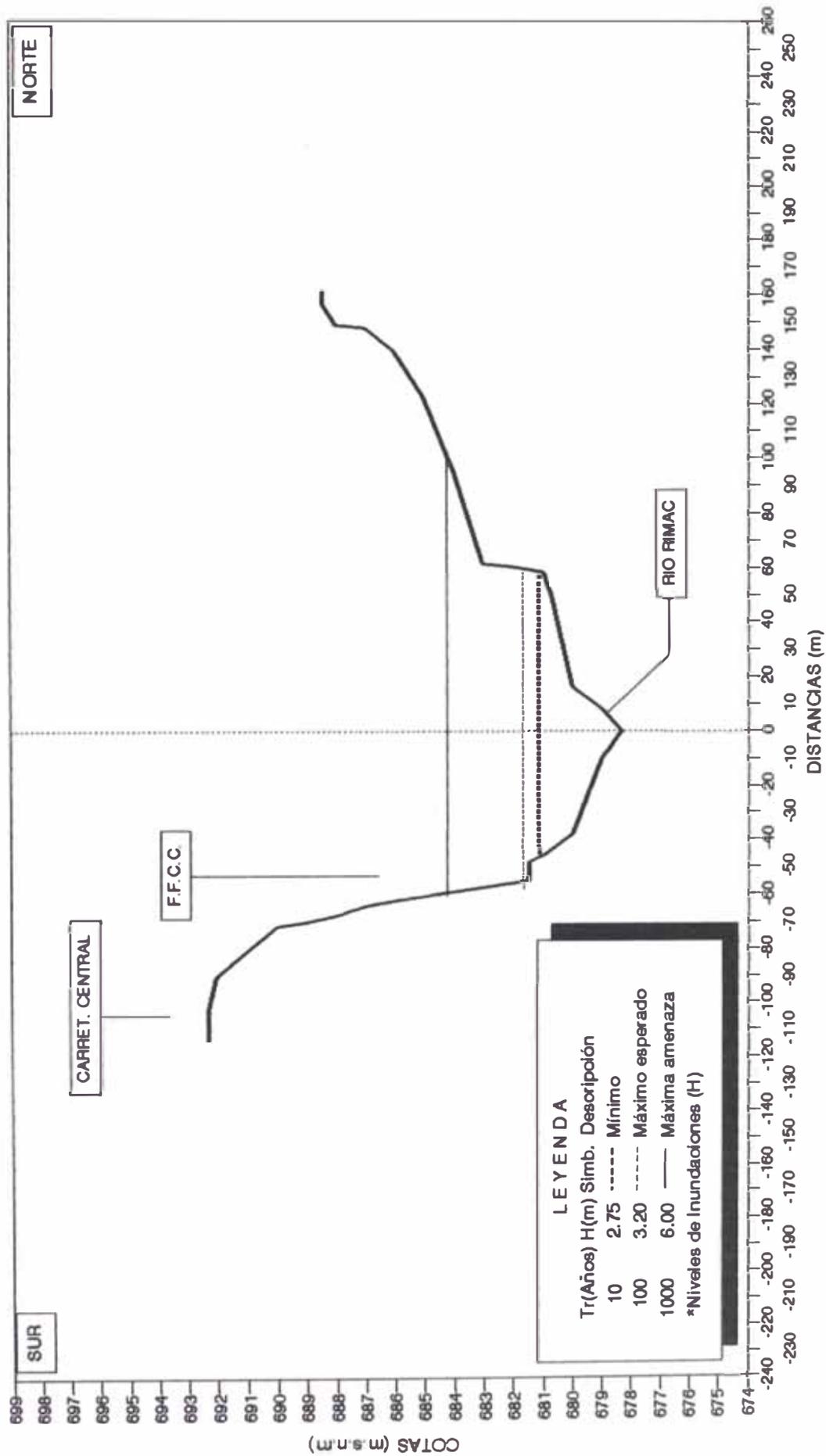
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 2+100



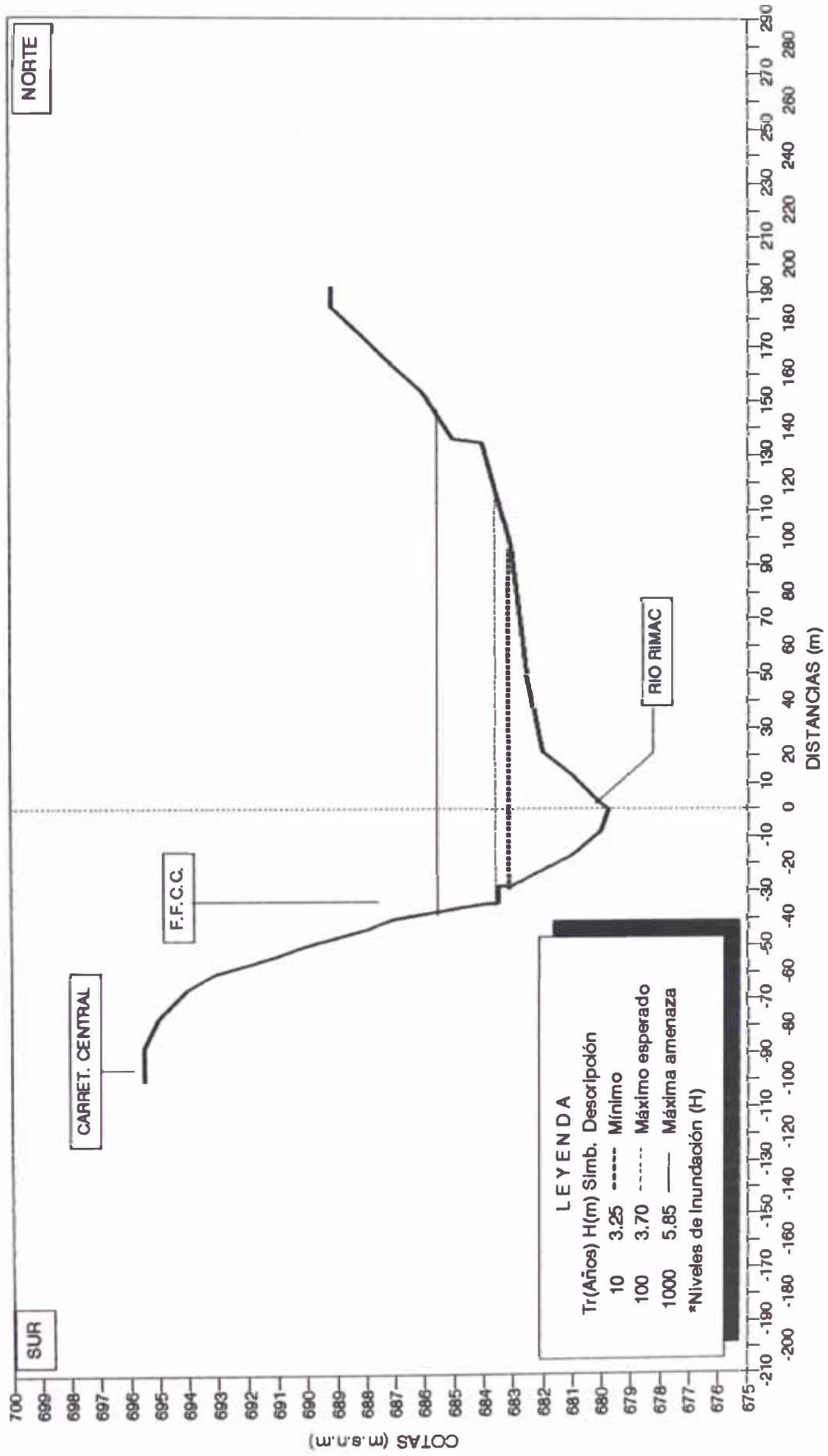
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 2+200



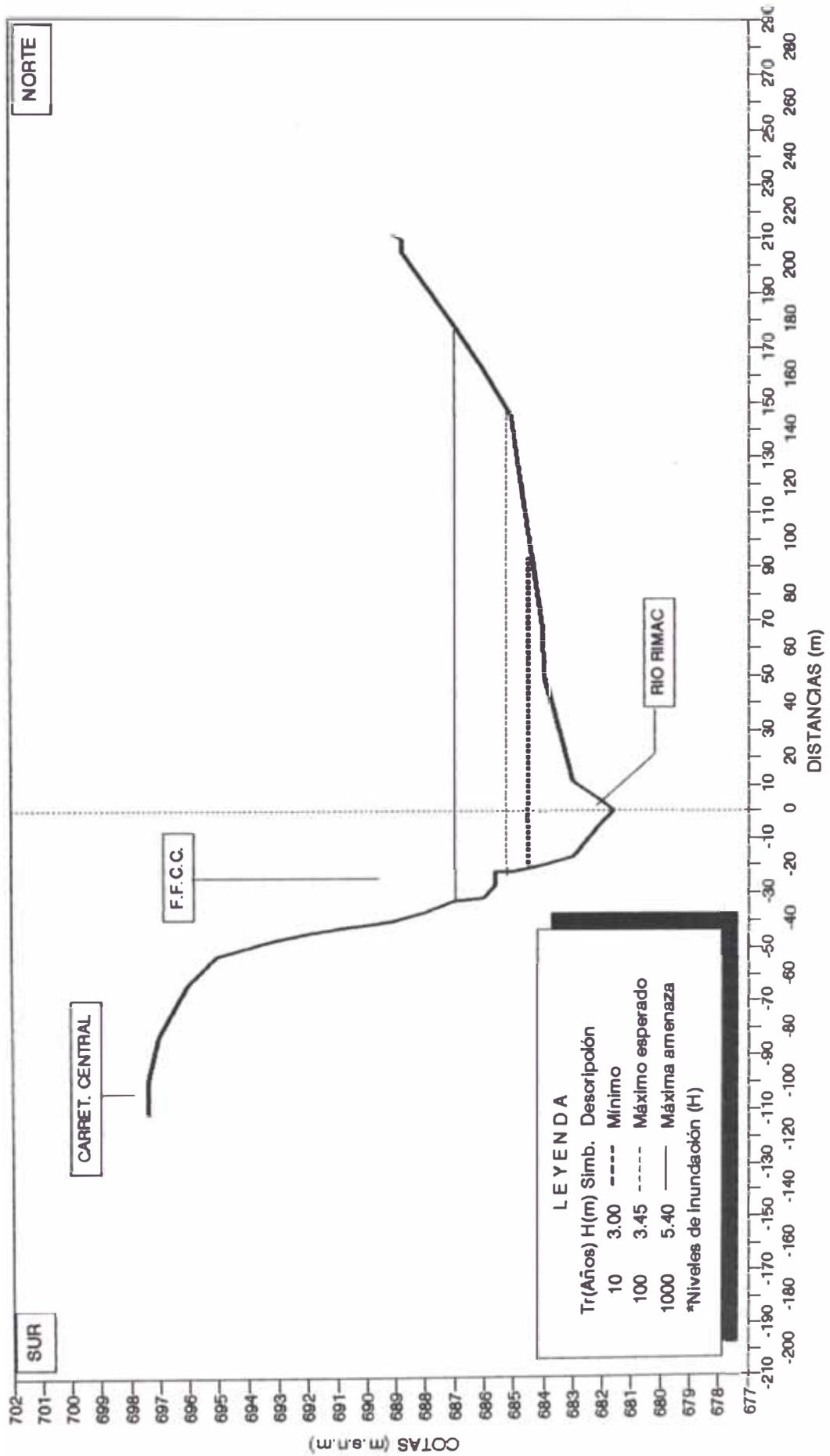
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 2 +300



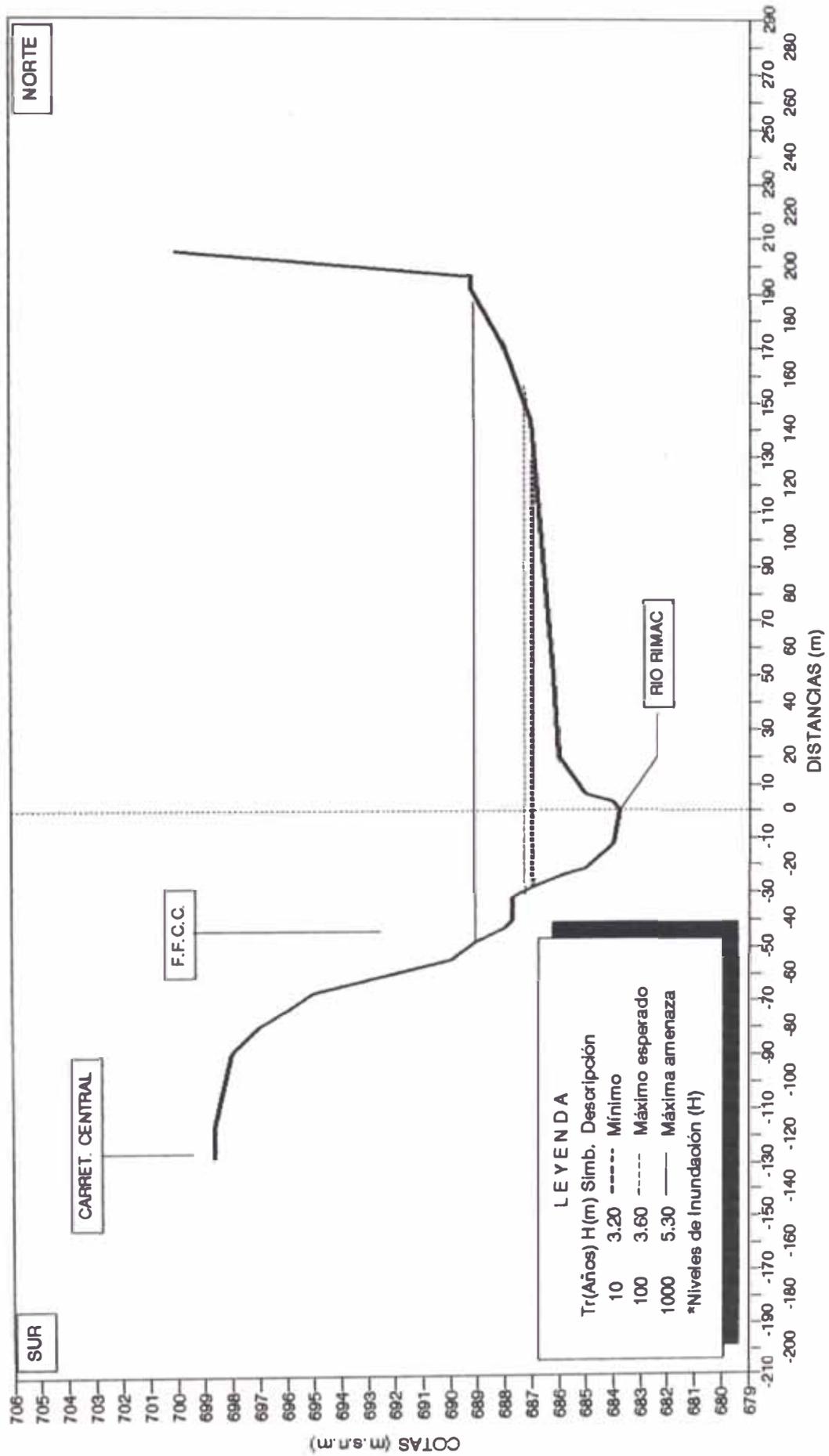
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 2+400



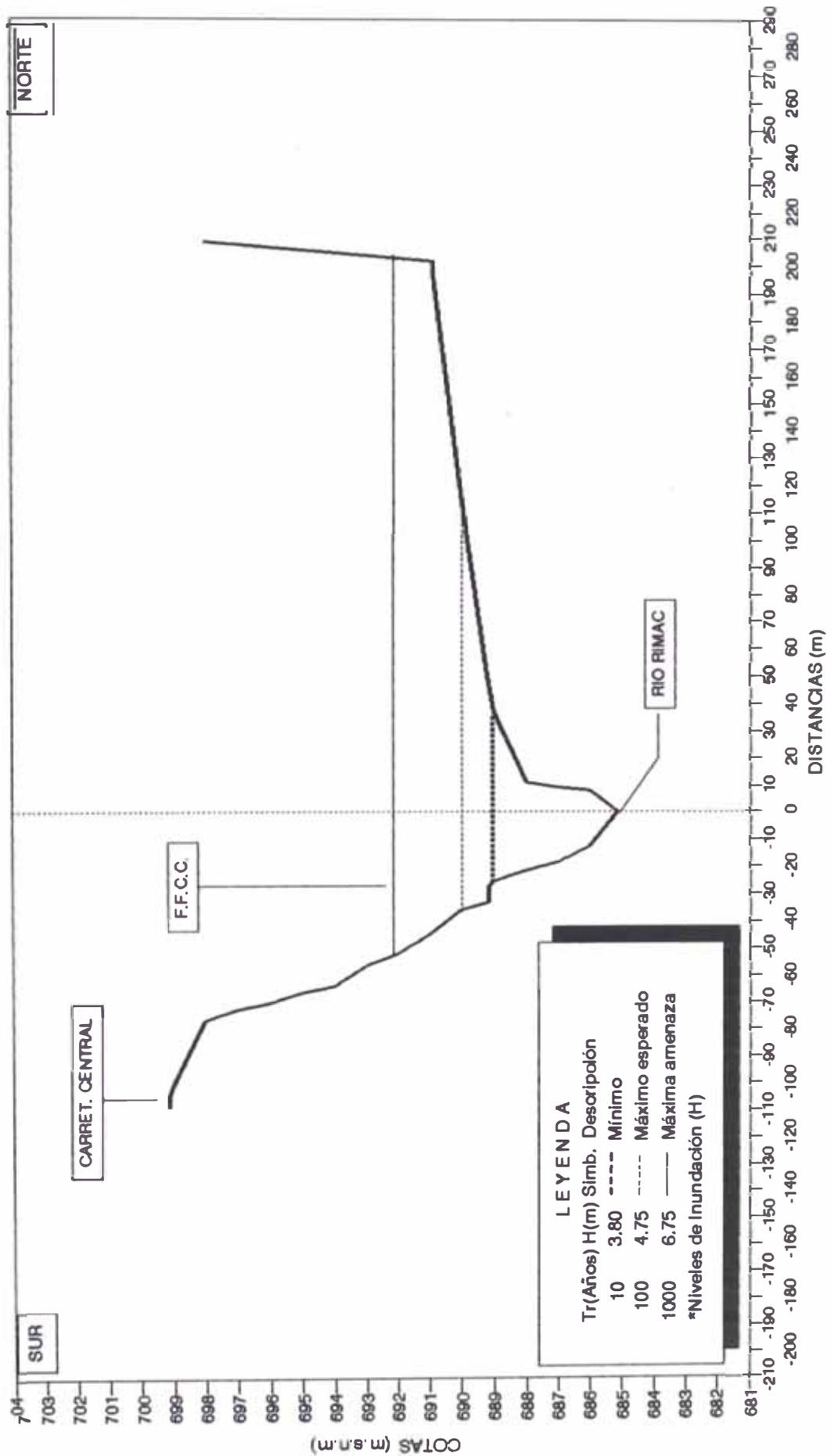
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 2+500



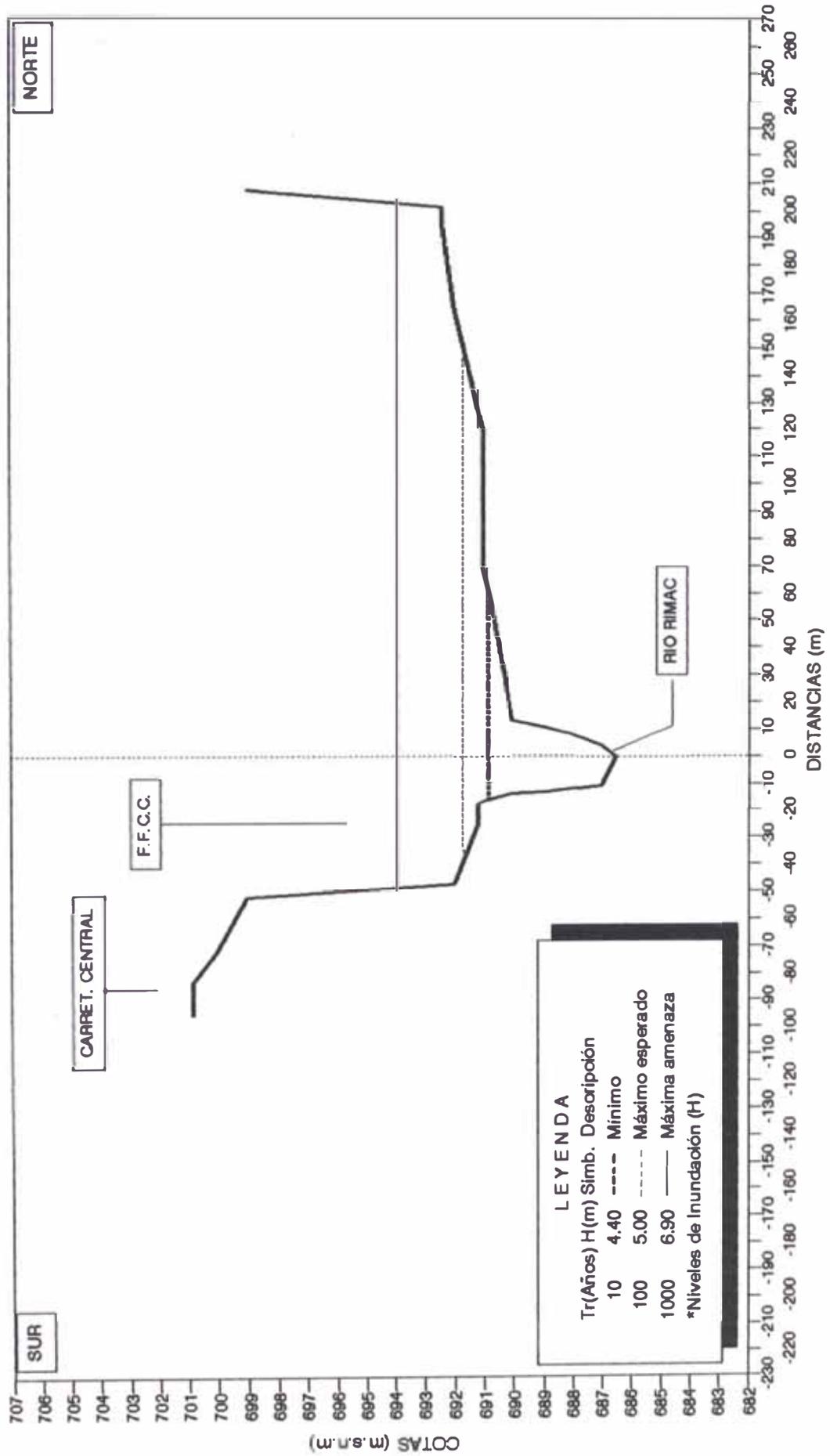
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 2+600



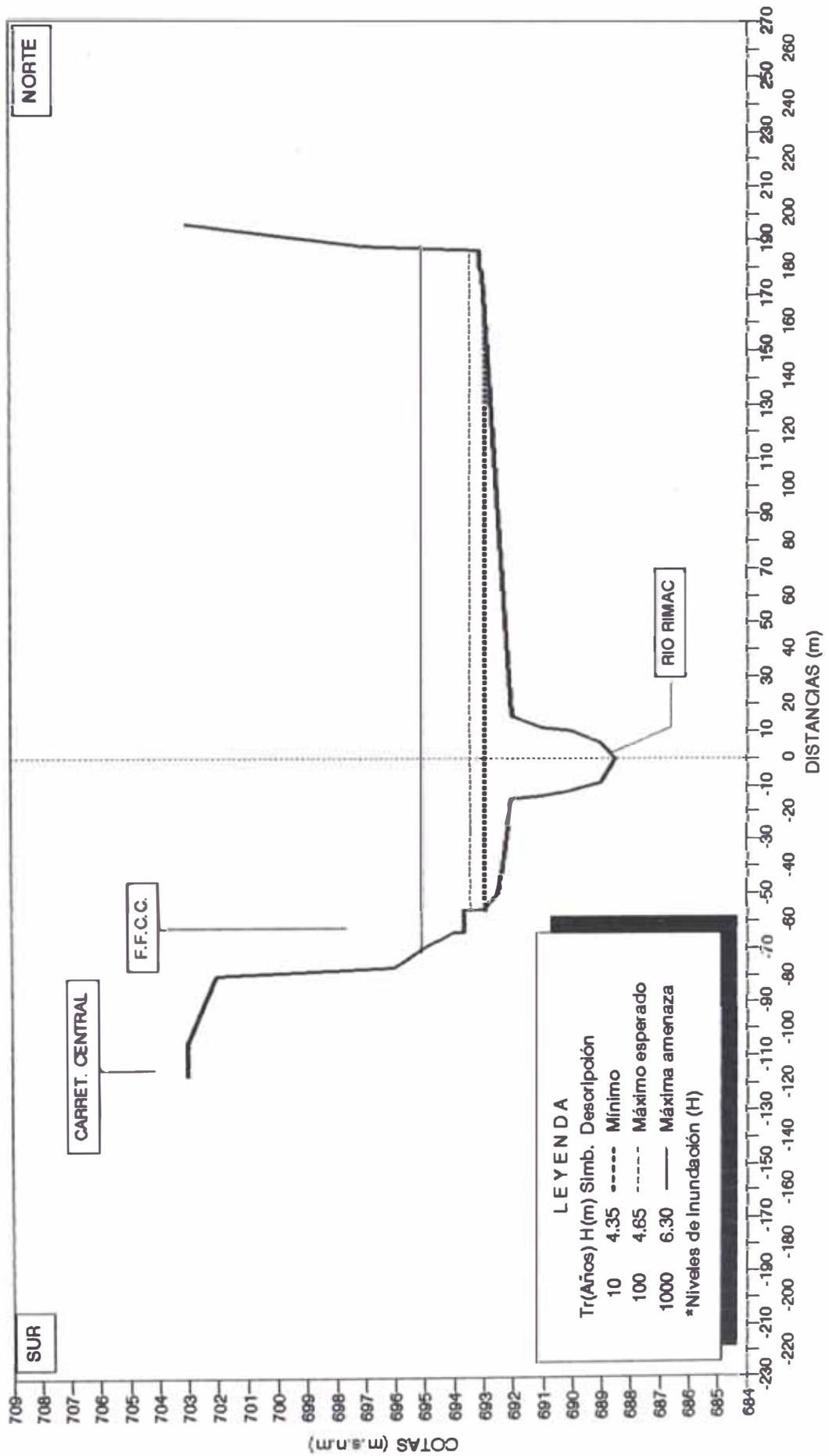
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 2+700



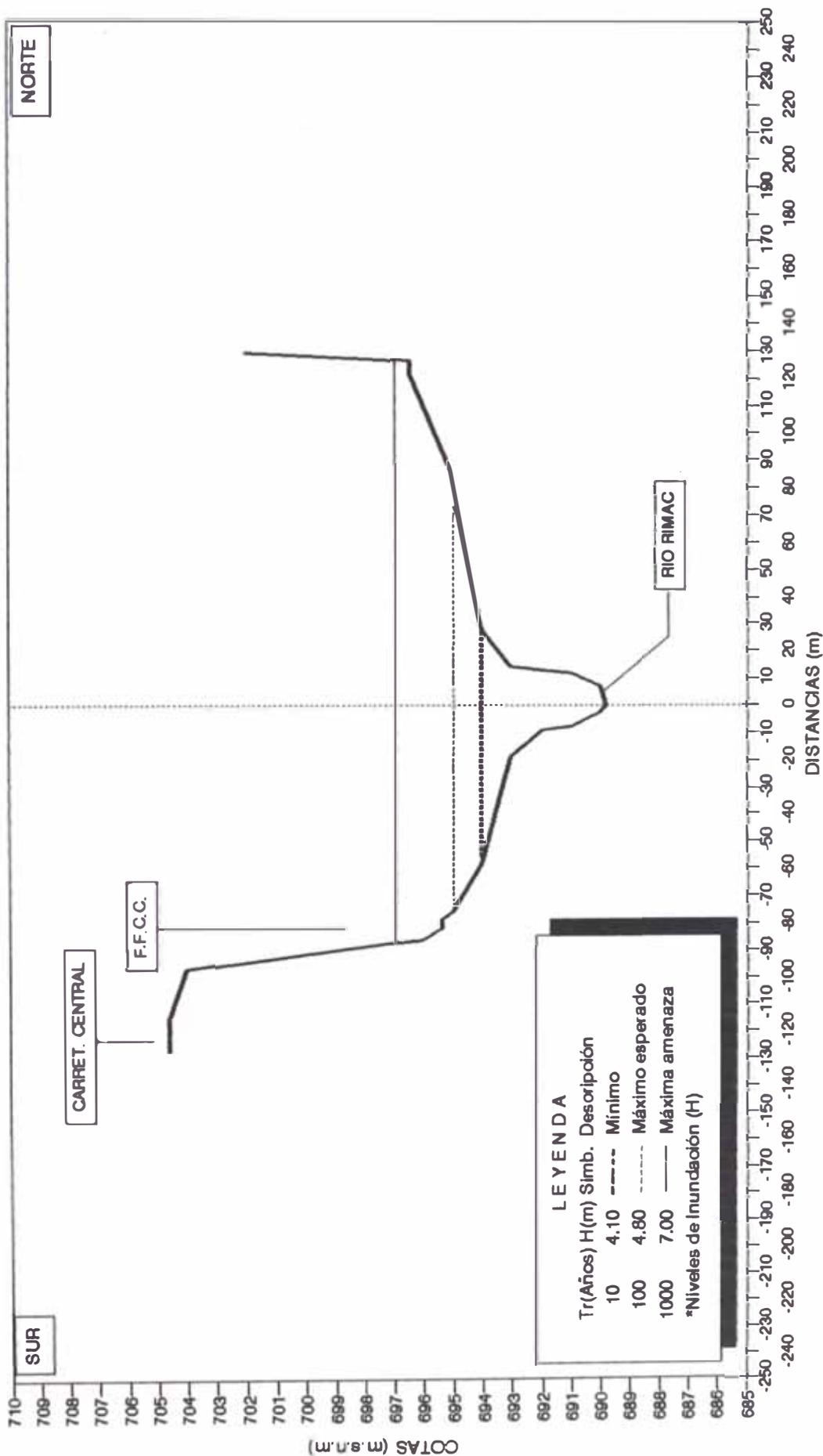
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 2+800



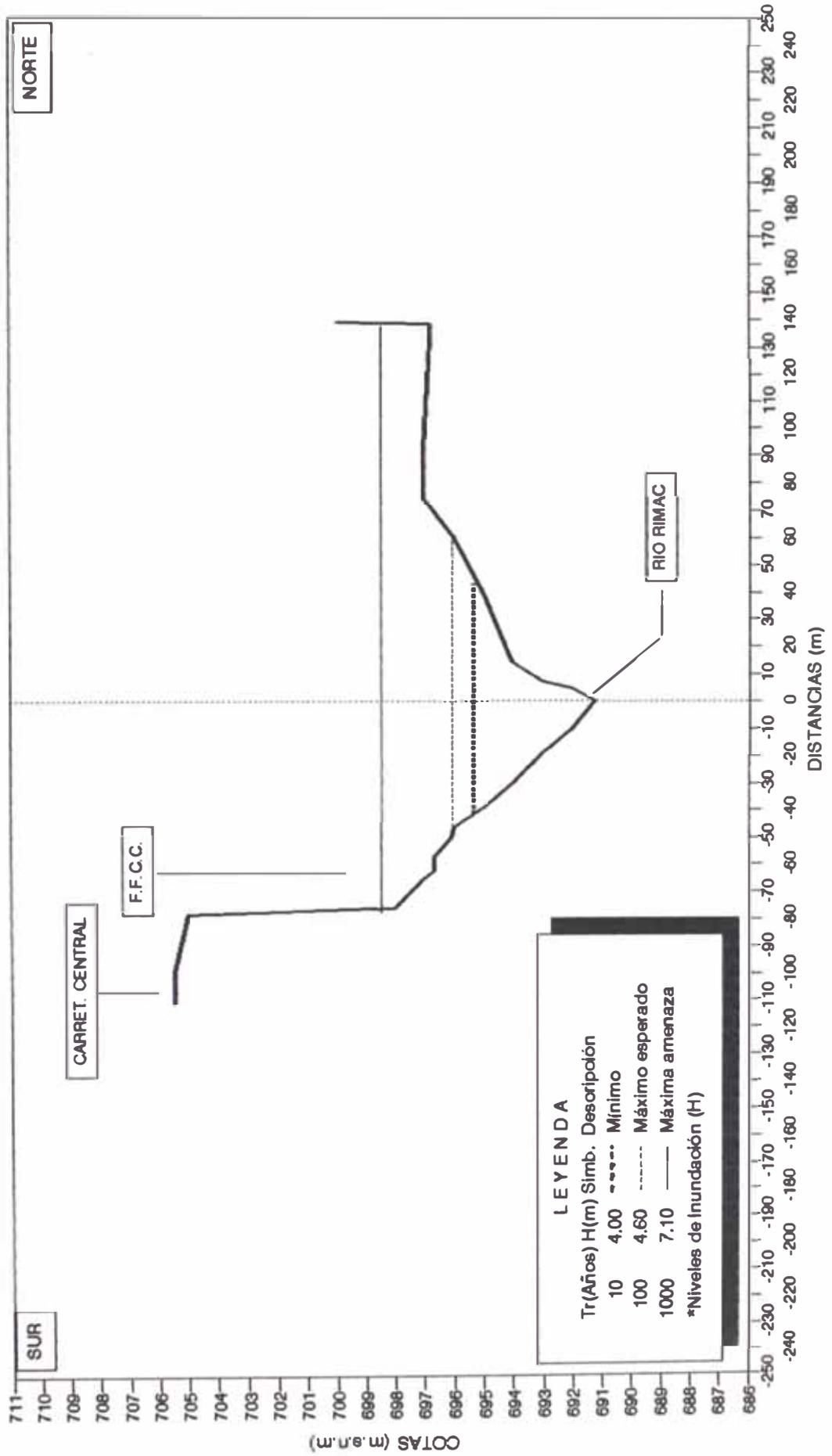
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 2+900



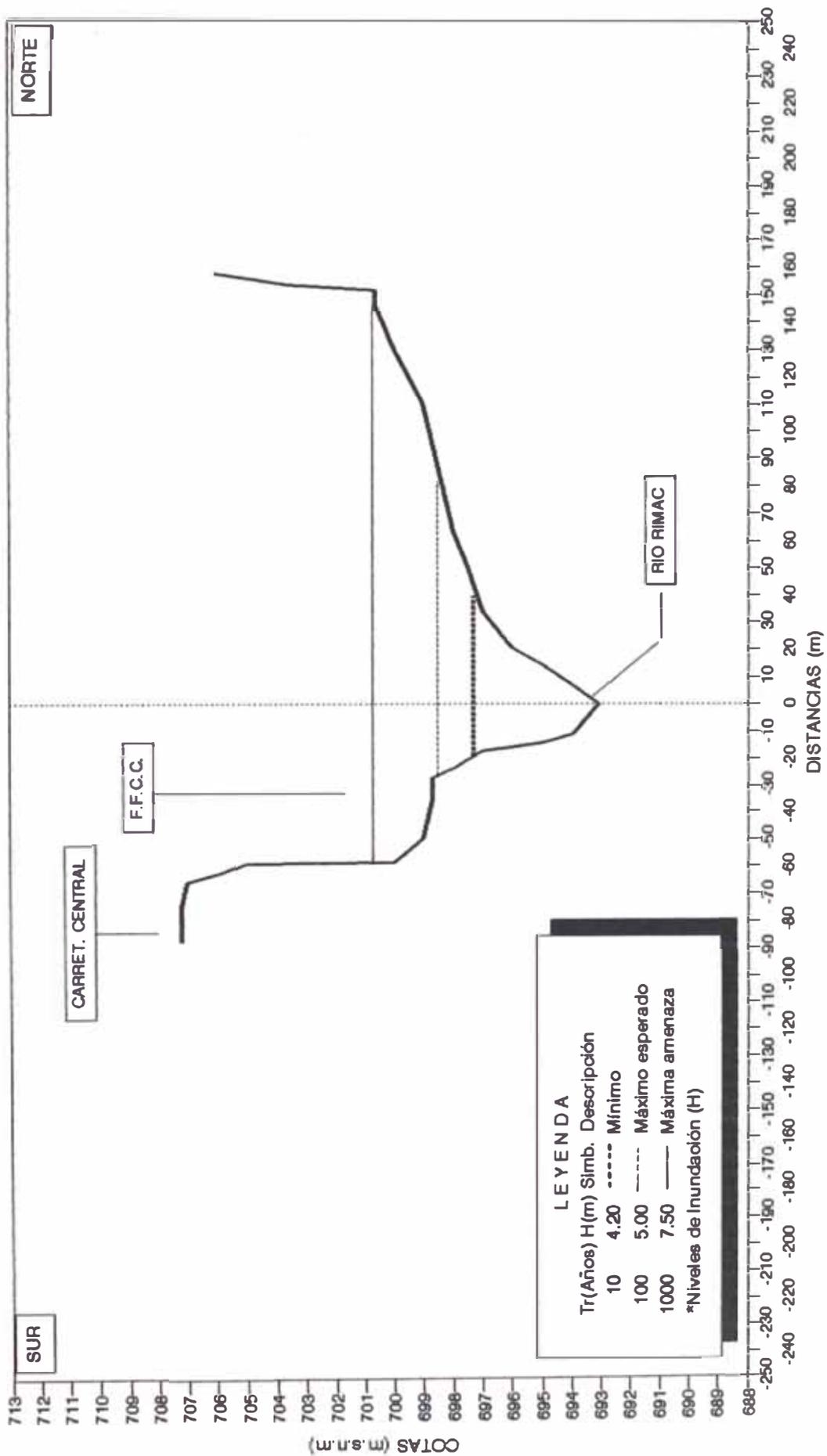
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 3+000



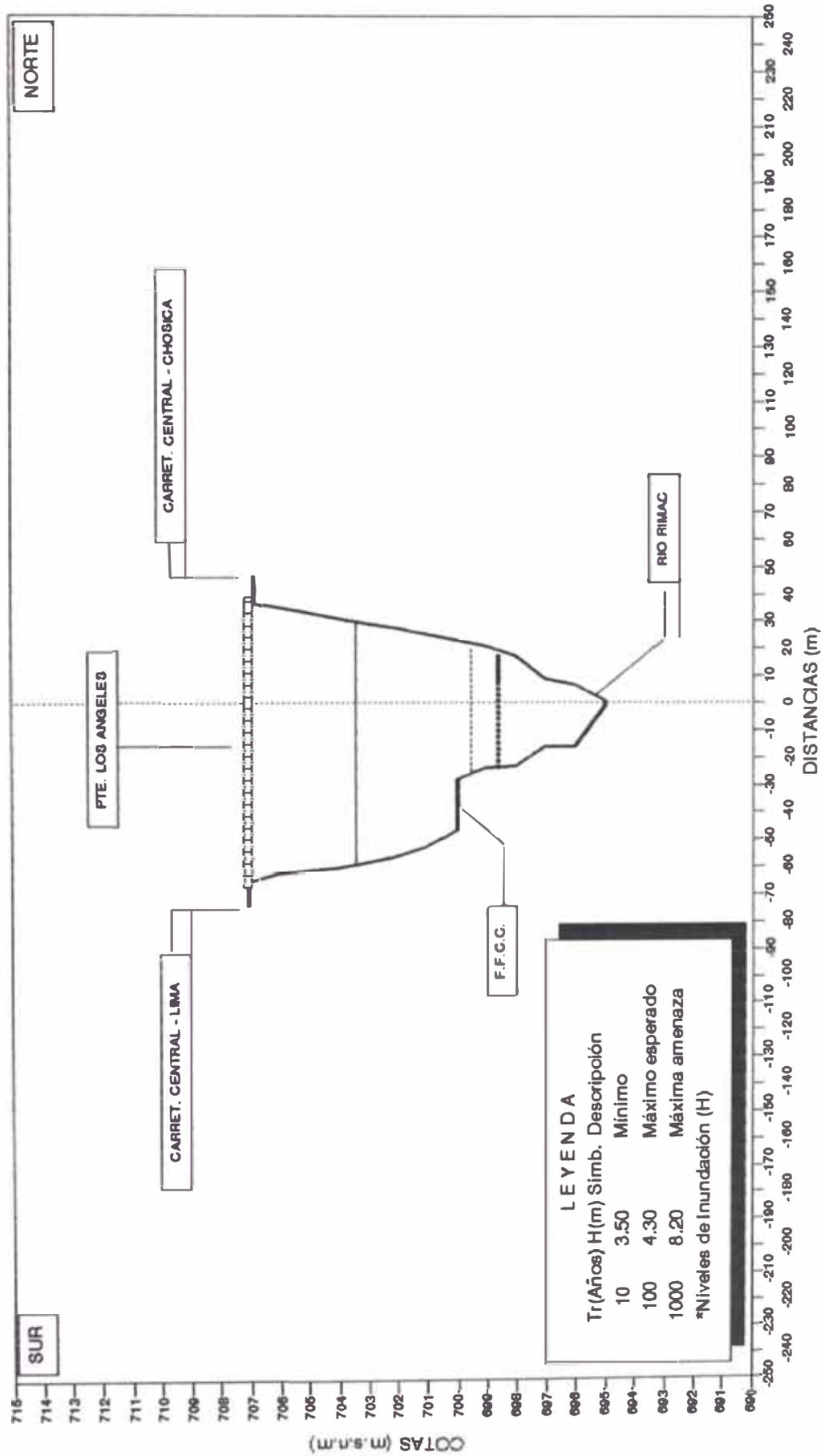
# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 3+100



# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 3+200



# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 3+300



## **CAPITULO 6 : MATERIALES DISPONIBLES EN LA ZONA**

## **6.0 MATERIALES DISPONIBLES EN LA ZONA:**

### **6.1 GENERALIDADES:**

Para la determinación de las características físicas y mecánicas de los materiales disponibles en la zona se realizó el estudio de Suelos y Canteras.

En la etapa de evaluación y reconocimiento del terreno para el estudio de Suelos se programaron fases típicas de trabajo como son: campo, laboratorio y gabinete.

El estudio se desarrollo dentro de una topografía ondulada a lo largo de 3.3 Km. de recorrido del río comprende las tres terrazas que caracterizan la zona y dos canteras cercanas al área.

Con relación al estudio de canteras se procedió a la ubicación de las mismas, cálculo de su potencia, rendimiento, vías de acceso y dar alternativas sobre su utilización.

### **6.2 ESTUDIO DE SUELOS:**

#### **6.2.1 OBJETIVO:**

El presente estudio de suelos tiene como finalidad determinar el comportamiento del terreno de fundación mediante la excavación de calicatas, a fin de efectuar la evaluación correspondiente del suelo, determinando parámetros que nos permita diseñar defensas ribereñas

adecuadas a lo largo del recorrido del río dentro del tramo en estudio.

#### **6.2.2 METODOLOGIA:**

Para obtener los fines propuestos se efectuaron los trabajos de campo, ensayos de laboratorio y la evaluación en gabinete de los datos obtenidos.

##### **6.2.2.1 TRABAJOS DE CAMPO:**

Se realizó la perforación de 9 calicatas hasta una profundidad de 1.00 m. en los puntos debidamente señalados durante la etapa de reconocimiento del terreno los que corresponden a las terrazas predominantes; cada punto fue muestreado y el material representativo resultante es depositado en bolsas con su respectiva tarjeta de identificación para luego llevarlas al laboratorio de Suelos de la FIC-UNI.

##### **6.2.2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO:**

Los ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas durante los trabajos de campo se analizaron en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la FIC-UNI; cuyos resultados se adjuntan en el anexo correspondiente. Los ensayos realizados fueron los siguientes:

- . Análisis Granulométrico.
- . Contenido de Humedad.
- . Determinación de las constantes físicas.



También se realizó la:

. Clasificación S.U.C.S. y AASTHO

**a. Análisis Granulométrico:**

Se realizó el análisis granulométrico por tamizado de acuerdo a lo especificado en la Norma ASTM D-422, determinando la distribución de las partículas por tamaño en las muestras de suelo; la fracción menor que la malla N° 200 se determinó por vía húmeda.

**b. Constantes físicas:**

Con la fracción que pasa el tamiz N° 40 se determinaron los límites de Atterberg según los procedimientos:

**ASTM D-423:** Esta Norma sirve para determinar el límite líquido de los suelos que se define como el contenido de humedad del suelo cuando se encuentra en el límite de los estados plástico y líquido.

**ASTM D-424:** Norma que sirve para determinar el límite plástico de los suelos que se define como el contenido de humedad para el cual el suelo se encuentra entre los estados plástico y semisólido; también se determinó el **Índice Plástico:** Que viene a ser la diferencia entre el límite líquido y límite plástico.

### **c. Clasificación de Suelos:**

La clasificación de suelos consiste en incluir un suelo en un grupo que presenta comportamiento semejante; las características utilizadas más comunes son la granulometría y la plasticidad, para este caso se utilizaron las normas S.U.C.S. Y AASTHO.

La Clasificación de Suelos ha sido preparada para servir de ayuda en resolver problemas ingenieriles como flujo y filtración clasificándola según su grado de permeabilidad, siendo esta elevada, media, baja o muy baja.

La Clasificación AASTHO es exclusiva para Carreteras, se puede clasificar el suelo dentro de los 12 grupos más importantes de similares características.

### **6.2.3 CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS:**

Después de obtener los resultados de los ensayos de laboratorio realizados y hacer su debida clasificación según normas SUCS y AASTHO (Ver Cuadro 6.1), se ha elaborado el Perfil Estratigráfico de cada terraza que se muestra en la Figura 6.2.

Podemos decir que los suelos encontrados en el área se caracterizan de acuerdo a la naturaleza de las terrazas de donde proceden, las cuales se detallan a continuación:

CUADRO N° 6.1

ESTUDIOS DE EVALUACION DE SUELOS  
 PROYECTO: ENCAUZAMIENTO DEL RIO RIMAC  
 TRAMO : PTE. HUAMPANI - PTE. LOS ANGELES  
 KM 0+000 - 3+300

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

PROGRESIVA	MARGEN	ZONA	MUESTRA	PROFUNDIDAD ( m. )	ANALISIS GRANULOMETRICO PORCENTAJE QUE PASA				LIMITES DE ATTERBERG ( % )			CLASIFICACION DE SUELOS	
					N° 04	N° 10	N° 40	N° 200	LL	LP	I.P.	AASHTO	S.U.C.S.
0+200	Izquierda	To	M - 1	0 - 1.00	38.62	34.63	19.37	7.02	19.60	-	N.P.	A-1-a(0)	GP-GM
0+200	Izquierda	T1	M - 2	0 - 1.00	57.99	62.11	28.96	6.10	20.30	18.50	1.80	A-1-b(0)	SP-SM
0+200	Izquierda	T2	M - 3	0 - 1.50	97.97	92.03	79.31	51.50	33.80	20.00	13.80	A - 6-(5)	CL
0+700	Izquierda	To	M - 4	0 - 1.00	47.28	39.47	17.40	3.86	-	-	N.P.	A-1-a(0)	GP
0+700	Izquierda	T1	M - 5	0 - 1.00	100.00	93.50	75.00	41.50	23.30	12.20	11.10	A - 6-(2)	SC
1+500	Izquierda	To	M - 6	0 - 1.00	35.28	29.51	15.43	2.60	-	-	N.P.	A-1-a(0)	GW
1+500	Izquierda	T1	M - 7	0 - 1.00	100.00	90.05	47.05	20.20	16.00	-	N.P.	A-1-b(0)	SM
2+000	Izquierda	T1	M - 8	0 - 1.00	100.00	98.90	95.05	63.95	28.00	22.70	3.30	A - 4-(6)	ML
3+000	Izquierda	To	M - 9	0 - 1.00	34.03	24.44	5.92	0.47	-	-	N.P.	A-1-a(0)	GP

## **TERRAZA To:**

Comprende el lecho del río sobre la cual están asentadas cimentaciones de estructuras importantes como pilares de puentes y defensas ribereñas como muros de concreto, gaviones que presentan erosión en sus cimentaciones por carecer de un diseño adecuado, también se encuentran asentados AAHH como Monte Santa Inés, Santa Inés .

A simple inspección se trata de un suelo constituido por material gravoso arenoso, con partículas redondeadas, color beige, de compacidad media (al momento de sacar las calicatas las paredes se mantienen verticales), material permeable.

Se han sacado 4 muestras representativas; la ubicación, profundidad y clasificación de acuerdo a normas (SUCS y AASTHO) se dan a continuación:

<b>MUESTRA</b>	<b>PROGRESIVA</b>	<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>SUCS</b>	<b>AASTHO</b>
M-1	0+200	0 - 1.0 m	GP - GM	A-1-a(0)
M-4	0+700	0 - 1.0 m	GP	A-1-a(0)
M-6	1+500	0 - 1.0 m	GW	A-1-a(0)
M-9	3+000	0 - 1.0 m	GP	A-1-a(0)

De acuerdo a la clasificación SUCS y AASTHO (según Wagner 1957) se dan propiedades que pueden ser aplicadas para obras de ingeniería:

Las gravas y arenas tienen esencialmente las mismas propiedades ingenieriles aunque en grados diferentes.

- . De acuerdo a la clasificación de suelos según normas (ASTM - D-2488) son gravas mal graduadas o mezclas de grava - 36% de arena con 5% de fino (limo) en promedio.
- . Suelo no plástico.
- . Estos suelos se caracterizan por ser estables debido a la irregularidad de sus partículas.
- . Las gravas son más estables frente al flujo de agua y mas resistentes a la erosión que las arenas.
- . Material permeable con  $K > 10^{-2}$  cm/seg.
- . Densidad máxima standard Proctor 1,84 - 2,00 Tn/m<sup>3</sup>.
- . Son fáciles de compactar, resultan poco afectados por la humedad; el equipo de compactación recomendable a usar es rodillo sobre neumáticos, tractor, rodillo liso vibratorio.
- . Buena resistencia al corte en estado compacto y saturado.  
Su compresibilidad en estado compacto y saturado es despreciable.
- . De buena a excelente factibilidad de tratamiento en obra.

#### **TERRAZA T1:**

Zona intermedia donde generalmente están ubicadas las areas de cultivo, urbanizaciones marginales como Villa Rosario, Zona del Camal, Perla del Sol y algunos tramos del Ferrocarril Central.

A simple inspección se trata de un suelo constituido por material arenoso con finos y en algunas zonas con gravas, color beige, de compacidad media (al momento de sacar las calicatas las paredes se mantienen verticales), material medianamente permeable.

Se han sacado 4 muestras representativas; la ubicación, profundidad y clasificación de acuerdo a normas (SUCS y AASTHO) se dan a continuación:

MUESTRA	PROGRESIVA	PROFUNDIDAD	SUCS	AASTHO
M-2	0+200	0 - 1,0 m	SP - SM	A-1-b(0)
M-5	0+700	0 - 1,0 m	SC	A-6(2)
M-7	1+500	0 - 1,0 m	SM	A-1-b(0)
M-8	2+000	0 - 1,0 m	ML	A-4-(6)

Esta terraza a lo largo del tramo cambia de estratigrafía dependiendo del nivel en que se encuentra, desde Arena limosa con presencia de gravas (SP-SM) en zonas bajas cerca a la To, Arena arcillosa (SC) en zonas cerca a la terraza T2, Arena limosa y limo (SM y ML) en zonas intermedias donde se ubican las areas de cultivo.

De acuerdo a la clasificación SUCS y AASTHO (según Wagner 1957) se dan propiedades que pueden ser aplicadas para obras de ingeniería:

**SP-SM:**

- De acuerdo a la clasificación de suelos según normas (ASTM-D-2488), son Arenas Limosas con presencia importante de grava 42%
- . Suelo de media a baja plasticidad.
  - . Estos suelos se caracterizan ser de estabilidad pasable.
  - . No son muy resistentes a la erosión si están expuestas al flujo de agua.
  - . Material semipermeable con  $K = 10^{-2}$  a  $10^{-6}$  cm/seg.
  - . Densidad máxima Proctor Standard 1,68 - 2,00 Tn/m<sup>3</sup>.
  - . Son suelos con buenas características de compactación con un adecuado control, el equipo de compactación recomendable a usar es el rodillo con neumáticos o rodillo pata de cabra.
  - . De buena a regular resistencia al corte en estado compacto y saturado.
  - . Su compresibilidad en estado compacto y saturado es baja a muy baja.
  - . De regular factibilidad para el tratamiento en obra.

**SC:**

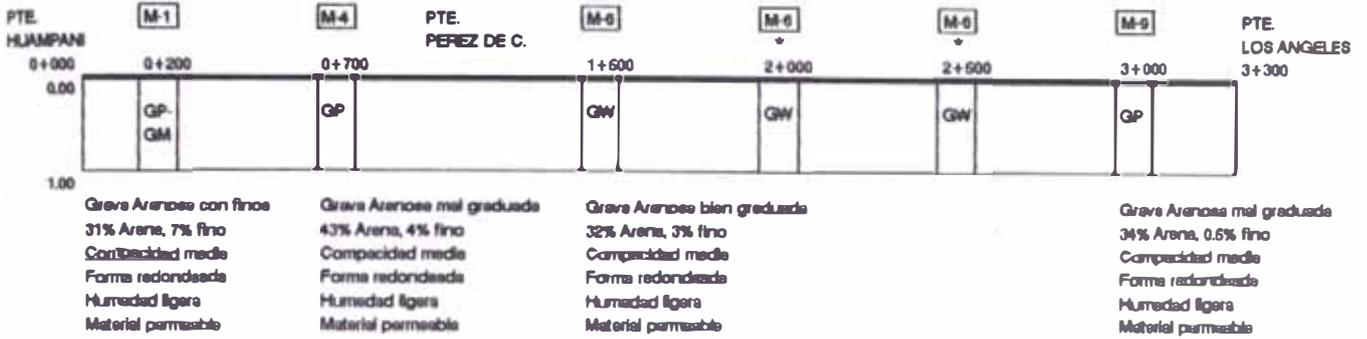
- . De acuerdo a la clasificación de suelos según normas (ASTM-D-2488), son Arenas arcillosas, mezcla mal graduada de arenas y arcillas.
- . Suelo de media plasticidad.  
Estos suelos se caracterizan ser de estabilidad pasable, este material se puede utilizar para construir núcleos impermeables para defensas.

FIG. N° 6.2

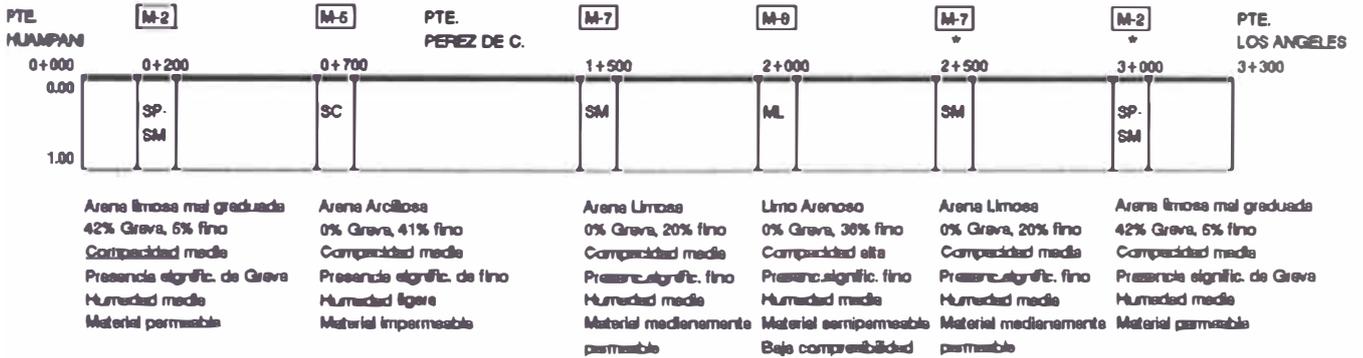
**PERFIL ESTRATIGRAFICO**  
**PROYECTO: ENCAUZAMIENTO DEL RIO RMAC**  
**TRAMO : PTE. HUAMPANI - PTE. LOS ANGELES**  
**KM 0+000 - 3+300**

**MARGEN IZQUIERDA:**

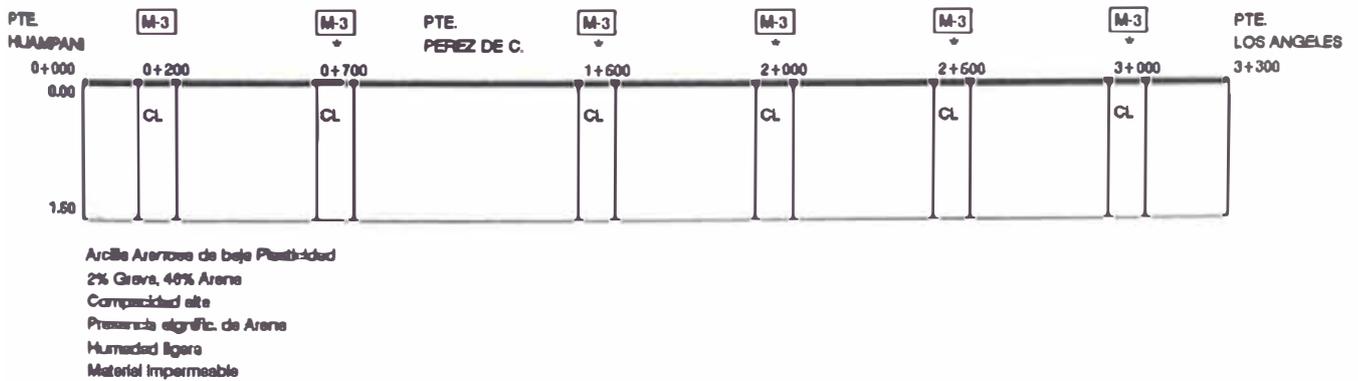
**TERRAZA To :**



**TERRAZA T1 :**



**TERRAZA T2 :**



(\*) Inspección Visual: Suelos con similares características al indicado (no se muestre).

- . No son muy resistentes a la erosión si están expuestas al flujo de agua.
- . Material impermeable con  $K = 10^{-6}$  a  $10^{-8}$  cm/seg.
- . Densidad máxima Proctor standard 1,68 - 2,00 Ton/m<sup>3</sup>.  
Son suelos con características de compactación aceptable con un adecuado control, el equipo de compactación recomendable a usar es el rodillo con neumáticos o rodillo pata de cabra.
- . De buena a regular resistencia al corte en estado compacto y saturado.
- . Su compresibilidad en estado compacto y saturado es baja.
- . De buena factibilidad para el tratamiento en obra.

**ML:**

- . De acuerdo a la clasificación de suelos según normas (ASTM-D-2488), son Limos inorgánicos de plasticidad baja a media, arenas muy finas limosas.
- . Suelo de ligera plasticidad.  
Estos suelos se caracterizan ser de inestables por su propia naturaleza particularmente cuando aumenta la humedad con tendencia a fluir cuando esta saturado.
- . No son muy fácilmente erosionables si están expuestos al flujo de agua.  
Material relativamente impermeable con  $K = 10^{-3}$  a  $10^{-6}$  cm/seg.
- . Densidad máxima Proctor standard 1,52 - 1,92 Ton/m<sup>3</sup>.

- . Son suelos con características de compactación difícil, el equipo de compactación recomendable a usar es el rodillo con neumáticos o rodillo pata de cabra.
- . De regular resistencia al corte en estado compacto y saturado
- . Su compresibilidad en estado compacto y saturado es media.
- . De regular factibilidad para el tratamiento en obra.

#### **TERRAZA T2:**

Se encuentra ubicada a la altura de la línea férrea (margen izquierda) algunos tramos de ella colindan con el río erosionándola por lo cual necesita protección en esas zonas.

Se trata de un suelo de naturaleza sedimentaria, constituido por material arcilloso arenoso y algunas gravas insertadas, color beige claro, de compacidad alta por ser la terraza más antigua se encuentra con alto grado de consolidación mostrándose en algunos tramos casi vertical, es de material impermeable.

Se ha sacado 01 muestra representativa ya que toda la terraza a inspección visual presenta uniformidad en su composición; la ubicación, profundidad y clasificación de acuerdo a normas (SUCS y AASTHO) se da a continuación:

MUESTRA	PROGRESIVA	PROFUNDIDAD	SUCS	AASTHO
M-3	0+200	0.00 - 1.50 m.	SC	A-6-(2)

**CL:**

De acuerdo a la clasificación de suelos según normas (ASTM-D-2488), son Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosa o limosa y arcillas ligeras.

- . Suelo de plasticidad media a baja.
- . Estos suelos se caracterizan ser suelos estables forman núcleos impermeables.
- . El suelo compactado es resistente a la erosión si están expuestos al flujo de agua.
- . Material impermeable con  $K = 10^{-6} - 10^{-8}$  cm/seg.
- . Densidad máxima Proctor standard 1,52 - 1,92 Ton/m<sup>3</sup>.
- . Son suelos con características de compactación aceptable a buena, pero si se encuentra en estado húmedo es difícil de compactar; el equipo de compactación recomendable a utilizar es el rodillo sobre neumáticos y el rodillo pata de cabra.
- . De regular resistencia al corte en estado compacto y saturado.
- . Su compresibilidad en estado compacto y saturado es media.
- . De regular a buena factibilidad para el tratamiento en obra.

### ANGULO DE FRICCION PARA SU UTILIZACION EN ANTEPROYECTOS:

Para el caso en que el material disponible se quiera utilizar en la construcción de diques de encauzamiento es importante conocer el ángulo  $\phi$  de talud natural del terreno o ángulo de fricción interna; este deberá ser mayor que el ángulo (i) que forma el plano del talud con la horizontal.

El valor del ángulo depende de:

- . La naturaleza del terreno.
- . La consistencia del mismo.
- . El grado de humedad influye preferentemente en terrenos blandos.

La presencia de arcilla en un suelo mejora su cohesión en terreno seco y facilita su resbalamiento si el terreno se humedece.

Situando los suelos encontrados en las terrazas podemos dar valores de  $\phi$  de acuerdo a su tipo (Ver Cuadro 6.2)

**CUADRO 6.2**

ANGULO DE INCLINACION DE TALUDES								
	De desmonte en terreno virgen o removido no recientemente.				De desmonte en terreno removido recientemente de terraplén.			
	Terrenos				Terrenos			
	Secos		Sumergidos		Secos		Sumergidos	
Zona	i	Tag i	i	Tag i	i	Tag i	i	Tag i
To	35	2/3	30	1/2	35	2/3	30	1/2
T1	30	1/2	20	1/3	30	1/2	20	1/3
T2	40	4/5	20	1/3	35	2/3	20	1/3
Roca	55	3/2	55	3/2	45	1/1	45	1/1

Fuente: "Procedimientos de Construcción - Mov. de Tierras en Suelos Rocosos" Tesis UNI-FIC 1967.

**6.3 ESTUDIO DE CANTERAS:**

La alternativa de encauzamiento exige la ubicación de fuentes de aprovisionamiento de los materiales necesarios para la construcción de dicha obra; éstas deberán cumplir con los requisitos de calidad, accesibilidad, potencia.

Estas fuentes de aprovisionamiento de materiales comúnmente se les denomina "Canteras".

**6.3.1 CLASIFICACION:**

Las canteras con materiales disponibles para su explotación se pueden clasificar según su forma de extracción como:

- . Canteras de materiales extraídos de la zona sin transporte y

. Canteras de materiales extraídos de la zona con transporte.

#### **6.3.1.1 Cantera de materiales extraídos de la zona sin transporte:**

##### **A. AGREGADO GRUESO:**

Existen zonas de sedimentación natural a lo largo del cauce (Santa Inés, Camal, Centro Vacacional Huampaní), en donde se produce la acumulación de gravas y cantos rodados que pueden ser utilizados para la construcción de obras de defensa como muro seco, gaviones.

Los materiales que conforman el lecho del río en la zona se denominan agregados naturales; son los mejores por su naturaleza fluvial, sus piezas son redondeadas debido al desgaste que sufren por el transporte de la corriente, el río ejerce una acción clasificadora que mejora su granulometría y la acumulación del material determina una eliminación parcial de los elementos mas débiles.

Según las normas existentes este agregado también puede usarse para la fabricación de concreto y asfalto; representa un 70% del material del lecho.

##### **B. AGREGADO FINO:**

La fracción fina en la zona lo constituye el material de la terraza T1 que es arena con finos y el de la terraza T2 que es arcilla CL de baja plasticidad; estos materiales

pueden ser usados en la fabricación de **ADOBE** para proyectos de autoconstrucción reduciendo el costo de su fabricación por el ahorro del transporte desde el lugar de extracción hasta el lugar de moldeo ya que se pueden moldear y secar los adobes en el mismo lugar de extracción.

Para llevar a cabo esta alternativa se requiere de la disponibilidad de agua para la preparación del barro la cual se puede tomar del canal que discurre en cada margen del río abasteciendo agua a los diferentes AAHH.

Actualmente existe la práctica artesanal en la fabricación de estos adoquines de adobe por los mismos pobladores usándolos en la construcción de sus propias viviendas.

#### **6.3.1.2 Cantera de materiales extraídos en la zona con transporte:**

##### **A. ROCA:**

Se han ubicado dos canteras cercanas cuyo uso es recomendable para defensas de enrocado (ver fig. 6.2); la ubicación de canteras de roca se realizó teniendo en cuenta los factores básicos como: calidad geotécnica, volumen y economía de producción y transporte. Las canteras seleccionadas son:

## **1. QUEBRADA CEMENTERIO: ( Chaclacayo )**

### **UBICACION:**

Ubicada en la margen izquierda del río Rímac a la altura del Km. 23+000 de la Carretera Central, a 2.5 Km. del centro de influencia de la zona del proyecto, se encuentra entre las cotas 623 y 820 m.s.n.m.; tiene como acceso una trocha de 1.50 Km. de longitud aproximadamente. Esta cantera ha sido explotada en anterior oportunidad para la construcción del dique enrocado en la margen izquierda del río desde Huampaní hasta Santa Clara (1970 - 1973) (Ver Figura 6.2)

### **DESCRIPCION FISICA:**

La quebrada Cementerio es de forma alargada su cono deyectivo es muy amplio y profundo, se estima que entre el curso medio y el inferior de esa sub - cuenca tiene un ancho promedio de 500 a 600 m. y una longitud mayor de 2.00 Km.

A lo largo de su curso se pueden diferenciar 3 zonas con características diferentes:

### **ZONA ALTA:**

En la parte alta de la quebrada, entre las cotas 760 y 820 m.s.n.m. se observa material acumulado consolidado de huaycos pretéritos no muestra actividad.

### **ZONA MEDIA:**

La parte central del cono, entre las cotas 680 y 760 m.s.n.m. esta ocupado por un gran basural; avanzando unos metros encontramos el material removible (roca).

### **ZONA BAJA:**

Se encuentra entre las cotas 623 y 680 m.s.n.m.; en la parte baja de la quebrada existen areas de cultivo, subiendo por la vía de acceso de la ladera izquierda se llega al cementerio de Chaclacayo, en cuyo frente se ha proyectado un parque zonal abarcando gran parte del cono; en el área continua y en la parte alta se ha dispuesto para viviendas.

### **CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE LAS ROCAS:**

Los afloramientos rocosos corresponden a rocas ígneas intrusivas, del tipo granodiorita tonalita, presenta textura fanerítica, holocristalina, masiva, superficialmente muestra una alteración moderada con grietas de meteorización que disminuyen en pocos cm. de profundidad además están afectados por 3 sistemas de diaclasas con separaciones que varían entre 0.3 y 1.0 m. moderadamente abiertas y baja persistencia.

El cono deyectivo muestra el enorme volumen de material arrastrado por muchos huaycos pretéritos, teniendo solo referencias de actividad geodinámica en los años 1925 1926.

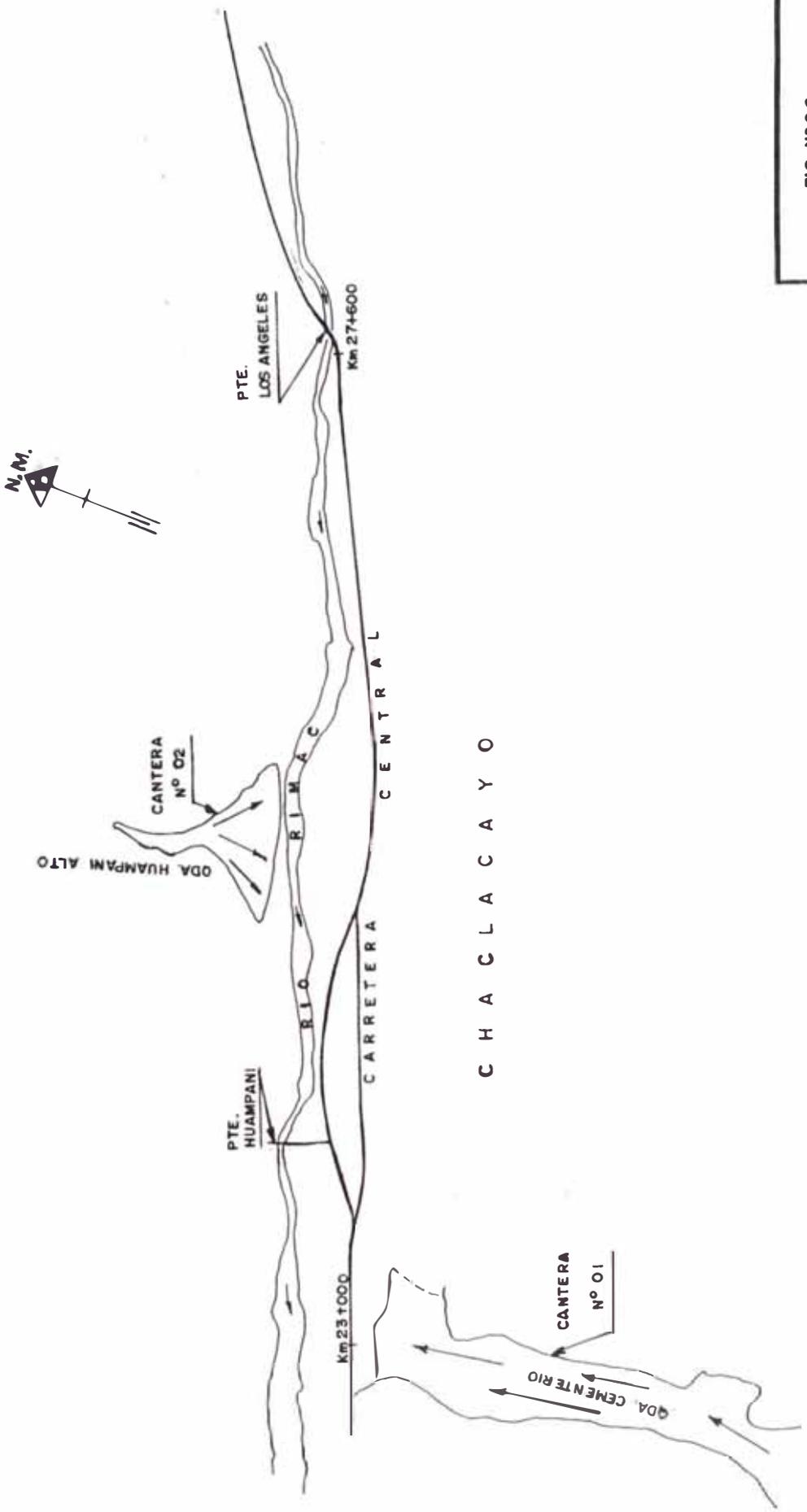


FIG. Nº 6.3  
 ESTUDIO DE SUELOS  
 UBICACION DE CANTERAS



FRACTURACION : Poca.  
NOMBRE DE LA ROCA : **TONALITA.**

**MUESTRA Nº 02:**

COMPOSICION MINERALOGICA: Plagioclasa 50%  
Ortosa 30%  
Cuarzo 10%  
Hornblenda 5%  
Biotita 5%

COLOR : Gris.  
TEXTURA : Fanerítica.  
TIPO DE ROCA : Ignea Intrusiva.  
TAMAÑO DE GRANOS : Medio.  
FRACTURACION : Poca.  
NOMBRE DE LA ROCA : **GRANODIORITA.**

**MUESTRA Nº 03:**

COMPOSICION MINERALOGICA: Plagioclasa 45%  
Ortosa 40%  
Hornblenda 10%  
Biotita 5%

COLOR : Gris claro.  
TEXTURA : Fanerítica.  
TIPO DE ROCA : Ignea Intrusiva.  
TAMAÑO DE GRANOS : Medio.  
FRACTURACION : Poca.  
NOMBRE DE LA ROCA : **MONZONITA.**

**MUESTRA N° 04:**

COMPOSICION MINERALOGICA: Plagioclasa, Ortosa 70%  
Micas, Hornblenda 20%  
Epidota 5%

COLOR : Gris verdusco.  
TEXTURA : Afanítica.  
TIPO DE ROCA : Ignea Intrusiva.  
TAMAÑO DE GRANOS : Fino a muy fino.  
FRACTURACION : Poca.  
NOMBRE DE LA ROCA : **ANDESITA.**

Las condiciones, potencia y eficiencia de la cantera se describe a continuación:

**ZONA ALTA:**

**Condición:** Hasta el momento inexplorado.

**Potencia de la Cantera:** 7,200 m<sup>3</sup> aprox.

**Eficiencia:** 60% Roca.

40% Material Suelto.

**ZONA MEDIA:**

**Condición:** En explotación, ya que se encontró evidencias de explotación.

**Potencia de la Cantera:** 60,000 m<sup>3</sup> aprox.

**Eficiencia:** 70% Roca.

30% Material Suelto.

## **ZONA BAJA:**

**Condición:** Fue explotado anteriormente se ubican urbanizaciones habitadas. Se localiza una quebrada tributaria alimentando el brazo derecho.

**Potencia de la Cantera:** 10,000 m<sup>3</sup> aprox.

**Eficiencia:** 70% Roca.

30% Material suelto.

## **2. QUEBRADA ALTO HUAMPANI ZONA II:**

### **UBICACION:**

Se encuentra ubicada en la margen derecha del río Rímac, a la altura del puente peatonal Javier Pérez de Cuéllar; en la parte superior del AAHH Alto Huampaní Zona II. No ha sido explotada anteriormente puesto que no tiene un acceso directo para poder acarrear el material (Ver Figura 6.2).

### **DESCRIPCION FISICA:**

Esta quebrada se caracteriza por ser angosta, de corta extensión y elevada pendiente; en la parte baja del cono se encuentran ubicadas viviendas y en la parte central donde se encuentra el material acumulado removible, está interrumpida por la cancha deportiva.

### **CARACTERISTICAS GEOTECNICAS:**

La quebrada es de régimen temporal en la parte baja de su flanco esta cubierta por depósitos coluviales y en su lecho por material proluvial; dichos materiales derivan de

la desintegración de macizos rocosos que posteriormente son removidos por flujos torrenciales durante la época de mayor precipitación pluvial.

Los materiales que la conforman, corresponden a bloques de roca acarreados por huaycos producidos en la quebrada encontrándose acumulado en la parte central del cono de deyección.

La actividad desarrollada en este tipo de quebradas es de gran importancia en la evolución geodinámica de la cuenca del Rímac.

#### **Depósitos Proluviales:**

Materiales depositados por torrentes temporales u ocasionales (huaycos), consisten en una mezcla de bloques y fragmentos de roca heterométricos englobados por sedimentos limo arcillosos. Se encuentran formando principalmente el cono de deyección de las quebradas "secas" de régimen temporal, que presentan en el fondo del cauce y cono de deyección grandes acumulaciones de estos materiales.

#### **Depósitos Coluviales:**

Materiales que se encuentran al pie de las laderas formando los escombros de talud, este material es acumulado generalmente por acción de la gravedad y algo de

agua; provienen de la meteorización y fracturas de las rocas.

#### **ESTUDIO MACROSCOPICO DE LAS MUESTRAS DE CAMPO:**

La roca aflorante se encuentra con menor cobertura de suelo.

Se observa una distribución de material de la siguiente manera:

φ 2.0 - 1.0 m.	20%
φ 1.0 - 0.6 m	50%
φ < 0.6 m.	30%

Se tomaron muestras en campo de las rocas más representativas de la quebrada, analizándolas y obteniendo los siguientes resultados:

#### **Muestra Nº 05:**

COMPOSICION MINERALOGICA:	Plagioclasa	65%
	Hornblenda	20%
	Ortosa	10%
	Biotita	5%
COLOR	Gris oscuro.	
TEXTURA	Fanerítica.	
TIPO DE ROCA	Igneas Intrusivas.	
TAMAÑO DE GRANOS	Medio a fino.	
FRACTURACION	Poca.	
NOMBRE DE LA ROCA	<b>DIORITA.</b>	

**Muestra N° 06:**

COMPOSICION MINERALOGICA: Plagioclasa, Ortosa 70%  
Micas, Piroxenos 30%

COLOR : Gris verdusco.  
TEXTURA : Afanítica.  
TIPO DE ROCA : Ignea Intrusiva.  
TAMAÑO DE GRANOS : Fino a muy fino.  
FRACTURACION : Poca.  
NOMBRE DE LA ROCA : **ANDESITA.**

**Muestra N° 07:**

COMPOSICION MINERALOGICA: Plagioclasa,Ortosa 60%  
Cuarzo 15%  
Hornblenda 20%  
Micas y Biotita 5%

COLOR : Gris claro.  
TEXTURA : Fanerítica.  
TIPO DE ROCA : Ignea Intrusiva.  
TAMAÑO DE GRANOS : Medio.  
FRACTURACION : Poca.  
NOMBRE DE LA ROCA : **GRANITO.**

La condición, potencia y eficiencia de la cantera se da a continuación:

**Condición:** Hasta el momento inexplorado.

**Potencia de la Cantera:** 5,000 m<sup>3</sup> aprox.

**Eficiencia:** 80% Roca.

20% Material Suelto.

La explotación de esta cantera se realizaría con dificultad por la presencia en el área del AAHH Alto Huampaní.

#### **6.4 EVALUACION DE LAS CANTERAS:**

- . Conociendo las características del terreno y teniendo en cuenta las obras de defensa existentes en la zona, materiales disponibles y condiciones geotécnicas; en primer término se recomienda la construcción de un enrocado lateral como obra de defensa en el cual se tomara en cuenta el acomodo de la roca con un diámetro aprox. a 1.20 m. las que serán extraídas de las canteras analizadas.
- . Las rocas predominantes de las canteras analizadas son del tipo intrusivo básico, siendo comunes la tonalita y diorita; y de las rocas del tipo ácido el granito, granodiorita y monzonita.
- . Las rocas en su composición presentan abundantes plagioclasas, lo que con el posterior deterioro de las mismas marcarían la aparición de las arcillas.
- . En las canteras "Cementerio" y "Huampaní Alto" debido a los agentes meteorizantes, la BIOTITA se transforma en

FLOGOPITA (mica), la cual es usual encontrar acompañando a la arena fina.

. Las rocas existentes en las zonas inspeccionadas presentan fragmentos angulosos, superficialmente prima una alteración caracterizada por presentar una pátina color marrón rojizo; presentan generalmente buen aspecto, tienen sonido metálico al ser golpeados por la picca lo que indica su buen estado y la alteración solo es superficial.

. Se recomienda la explotación de ambas canteras en los trabajos de enrocado del proyecto por cumplir con las condiciones de calidad, accesibilidad y economía; debiéndose tener en cuenta que el material mas competente es la ANDESITA, seguida por el grupo TONALITA - DIORITA.

La explotación de la cantera "Alto Huampaní" seria beneficioso para la población ya que de alguna manera se eliminaría el material removible del cono de deyección disipándoles el peligro que les ocasionarían en caso de producirse "huayco"

. En la Cantera "Cementerio" también se puede aprovechar la disponibilidad de arena gruesa en el lecho del cauce para obras de defensa.

**6.3.3 ANEXO: RESULTADOS DE ANALISIS  
DE LABORATORIO**

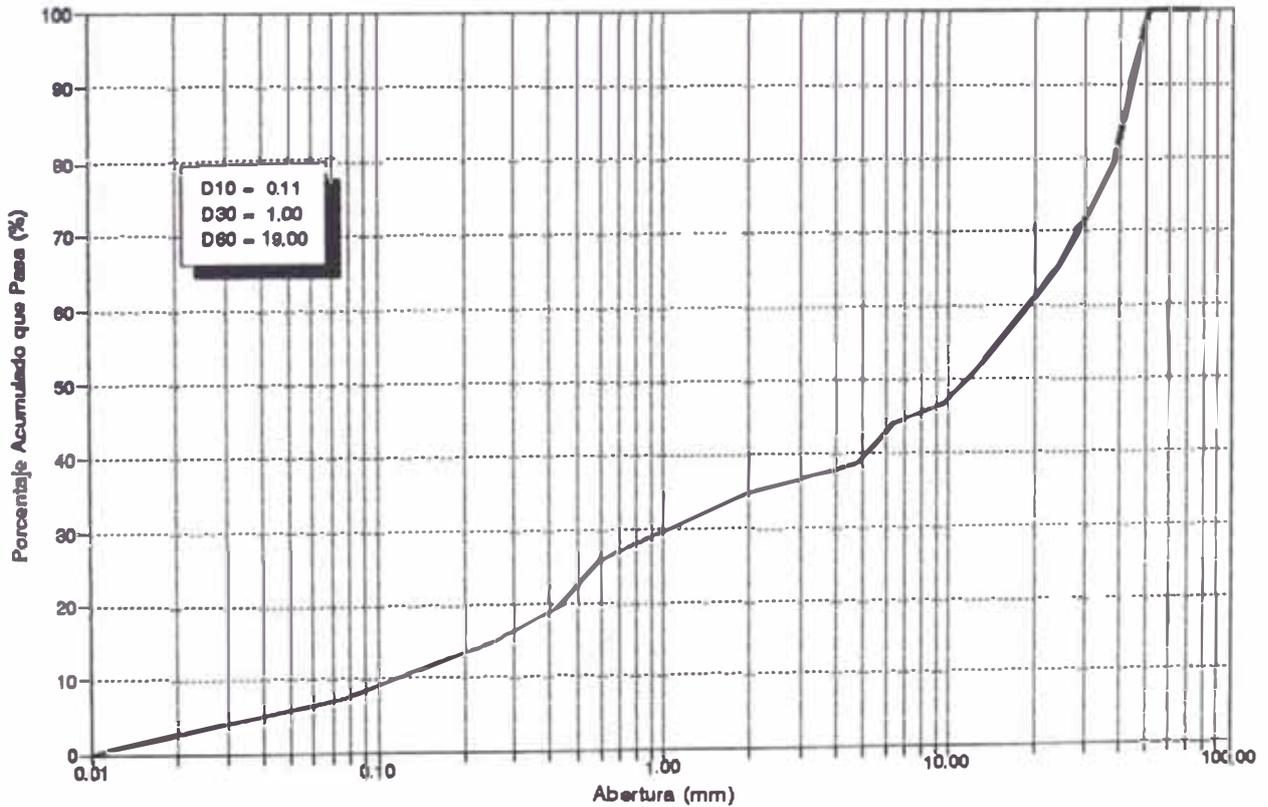
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422**

Platificación Geotécnica del  
 A 0+200 Km. arriba del Pte  
 M-1 Cauce del río Rimac -  
 0-1.00 m.

Tramo Pte. - Pte. Los  
 - 30 mts. del del río  
 - Terraza To  
 M.R.A.N.

Fecha : Jul 1984

mm.	% RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA : 1 1/2"
75	0.00	0.00	0.00	100.00	
60	38.10	821.00	20.90	79.10	CLASIF. AASHTO : A-1-a(0)
47.5	26.40	611.00	13.00	86.10	CLASIF. SUCS : GP-GM
37.5	18.090	243.00	6.18	93.82	
30	12.700	330.00	8.40	91.62	
25	9.625	198.00	5.04	94.98	PESO INICIAL (gr) : 3,930
20	8.350	100.00	2.64	97.36	LL. : 19.6
15	4.780	209.00	5.32	94.68	L.P. : *
12.5	2.000	167.00	3.99	96.01	I.P. : N.P.
10	0.840	245.00	6.23	93.77	
7.5	0.680	110.00	2.80	97.20	
6	0.420	245.00	6.23	93.77	OBSERVACIONES :
4.75	0.260	185.00	4.71	95.29	Material Fino : 100 gra.
3.75	0.149	130.00	3.31	96.69	Humedad Natural : 0.35 %
3	0.074	170.00	4.33	95.67	% de Arena : 31 %
2.5	0.010	276.00	7.02	92.98	% de Fines : 7%



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

Paraficacion Geotécnica del  
A 0+700 Km. arriba del Pto  
M - 4 Terraza To  
0 - 1.00 m.

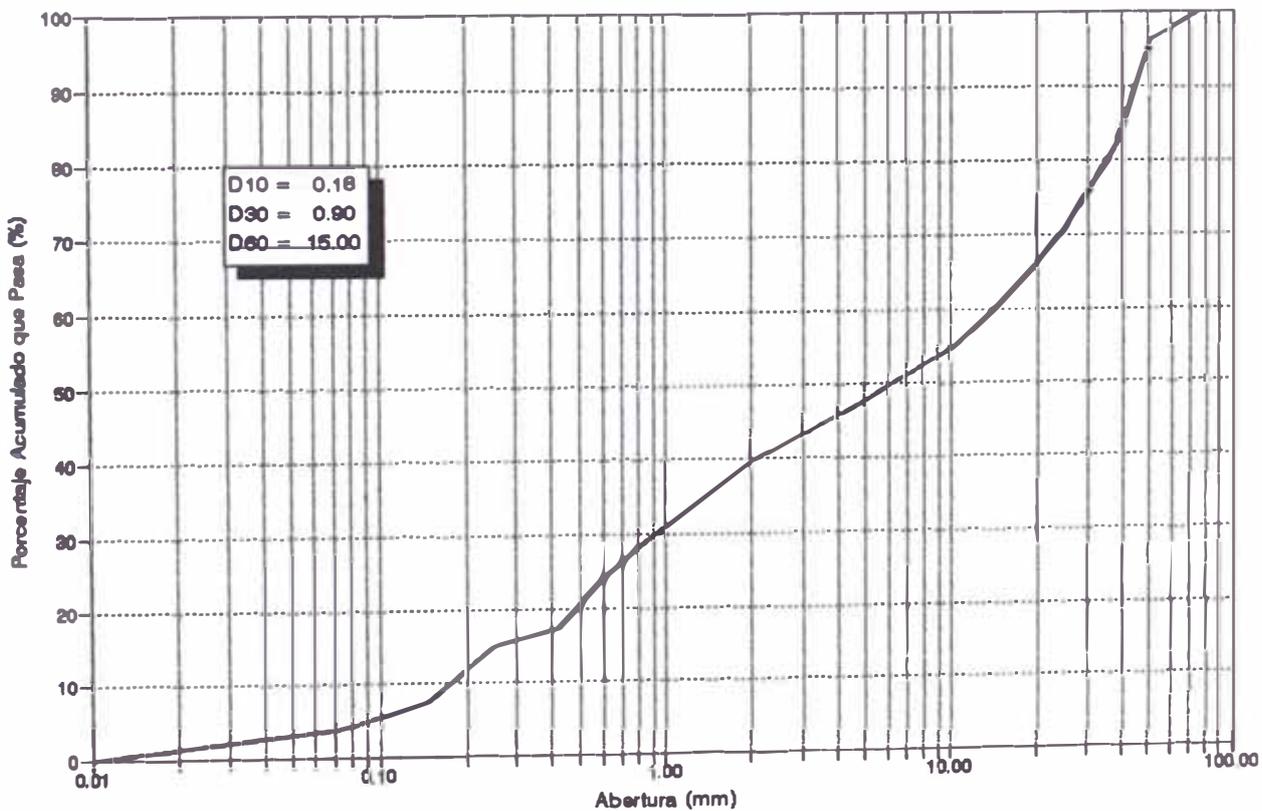
Tramo Pta. - Pta. Los  
- 40 mts. del del río - Material del Cauce

M.R.A.N.

Fecha :

Jul. 1994

			% RETENIDO	% RETENIDO	% PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2"	50.300	298.50	4.00	4.00	96.00	
1 1/2"	38.100	1037.60	14.00	18.00	82.00	CLASF. AASHTO : A - 1 - s(0)
1"	26.400	816.20	11.00	29.00	71.00	CLASF. SUCS : GP
	18.090	445.10	8.00	35.00	65.00	
3/4"	12.700	518.20	8.99	41.99	58.01	
	9.625	296.30	3.98	45.97	54.03	PESO INICIAL (gr) : 7,418
1/4"	6.350	296.80	4.00	49.97	50.03	LL
04	4.750	204.10	2.75	52.72	47.28	L.P.
10	2.000	578.00	7.81	60.53	39.47	I.P. : N.P.
20	0.840	802.00	10.81	71.34	28.66	
	0.600	375.00	5.08	76.40	23.60	
40	0.420	462.00	6.20	82.60	17.40	OBSERVACIONES :
80	0.250	195.00	2.63	85.23	14.77	Material Fino
100	0.149	545.00	7.35	92.65	7.42	Humedad Natural
200	0.074	284.00	3.58	96.14	3.86	% de Arena : 43%
	0.010	296.00	3.86	100.00	0.00	% de Fines : 4%

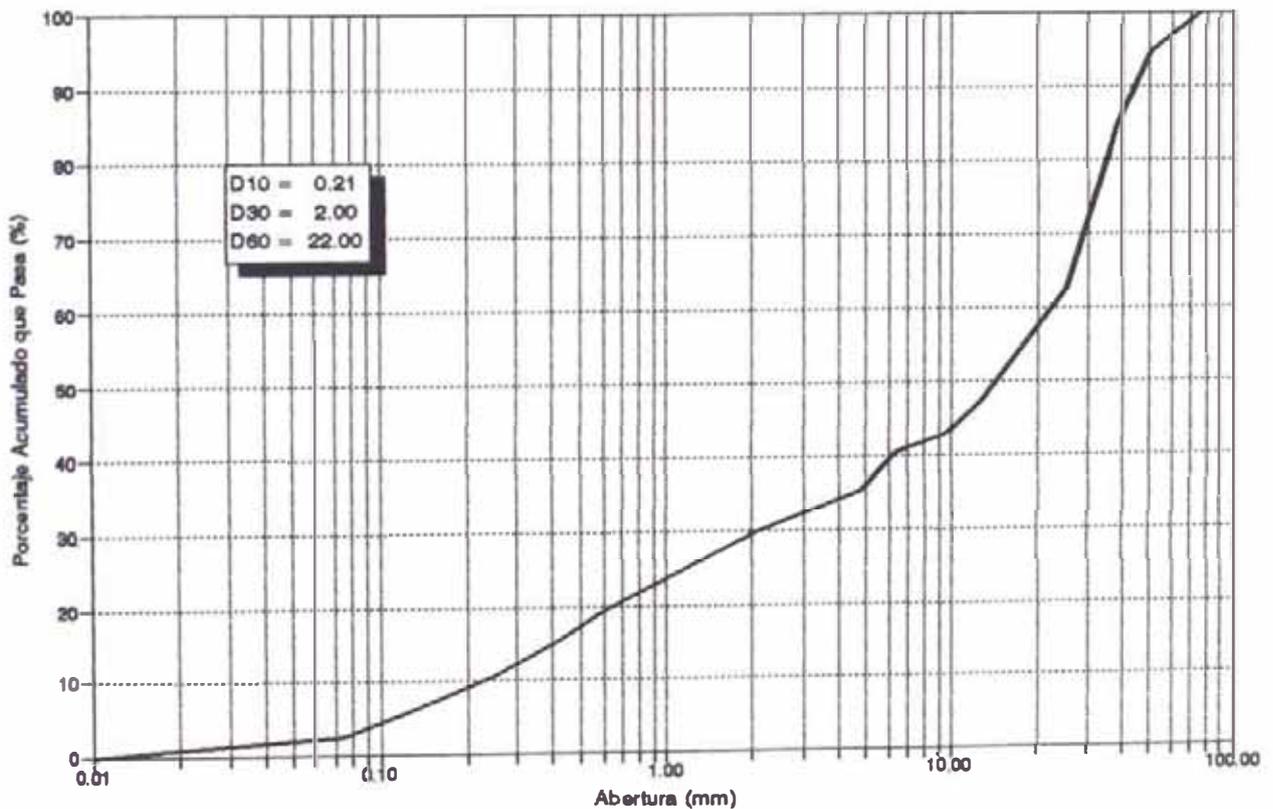


ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

Planificación Geotécnica del Tramo Pte. - Pte. Los  
A 1+800 Km. arriba del Pte Perez de Cuelar - 30 mts. del del río - Material del Cauce  
M - 6 Terraza To  
0 - 1.00 m. M.R.A.N. Fecha : Jul 1994

mm.	RETENIDO	RETENIDO	PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
2"	50.300	212.00	6.32	6.32	94.68
1 1/2"	38.100	405.00	10.16	15.48	84.52
"	25.400	890.00	22.08	37.56	62.44
	18.050	251.00	6.30	43.88	56.14
1/2"	12.700	350.00	8.78	62.64	47.36
	9.525	179.00	4.49	67.13	42.87
1/4"	6.350	100.00	2.60	68.63	40.37
	4.750	203.00	6.09	64.72	35.28
10	2.000	230.00	6.77	70.49	29.61
	0.840	285.00	7.15	77.64	22.36
30	0.600	131.00	3.29	80.93	19.07
	0.420	145.00	3.64	84.57	15.43
	0.250	192.00	4.82	89.39	10.61
100	0.149	148.00	3.74	93.13	6.67
	0.074	174.00	4.37	97.60	2.60
	0.010	100.00	2.60	100.00	-0.00

3'  
CLASIF. AASHTO : A - 1 - a(0)  
CLASIF. SUCS : GW  
PESO INICIAL (gr) : 3,988  
L.L. :  
L.P. :  
I.P. : N.P.  
OBSERVACIONES :  
Material Fino : 200 gra.  
Humedad Natural : 0.68 %  
% de Arena : 32%  
% de Fines : 3%



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

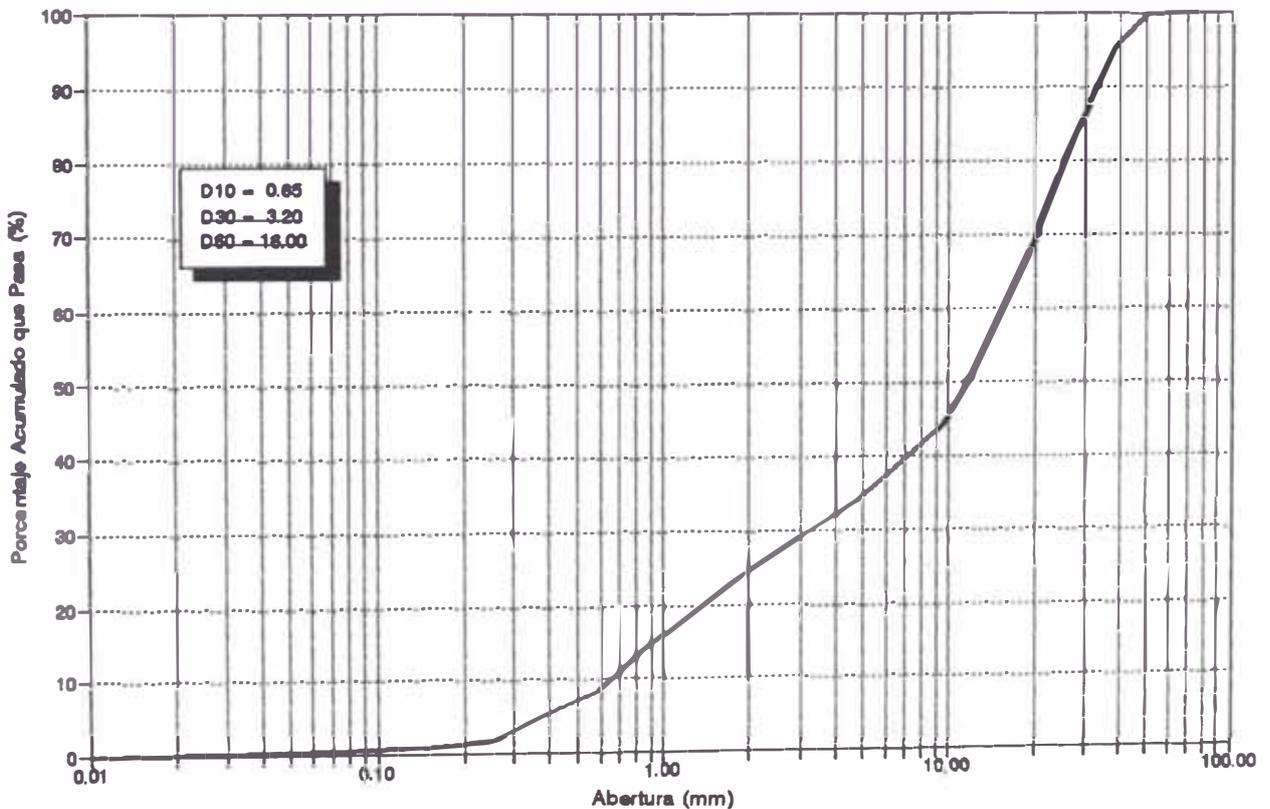
Planificación Geotécnica del  
A 3+000 Km. arriba del Pte  
M-9 Cauca del río Rimac -  
0 - 1.00 m.

Tramo Pte. - Pte. Los  
- 10 mts. del del río  
- Terraza To

M.R.A.N.

Fecha : Jul 1994

	mm.	% RETENIDO	% RETENIDO	% PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	50.300	0.00	0.00	100.00	
1/2"	38.100	100.00	5.00	95.00	CLASIF. AASHTO : A - 1 - a (0)
	25.400	306.80	15.29	79.71	CLASIF. SUCS : GP
1"	19.050	253.00	12.65	67.06	
	12.700	292.20	14.81	62.45	
	9.525	162.30	8.12	55.67	PESO INICIAL (g) : 2,000
	6.350	122.40	6.12	51.79	LL : .
3/4"	4.750	83.60	4.18	46.87	L.P. : .
10"	2.000	191.80	9.59	75.66	I.P. : N.P.
20"	0.840	214.00	10.70	66.26	
30"	0.600	112.00	5.60	61.86	
40"	0.420	48.30	2.32	94.18	OBSERVACIONES :
60"	0.250	83.70	4.19	98.37	Material Fino : 100 gra.
100"	0.149	17.30	0.87	98.24	Humedad Natural : 0.35 %
200"	0.074	5.70	0.29	98.63	% de Arena : 34 %
	0.010	8.80	0.47	100.00	% de Fines : 0.6%



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

Planificación Geotécnica del  
A 0+200 Km. arriba del Pte  
M-2 Terraza T1 - Zona de cultivo  
0 - 1.50 m.

Tramo Pte. - Pte. Los  
- 100 mts. del del río - Material de Chacra

M.R.A.N.

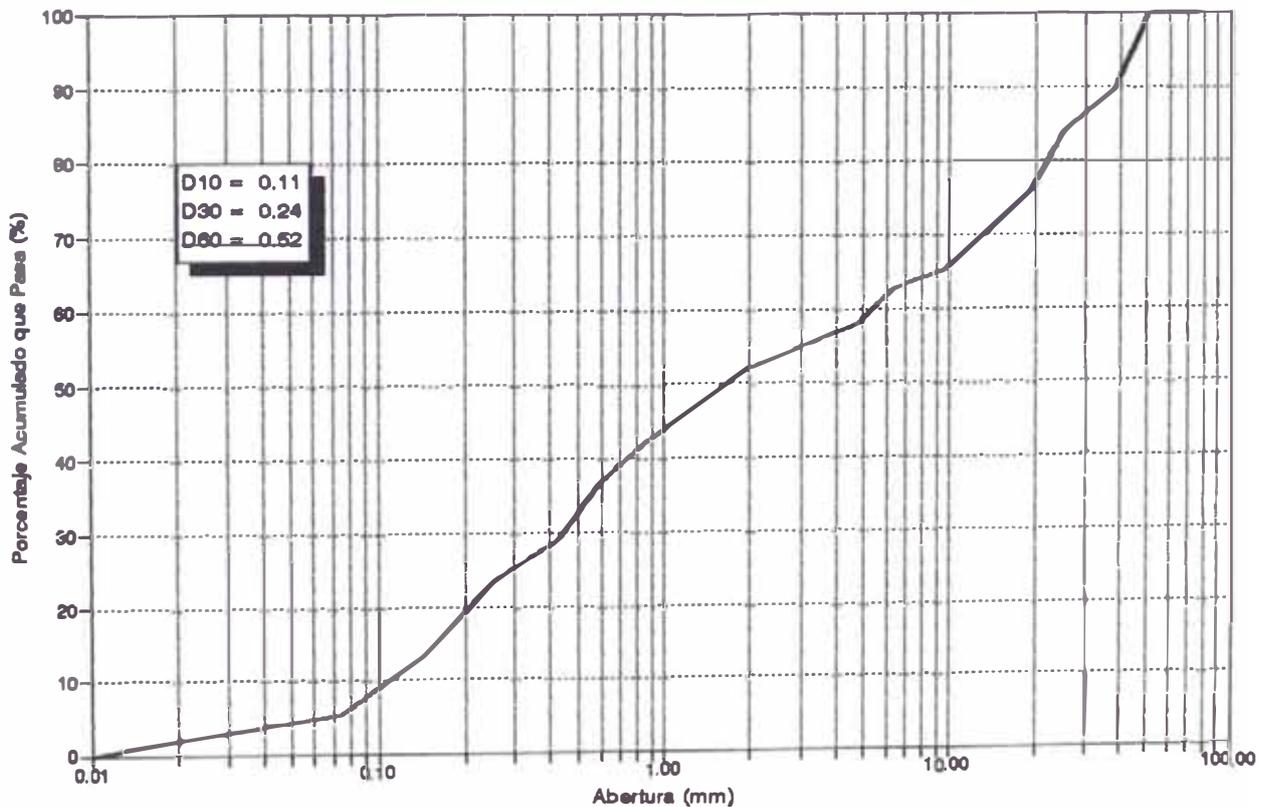
Fecha :

JUL 1994

mm.	% RETENIDO	% RETENIDO	% PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
00	0.	0.	100.00	
60.300	0.00	0.00	100.00	
1 1/2	38.100	251.00	10.43	CLASIF. AASHTO : A - 1 - b(0)
25.400	134.00	5.57	18.00	CLASIF. SUCS : SP - SM
19.050	204.00	8.48	24.48	
1/2	12.700	148.00	8.16	30.63
3/8	9.525	100.00	4.16	34.79
1/4	6.350	60.80	2.62	37.31
Nº 04	4.750	113.00	4.70	42.01
Nº 10	2.000	141.40	6.88	47.89
Nº 20	0.840	245.00	10.18	58.07
Nº 30	0.600	132.00	5.49	63.66
Nº 40	0.420	180.00	7.48	71.04
Nº 60	0.250	135.00	6.61	78.65
Nº 100	0.149	234.00	9.73	88.38
Nº 200	0.074	206.00	8.62	94.90
Plastico	0.010	123.00	5.10	100.00

PESO INICIAL (gr) : 2,408  
LL : 20.3  
L.P. : 18.5  
L.P. : 1.8

OBSERVACIONES :  
Material Fino :  
Humedad Natural : 8.90 %  
% de Grava : 42%  
% de Fines : 5%

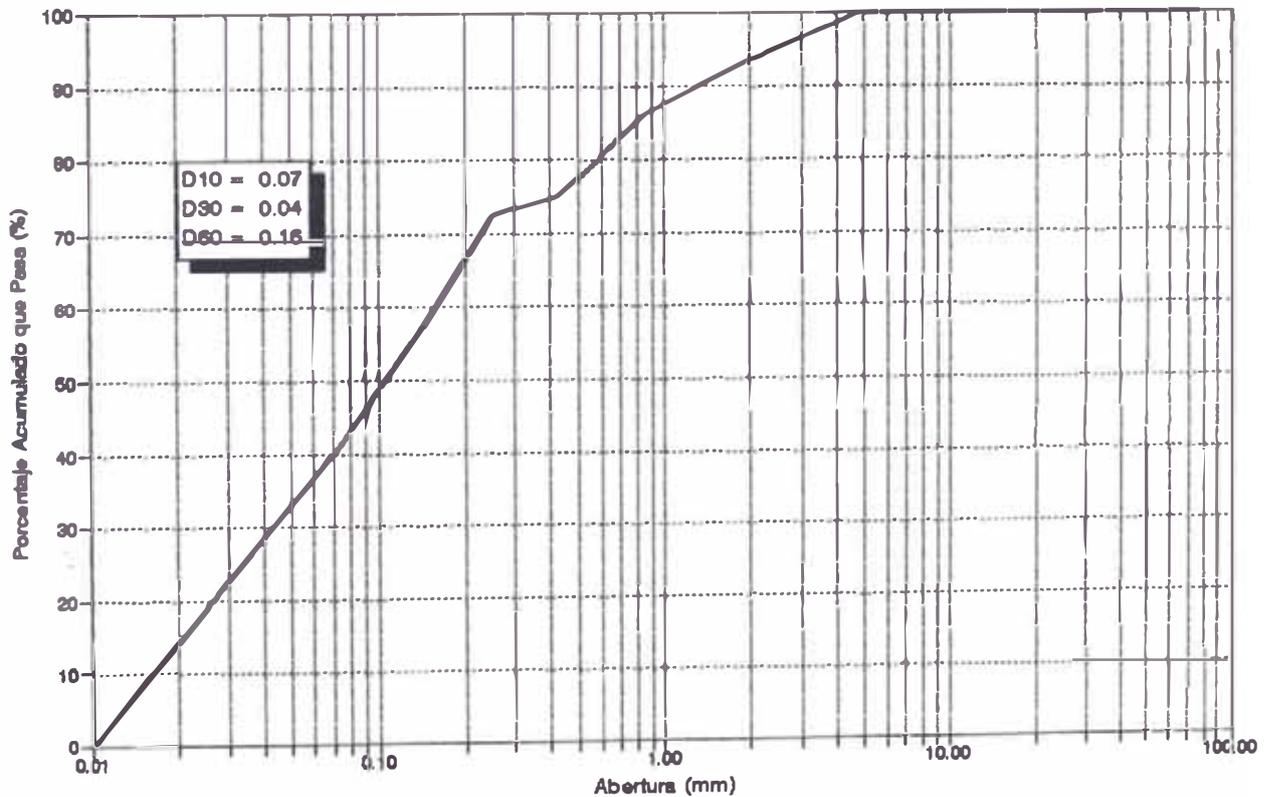


ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

Planificación Geotécnica del  
A 0+700 Km. arriba del Pte  
M-5 Terraza T1 -  
0 - 1.60 m.

Tramo Pte. - Pte. Los  
- 60 mts. del del río nivel - Sobre la Carretera  
M.R.A.N. Fecha : Jul 1994

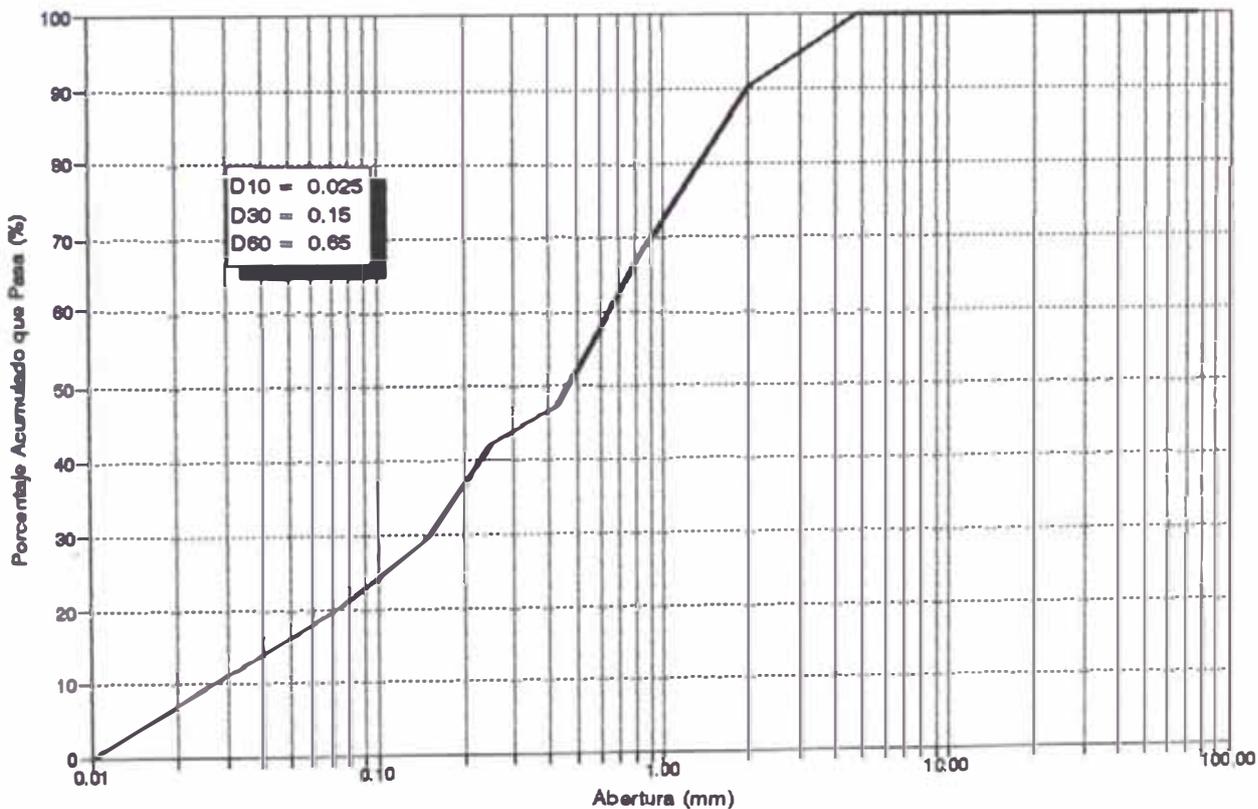
	peso.	RETENIDO	RETENIDO	PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
		0.00	0.	0.	
2"	50.300	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00 CLASIF. AASHTO : A - 6 - (2)
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00 CLASIF. SUCS : SC
3/4"	18.060	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	8.525	0.00	0.00	0.00	100.00 PESO INICIAL (gr) : 200
1/4"	6.360	0.00	0.00	0.00	100.00 L.L. : 23.3%
Nº 04	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00 L.P. : 12.2%
Nº 10	2.000	13.00	6.60	86.60	86.60 I.P. : 11.1%
Nº 20	0.840	15.00	7.60	14.00	88.00
Nº 30	0.690	12.00	6.00	20.00	80.00
Nº 40	0.420	10.00	6.00	26.00	76.00 OBSERVACIONES :
Nº 60	0.260	6.00	2.60	27.60	72.60 Material Fino :
Nº 100	0.148	29.00	14.60	42.00	58.00 Humedad Natural : 0.32 %
Nº 200	0.074	33.00	16.60	58.60	41.60 % de Grava : 0%
Plástico	0.010	83.00	41.60	100.00	0.00 % de Fines : 41 %



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

Planificación Geotécnica del Tramo Pte. - Pte. Los  
 A 1 + 600 Km arriba - a 600 m. del Pte Perez de Cuellar - 160 mts. del eje del río  
 M - 7 Terraza T1  
 0 - 1.00 m. : M.R.A.N. Fecha : Jul. 1994

	mm.	% RETENIDO	% RETENIDO	% PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
		0.	0.00	100.	
2"	50.300	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00	CLASF. AASHTO : A-1-b(0)
1"	25.400	0.00	0.00	100.00	CLASF. SUCS : SM
	19.050	0.00	0.00	100.00	
3/4"	12.700	0.00	0.00	100.00	
	9.525	0.00	0.00	100.00	PESO INICIAL (gr) : 200
1/4"	6.360	0.00	0.00	100.00	LL : 16
04	4.760	0.00	0.00	100.00	L.P. : -
10	2.000	19.90	9.95	80.05	I.P. : N.P.
20	0.840	44.00	22.00	56.00	
30	0.590	22.10	11.05	77.85	
40	0.420	19.90	9.95	80.05	OBSERVACIONES :
60	0.250	10.00	5.00	90.00	Material Fino : 200 gra.
100	0.149	26.00	13.00	74.00	Humedad Natural :
200	0.074	17.70	8.85	82.25	% de Grava : 0%
	0.010	40.40	20.20	59.60	% de Finos : 20%



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

Platificación Geotécnica del  
A 2+000 Km. arriba del Pte  
M-8 Terraza T1  
0 - 1.50 m.

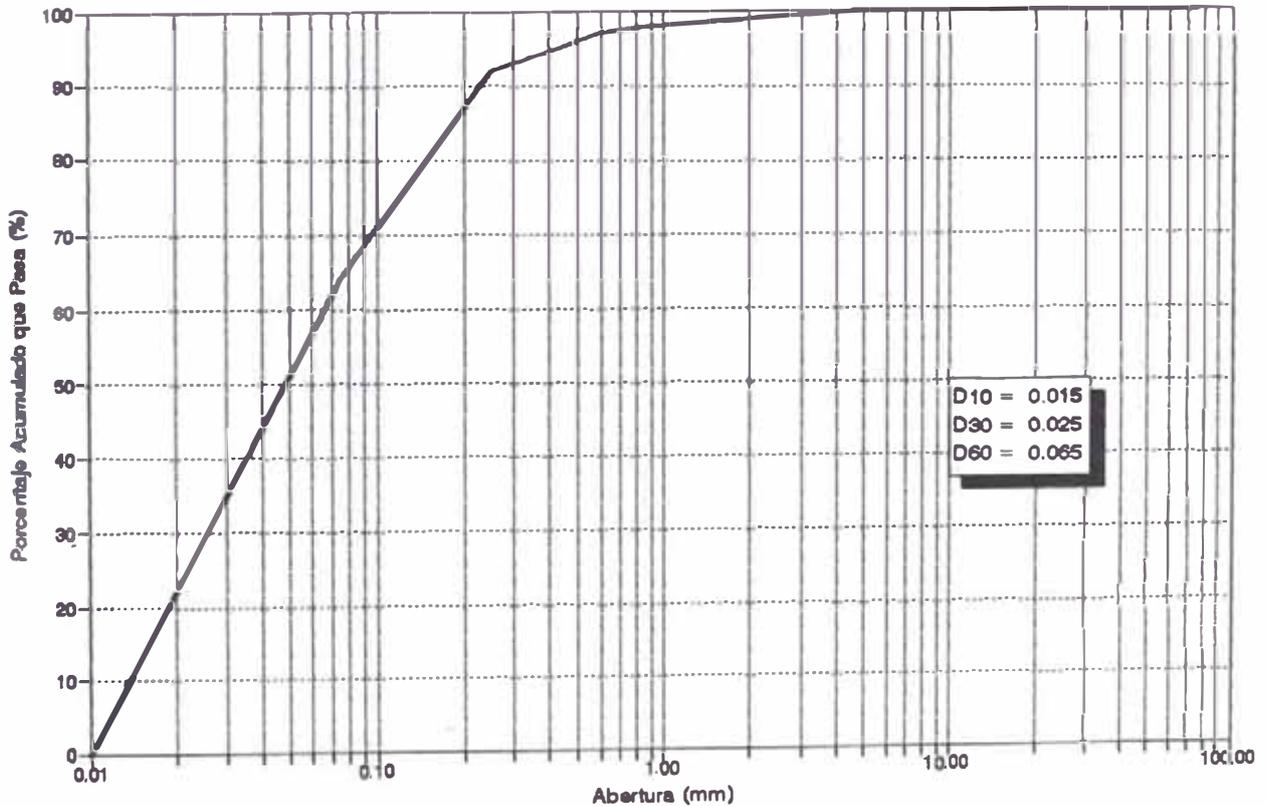
Tramo Pte. - Pte. Los  
- 150 mts. del del río

M.R.A.N

Fecha :

Jul 1994

	gms.	% RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	60.300	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	CLASIF. AASHTO : A-4(6)
	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	CLASIF. SUCS : ML
	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	
	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO INICIAL (gr) : 200
1/4"	8.360	0.00	0.00	0.00	100.00	LL. : 28.0 %
04	4.780	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P. : 22.7 %
10	2.000	2.20	1.10	1.10	98.90	L.P. : 3.3 %
20	0.840	2.10	1.05	2.15	97.85	
30	0.590	1.80	0.90	3.05	96.95	
40	0.420	3.80	1.80	4.85	95.05	OBSERVACIONES :
60	0.250	8.20	3.10	8.05	91.95	Material Fino : 100 gra.
100	0.149	24.00	12.00	20.05	79.95	Humedad Natural :
200	0.074	32.00	18.00	36.05	63.95	% de Grava : 0%
	0.010	127.90	63.95	100.00	-0.00	% de Arena : 36%



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422**

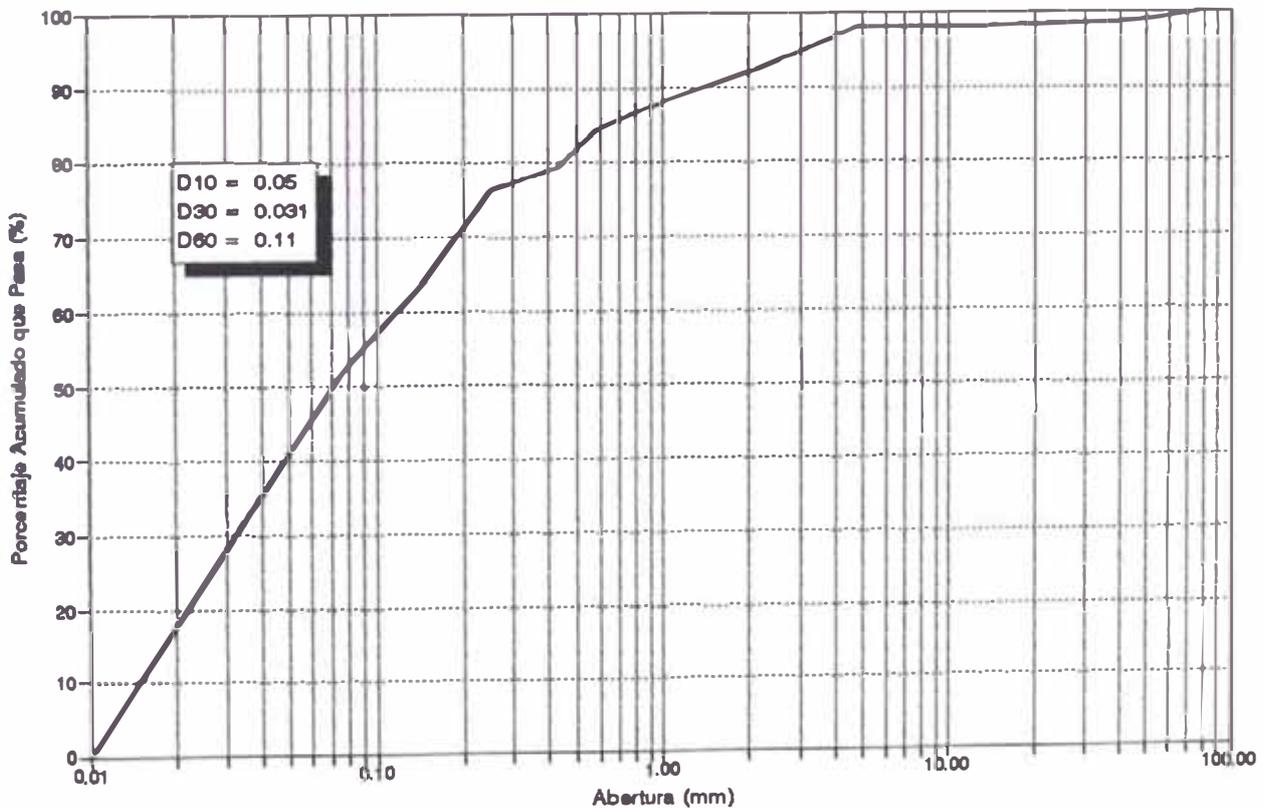
Plantación Geotécnica del  
 A 0+200 Km. arriba del Pte  
 M - 3 Terraza T2 -  
 0 - 1.50 m.

Tramo Pte. - Pte. Los  
 - Sobre la línea Férrea

M.F.A.N.

Fecha : Jul 1994

	mas.	% RETENIDO	% RETENIDO	% PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	0.	0.		00.00	
	50.300	65.00	1.10	98.90	
1/2"	38.100	20.00	0.34	98.66	CLASIF. AASHTO : A - 6 - (5)
	26.400	12.00	0.20	98.36	CLASIF. SUCS : CL
	19.050	10.00	0.17	98.19	
	12.700	7.00	0.12	98.07	
	9.625	2.00	0.03	98.04	PESO INICIAL (gr) : 5,896
4"	6.360	1.00	0.02	98.02	LL : 33.8
10	4.760	3.00	0.05	97.97	L.P. : 20
20	2.000	350.00	6.94	92.03	T. : 13.8
30	0.840	290.00	4.92	87.11	
40	0.590	180.00	2.71	84.40	
60	0.420	300.00	5.09	79.31	OBSERVACIONES :
80	0.260	170.00	2.88	76.43	Material Fino :
100	0.149	720.00	12.21	64.22	Humedad Natural : 1.98 %
200	0.074	760.00	12.72	61.60	% Grava : 2 %
	0.010	3036.00	61.60	0.00	% Fines : 46%



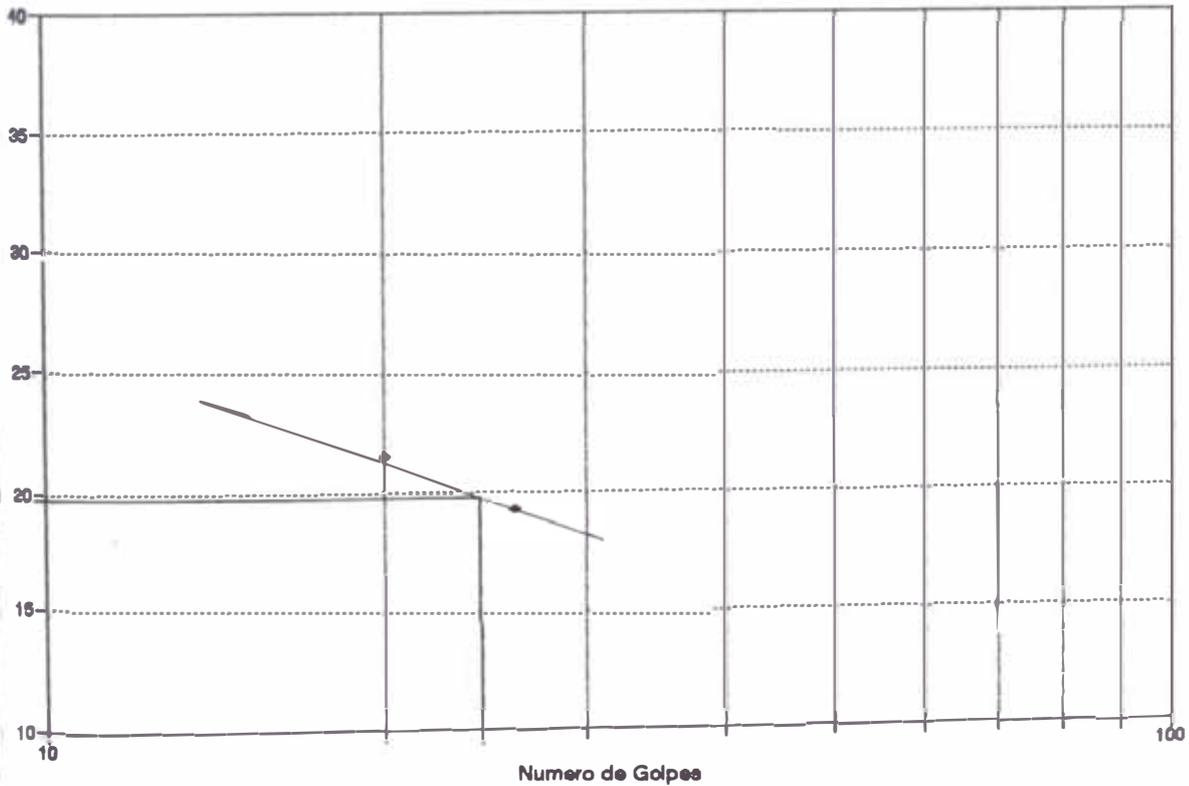
**LIMITES DE ATTERBERG**

Plantación Geotécnica del  
 A 0+200 Km. arriba del Pte  
 M-1 Cauce del río Fimac -  
 0 - 1.00 m.

Tramo Pte. - Pte. Los  
 - 30 mts. del del río  
 M.R.A.N. Fecha : Jul 1994

	15	14	16
	16	20	28
hu	18.8	20.5	19.0
capasita + Suelo se	16.7	17.3	16.3
capasita	2.4	2.4	2.3
agua	3.1	3.2	2.7
seco	13.3	14.9	14.0
de humedad	23.3	21.5	19.3

LL : 19.60% LP. : - LP. : N.P.



**LIMITES DE ATTERBERG**

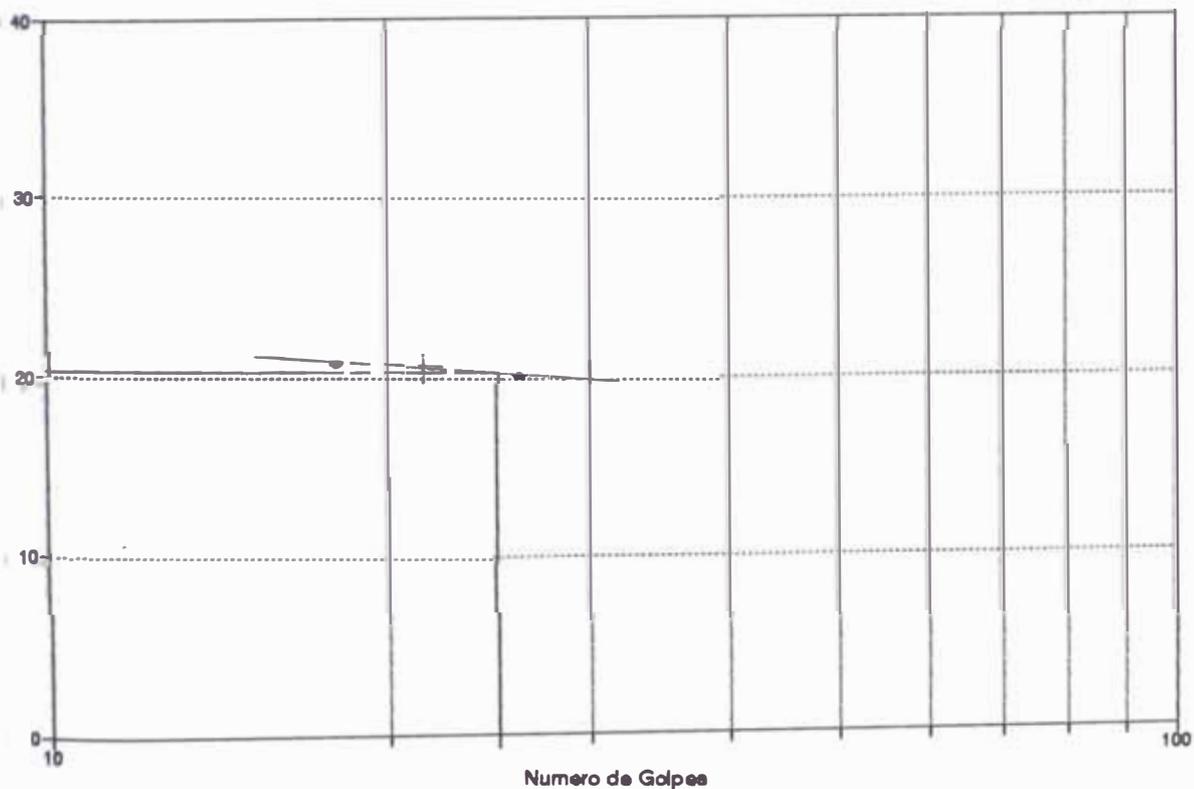
Planificación Geotécnica del  
 A 0+200 Km. arriba del Pto  
 M-2 Terraza T1 - Zona de cultivo  
 0 - 1.00 m.

Tramo Pto. - Pto. Los  
 - 100 mts. del del río - Material de Chacra

M.F.A.N      Fecha :      Jul 1994

	21	19	15
	18	28	25
capasita + Suelo húmedo	19.9	17.8	8.9
capasita + Suelo seco	16.9	15.2	6.2
	2.6	2.3	2.6
	3.0	2.6	0.7
seco	14.4	12.9	3.7
de humedad	20.8	20.2	18.6

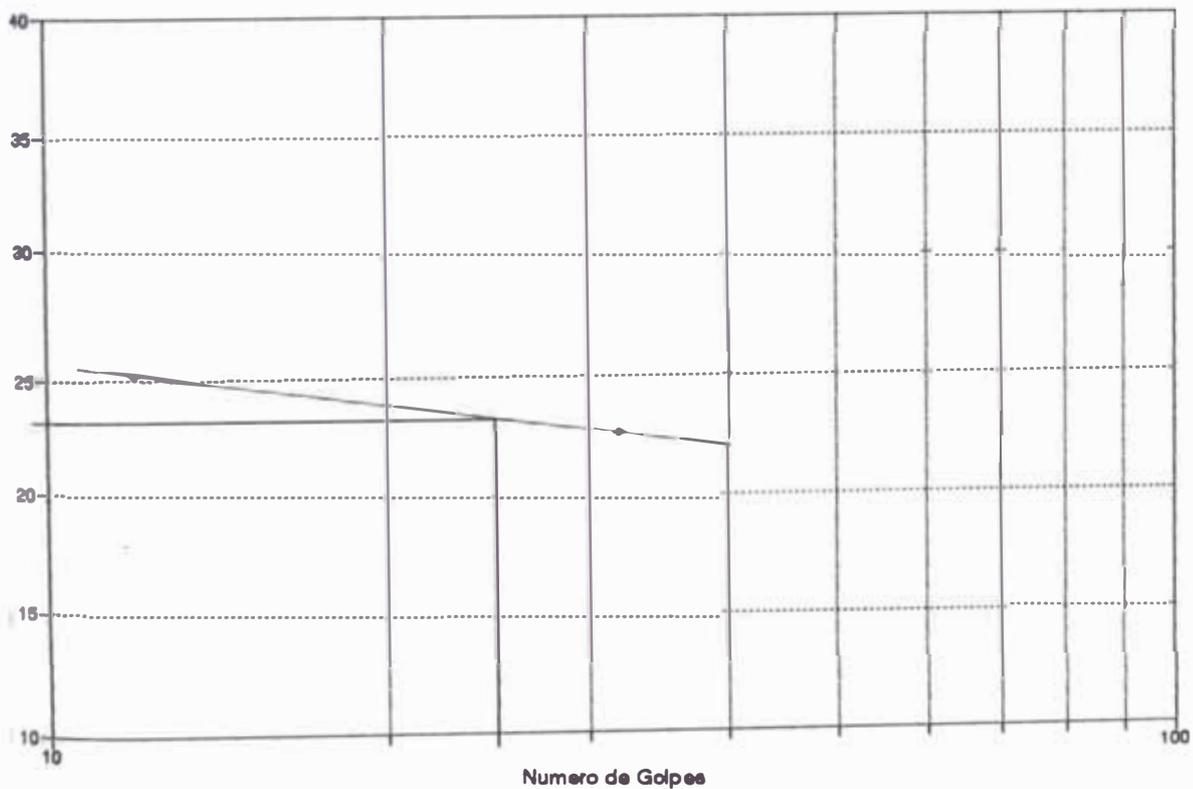
LL :                      20.30%                      LP. :                      18.60%                      LP. :                      1.80%



LIMITES DE ATTERBERG

Planificación Geotécnica del Tramo Pto. - Pto. Los  
A 0+700 Km. arriba del Pto - 60 mts. del del río nivel - Sobre la Carretera  
M-5 Terraza T1 -  
0-1.00 m. M.R.A.N. Fecha Jul. 1994

	17	18	29
	12	32	25
capas de + Suelo húmedo	19.8	23.1	8.1
capas de + Suelo seco	18.3	19.3	7.6
de capas	2.4	2.5	2.4
de agua	3.6	3.8	0.6
Suelo seco	13.9	16.8	6.1
de humedad	25.2	22.6	12.2
LL. :	23.30%	LP. :	12.20%
			LP. : 11.10%

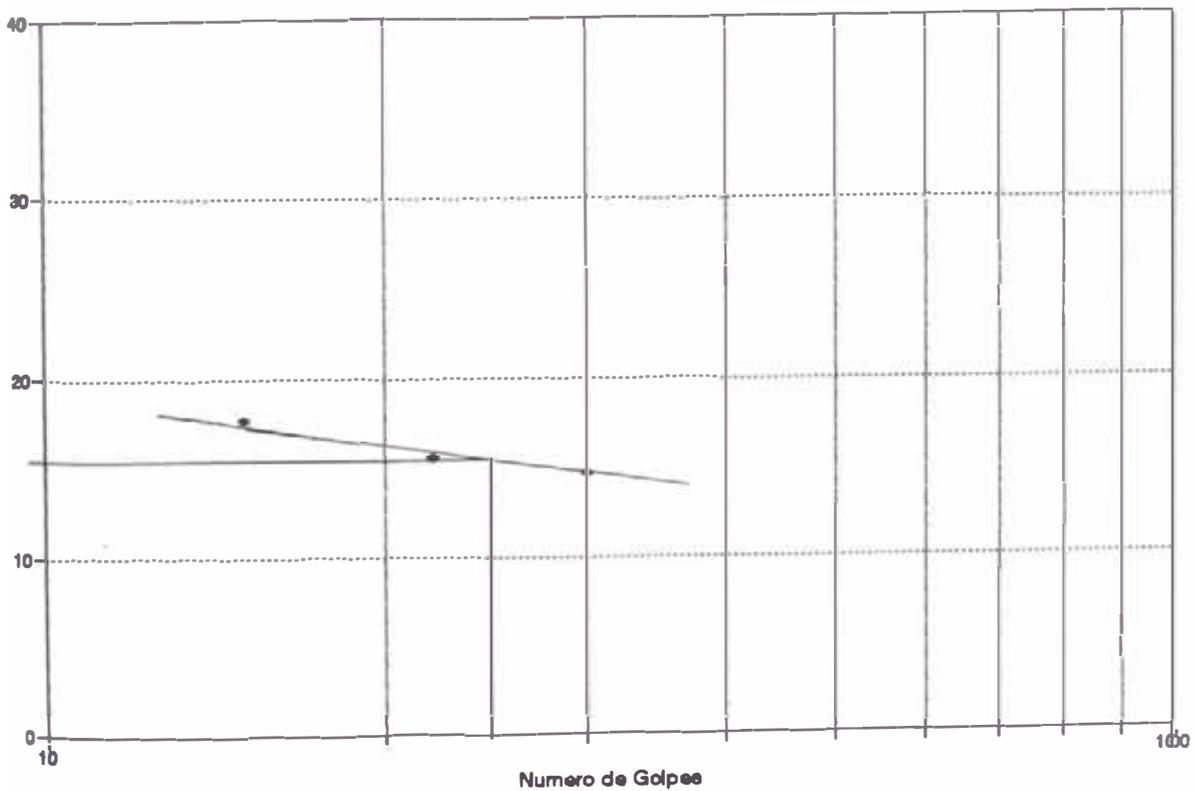


LIMITES DE ATTERBERG

Paraficaci3n Geot6cnica del Tramo Pta. - Pta. Los  
A 1 +600 Km. arriba a 600 m. del Pto Perez de Cuellar - 160 mts. del del rfo  
M - 7 Terraza T1  
0 - 1.00 m. M.R.A.N. Fecha : Jul 1994

Nº	8	15	19
	16	22	30
capasita + Suelo hume	33.0	36.6	37.6
capasita + Suelo seco	31.1	33.5	24.4
capasita	11.1	11.1	11.1
agua	1.9	2.1	2.0
Suelo seco	20.0	22.4	24.4
de humedad	17.8	16.6	14.7

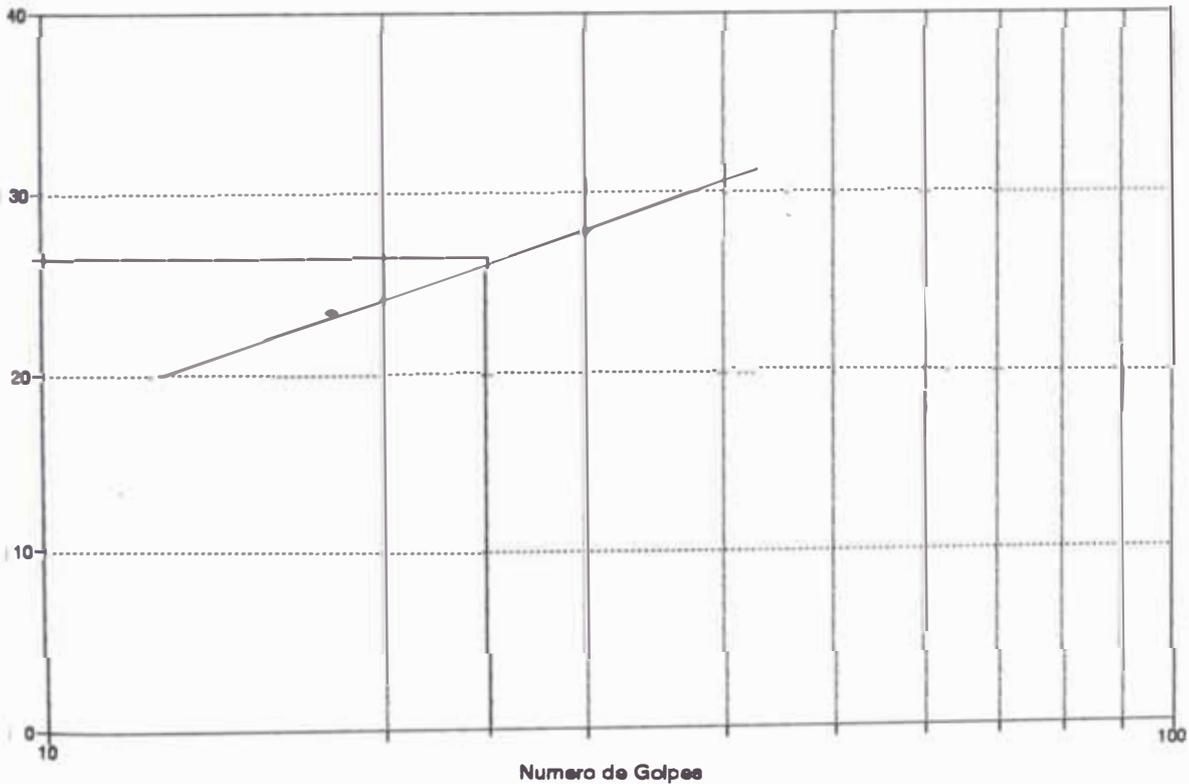
LL : 16.00% LP. : - UP. : NP.



LIMITES DE ATTERBERG

Planificación Geotécnica del Tramo Pta. Huam ( - Pta. Los An es  
A 2+000 Km. arriba del Pta i - 150 mts. del del río  
M - 8 Terraza T1  
0 - 1.00 m. erador : .R.A.N. e : Jul. 1994

Nº	8	15	14	11	
capula+Suelo	28.7	33.2	23.9	24.2	
capula+Suelo seco	27.2	30.8	23.6	23.8	
capula	11.2	11.3	11.2	11.2	
agua	1.5	2.3	0.3	0.4	
seco	16.1	19.6	12.4	12.6	
de humedad	23.4	27.8	22.7	22.6	
LL :	28.00%	LP :	22.65%	I.P. :	3.35%



AV. TUPAC AMARU S/N APARTADO 1301  
TEL: 011370 - CABLES UNI LIMA PERU

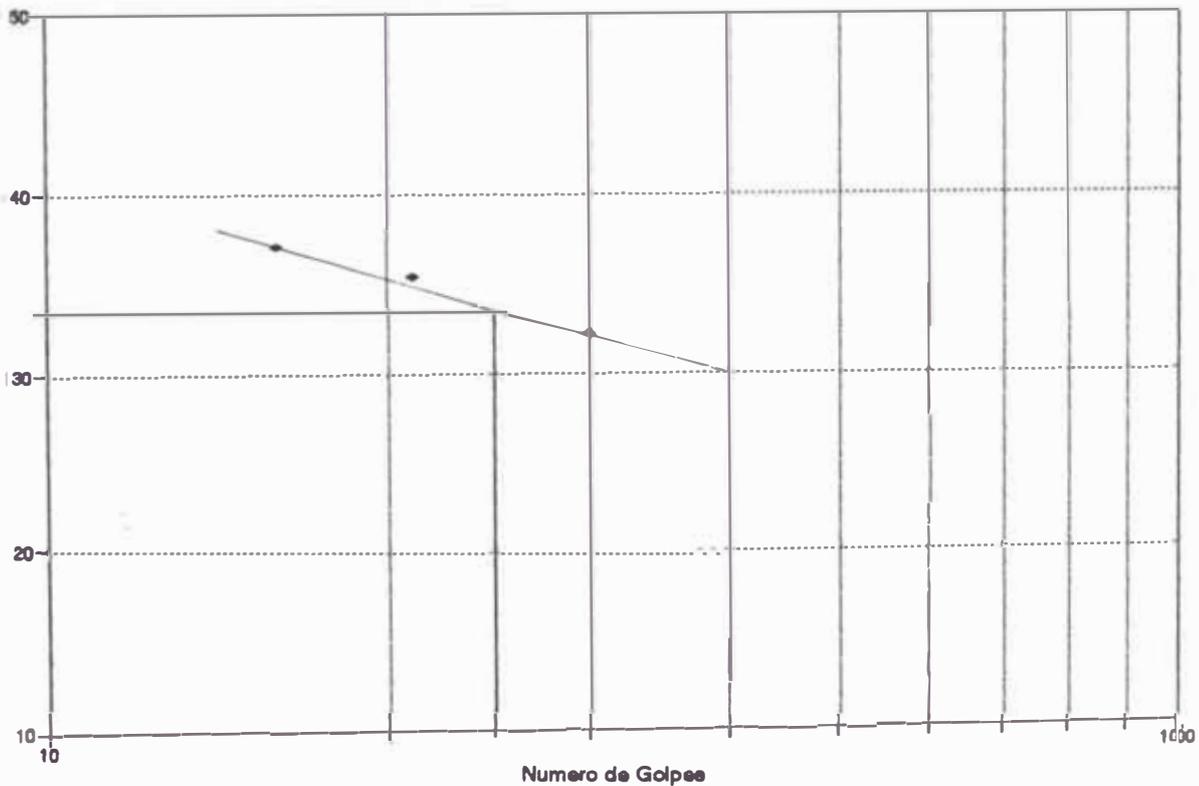
LIMITES DE ATTERBERG

Planificación Geotécnica del  
A 0+200 Km. arriba del Pte  
M-3 Terraza T2 -  
0 - 1.50 m.

Tramo Pte. - Pte. Los  
- Sobre la línea Férrea

: M.R.A.N. Fecha : Jul 1994

N°	14	26	22	16	26
de	16	21	30	13	23
de capacidad + Suelo hu	23.0	21.9	21.8	7.9	8.8
de capacidad + Suelo se	17.4	16.8	17.1	6.9	7.7
de capacidad	2.3	2.4	2.5	2.3	2.3
de agua	5.6	6.1	4.7	0.9	1.1
de Suelo seco	16.1	14.4	14.6	4.6	5.4
de humedad	37.1	35.4	32.2	19.6	20.4
LL :	33.80%	LP. :	20.00%	LP. :	13.80%



## **CAPTULO 7 : ANALISIS DE LA PLANIFICACION**

## 7.0 ANALISIS DE PLANIFICACION

### 7.1 UBICACION:

Antes de determinar el lugar en el cual deben ubicarse las obras de ingeniería y señalar cuales son las zonas de menor riesgo para establecer áreas de viviendas, uso industrial, de servicios, uso agrícola; ha sido necesario realizar como primer paso una evaluación de la amenaza de los desastres naturales, en este caso el peligro más latente es la crecida del caudal del río Rímac en épocas de avenida produciendo **Inundaciones**. Como consecuencia de esta evaluación se determina la **zonificación del peligro** en el área, proporcionando la información base necesaria para decidir el desarrollo planificado de la zona.

La franja estudiada es una muestra de la falta de Planificación de la ciudad, los proyectos de planificación realizados hasta el momento no toman en cuenta criterios de prevención de desastres; es necesario realizar un reordenamiento del lugar considerando los siguientes parámetros:

- . Reubicación de las Poblaciones en peligro hacia zonas recomendables de menor riesgo.
- . Cambio de uso de las tierras dependiendo del nivel de riesgo al que estén expuestas.
- . Mejoramiento del medio ambiente a través de la forestación con especies apropiadas para la zona.
- . Vías de acceso bien planificadas para facilitar la circulación y evacuación en caso de desastre.

Si por razones sociales o económicas no se puede erradicar a poblaciones que ocupan la zonas inundables, lo más recomendable es que adecuen las estructuras de sus edificaciones a las condiciones locales y tomen las medidas necesarias de prevención en caso de producirse el desastre.

#### **ANALISIS DE ZONIFICACION:**

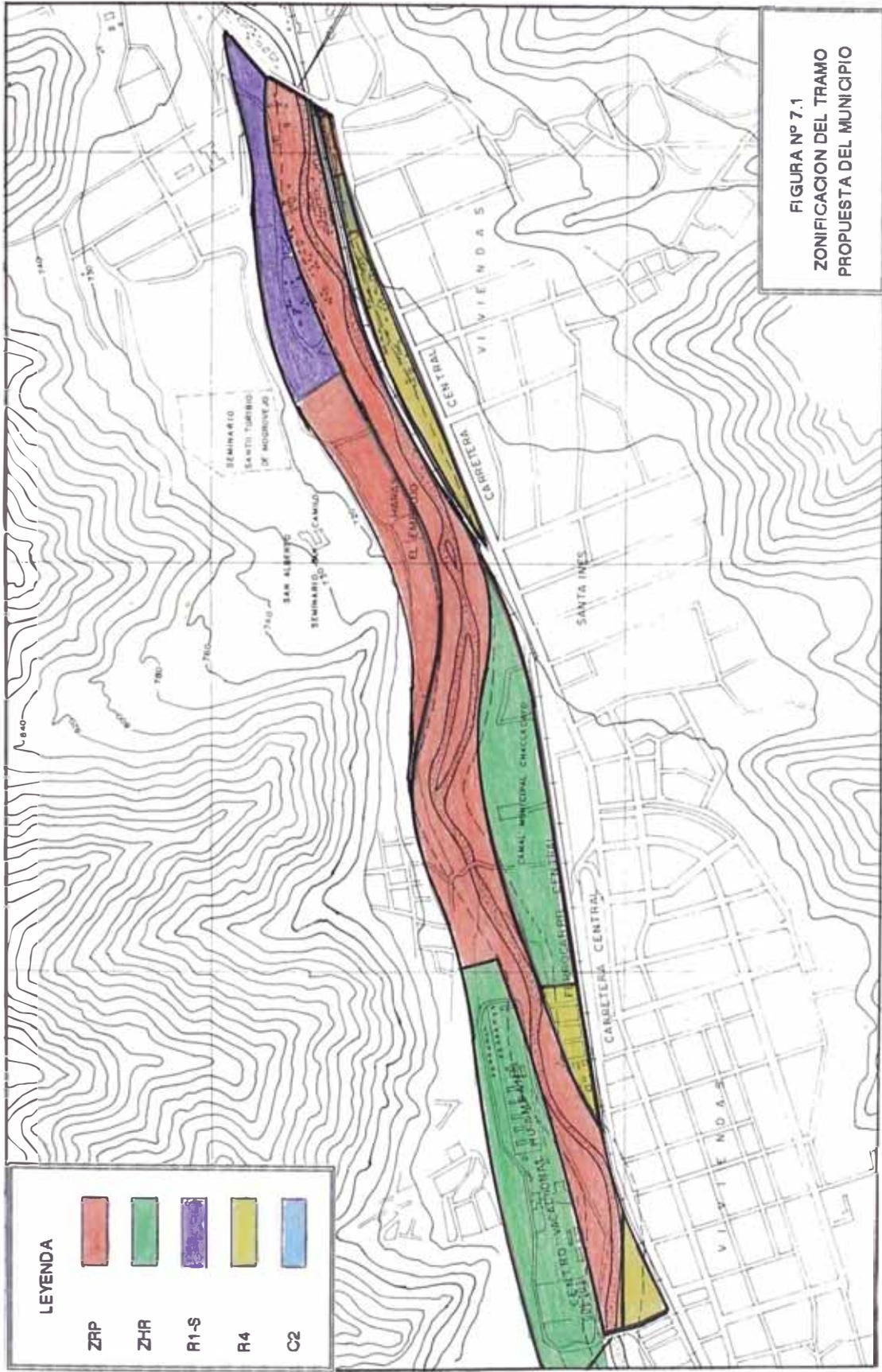
Existen muchas formas de zonificación dependiendo de los criterios tomados para la propuesta, pero la mas recomendable es la que toma en cuenta la prevención de desastres. Se analizara dos propuestas para la zona:

1. La propuesta del Municipio.
2. La propuesta planteada en esta tesis.

#### **1. ZONIFICACION DE LIMA - PROPUESTA DEL MUNICIPIO:**

En la actualidad se encuentra vigente el Reglamento de Zonificación General de Lima Metropolitana (Ver Reglamento Nacional de Construcciones) el cual especifica las normas relativas a la zonificación para su correcta interpretación y aplicación. Este reglamento es aplicable en las provincias de Lima y Callao.

Lima Metropolitana ha sido organizada en zonas a cada una de las cuales se le asigna un uso o grupo de usos de características comunes basados en patrones diferenciados del asentamiento residencial y por diversos indicadores sociales, económicos y ecológicos.



**FIGURA N° 7.1**  
**ZONIFICACION DEL TRAMO**  
**PROPUESTA DEL MUNICIPIO**

**LEYENDA**

ZRP	ZHR	R1-S	R4	C2

**Zonas de Comercio Vecinal (C2):** Se encuentra ubicado un parque entre los AA.HH. "La Tapada" y "El Chaparral". Se recomienda uso comercial a nivel de barrio puede ser un mercado.

## **2. PROPUESTA DE ZONIFICACION DE LA AMENAZA:**

En el capítulo 5 (Zonificación); se ha elaborado un mapa de Zonificación basado en la evaluación geotécnica e hidrológica del lugar (Ver fig.7.1 o el Plano de Zonificación Z-1 a escala 1:4,000), estableciendo tres zonas de diferente nivel de amenaza con potencial a desastres por inundaciones con la finalidad de:

1. Identificar los diferentes grados de amenaza y de daños potenciales.
2. Delimitar por medio de medidas legislativas el tipo y la densidad de ocupación de dichas áreas.

## **1. IDENTIFICACION DE ZONAS CON DIFERENTE GRADO DE AMENAZA:**

### **Zona Prohibida (ZONA A):**

De alta amenaza a inundación, comprende la parte adyacente al río; esta área ha sido definida para  $Q = 430\text{m}^3/\text{seg}$  con período de retorno de 10 años, las características más resaltantes de esta zona son:

- . Abarca un 60% del área estudio.
- . Se encuentra situada sobre la T0 y parte de la T1.
- . Esta constituido por material gravoso, gravoso arenoso.

- . Se encuentran ubicados los puentes y las obras de defensa ribereñas.
- . Comprende la parte ribereña del Centro Vacacional Huampaní (50%), Santa Inés (35%), Perla del Sol (70%), Las Vegas (20%), Haras "El Embrujo" (80%).

**Zona restringida (ZONA B):**

Es la zona donde no son demasiado frecuentes las inundaciones, los límites de ésta zona esta relacionado con el perfil de la superficie de agua en la inundación para un caudal  $Q = 700 \text{ m}^3/\text{seg}$  de 100 años de retorno, las características más resaltantes de ésta zona son:

- . Abarca un 25% del área estudio.
- . Se encuentra situada sobre la T1.
- . Esta constituido por material arenoso arcilloso, limo arcilloso, limoso.

Comprende parte de las áreas de cultivo (30%), AA.HH. Monte Santa Inés (40%), Santa Inés (70%), Perla del Sol (30%), Las Vegas (40%), Haras El Embrujo (10%).

**Zona de simple advertencia (ZONA C):**

Es el área en la cual las inundaciones son sumamente raras por lo tanto el potencial de desastre es insignificante. Para la zona en estudio tiene como limite natural las terrazas T2 o la franja definida por los caudales para los  $T_r$  entre 100 y 1000 años.

Abarca un 15% del área estudio.

- . Se encuentra situada sobre la T1 cerca a la T2.

LEYENDA

- ZONA A
- ZONA B
- ZONA C



FIGURA N° 7.2  
ZONIFICACION DEL TRAMO  
PROPUESTA DE LA TESIS

- . Esta constituido por material arenoso gravoso, arenoso arcilloso
- . Comprende parte de las áreas de cultivo (70%), AA.HH. Villa Rosario, Monte Santa Inés (60%), Las Vegas (40%), Haras El Embrujo (10%).

## **2. RECOMENDACIONES PARA EL USO DE TIERRAS SEGUN EL NIVEL DE RIESGO:**

**ZONA A:** Su utilización es predominantemente de tipo no estructural es recomendable usarla como áreas verdes, campos de cultivo, caballerizas, compatibilizando las características de la zona con el RNC su uso correspondería a ser una Zona de Recreación Publica (ZRP).

**ZONA B:** Es recomendable un desarrollo limitado de construcciones; la actividad agrícola planificada es factible y probablemente conveniente por estar ligada al aprovechamiento de las tierras con permanente amenaza a inundación.

En esta zona, la restricción se aplica no solamente a la densidad poblacional y utilización de la tierra, sino también a los criterios de diseño, tales como la altura mínima de la planta baja permitida en las construcciones y las medidas permanentes en los edificios para hacerlos resistentes a las inundaciones.

Según el RNC su uso correspondería al de una Zona de habilitación Recreacional (ZHR)

**ZONA C:** Si se quiere construir obras de desarrollo en el área la única advertencia es tomar medidas de prevención para el primer nivel de la edificación, por lo demás las restricciones de otro tipo son escasas o nulas en relación con la prevención de desastres por la crecida del río.

El hecho de imponer una ocupación de las tierras zonalizada en la forma arriba indicada, esta ligada con el tiempo necesario y rutas de acceso para su evacuación; contribuyendo a minimizar el riesgo de un desastre por inundación y prepara a la comunidad mediante un desarrollo planificado de su pueblo.

## **7.2 LINEAMIENTOS:**

Los lineamientos generales seguidos en el análisis de planificación comprende dos aspectos importantes:

- . El que considera el diagnóstico urbano y
- . El que considera la parte técnica experimental del análisis.

### **7.2.1 DIAGNOSTICO SITUACIONAL O URBANO:**

Delimitar el área de expansión urbana y el radio urbano actual, que nos de la información correspondiente de la población, características de las viviendas, materiales usados en sus construcciones, estado actual de ellas, infraestructura social, para darnos una idea del valor económico y numero de habitantes por m<sup>2</sup> del área. Esto se analizó en el capítulo 4.

### **7.2.2 ASPECTO TECNICO EXPERIMENTAL:**

Considera en forma prioritaria la zonificación del área, teniendo en cuenta la parte física real y actual de las riberas y los AA.HH. existentes en las zonas críticas; se ha elaborado un plano de zonificación (Ver plano Z-1), en el que se señala sectores de mayor a menor riesgo al desastre por inundación, para lo cual se consideró los siguientes parámetros:

- Condiciones topográficas.
- Condiciones geológicas.
- Condiciones geomorfológicas.
- Condiciones meteorológicas e hidrológicas.
- Condiciones de hidráulica fluvial.
- Procesos de geodinámica.

También es importante realizar un análisis de riesgo de la zona para poder efectuar una buena planificación.

#### **Análisis de riesgo:**

La importancia del análisis de estos aspectos técnicos en los ríos que se desbordan frecuentemente produciendo inundaciones, se manifiesta en la amenaza que ocasionan estos en las poblaciones afectadas; las cuales dependen particularmente de indicadores de la amenaza y de indicadores de vulnerabilidad.

#### **Indicadores de la amenaza:**

Los indicadores de la amenaza en caso de inundaciones son:

**a) Nivel de la crecida:**

Esta debilita la estabilidad de las construcciones y arrasa los cimientos.

**b) Duración de la crecida:**

Disminuye las características del suelo (capacidad portante) y arrastra al hundimiento del terreno de las construcciones y de las obras de ingeniería.

**c) Velocidad de la corriente:**

Crea gran cantidad de torbellinos y presiones hidrodinámicas fuertes que ocasiona la destrucción eventual de los cimientos de las construcciones; también ocasiona peligro de estabilidad a los puentes o diques por la socavación de sus bases. Los daños ocasionados son muy importantes, pero difíciles de calcular por que los datos son casi siempre mal definidos.

**d) Velocidad del volumen de aguas:**

De ella depende la evacuación eventual de los habitantes y de los bienes.

**e) Frecuencia de las inundaciones:**

Dentro de un plano de inundaciones en caso de ríos con gran volumen de descarga se determina un período para la utilización del suelo en los terrenos agrícolas situados en la faja inundable.

**f) Estación o tiempo:**

Es igualmente un elemento importante, sobre todo en el período de invierno o época de lluvia que ayuda al aumento del caudal.

**g) Naturaleza del suelo:**

Es un factor importante porque el agua no se infiltra en un suelo arcilloso o granítico y eso da como resultado el aumento del caudal y un desprendimiento muy rápido de los cursos de agua, por el contrario un terreno calcáreo con proceso cárstico infiltra gran parte de agua y disminuye la velocidad como el volumen de las aguas superficiales.

**h) Perfil de la cuenca:**

Es un elemento que conviene tomar en cuenta porque en un cauce estrecho el flujo del río toma forma de un cañon por socavación vertical, ya que la sección de escurrimiento es muy estrecha (Perla del Sol).

**i) Extensión de la cuenca:**

Por una parte las crecidas con evolución lenta forman zonas de sedimentación y por otra parte las crecidas fugaces en épocas de avenida son peligrosas por lo instantáneo y la alta velocidad de sus aguas arrastra boleos; si encuentra un cauce no regulado, produce tanto la erosión lateral como vertical.

### **Indicadores de vulnerabilidad:**

Es sorprendente la repercusión de las diferentes actividades humanas a lo largo de la ribera sobre la amplitud de las crecidas como por ejemplo:

Obras construidas sobre el lecho de los ríos como pilares de puentes, es el caso del Pte. Pérez de Cuéllar.

Modificaciones del lecho del cauce por:

- La acumulación de desmonte en la ribera y la desforestación producida por el hombre para "ganar tierras al río", caso de la margen izquierda zona del Camal.
- Las construcciones urbanas aumentan las superficies impermeables y el drenaje.
- El ordenamiento de los cursos de agua (canalización) y las represas.

### **7.3 MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACIONES:**

En los momentos en que se produce la inundación y las medidas de control de crecidas no son suficientes para resolver las condiciones extremas, solo puede emprenderse dos acciones para mitigar graves daños o pérdidas de vidas, estas son:

- . La evacuación de las personas y bienes y
- . La utilización de dispositivos provisionales para impedir que se derrumben las estructuras y que las aguas de inundación lo anieguen todo.

Para evitar que un desastre por inundación traiga como consecuencia pérdidas de vida y bienes se recomienda la influencia combinada de medidas de prevención y mitigación estructurales y no estructurales:

### **7.3.1 MEDIDAS ESTRUCTURALES:**

Comprende las obras de ingeniería a construirse para el control de las crecidas, estas pueden ser a largo plazo o a corto plazo.

#### **7.3.1.1 Medidas estructurales a largo plazo:**

En el caso de un proyecto se requiere de un estudio y ejecución especializada por ser de carácter definitivo se necesita de una fuerte inversión, se considera dos alternativas para el control de inundaciones:

- . El método de embalse y
- . El método de encauzamiento.

#### **ALTERNATIVA PROPUESTA: Método de encauzamiento**

Esta alternativa se propone en esta tesis como solución para los problemas de inundación considerándola como la más factible. Existen anteriores proyectos de encauzamiento propuestos para el río Rímac, unos concebidos a nivel de cuenca como: JICA 1988 y otros a nivel de tramos como P y V 1983, PIEVAR - PREDES 1985 y Tesis de Grado UNI 1992 y 1994.

La alternativa de encauzamiento propone lo siguiente:

- Un trazo del cauce que incluya:
  - . Sus correcciones y lineamientos en ambas márgenes.
  - . Obras de regulación.
  - . Ubicación de puentes en zonas críticas.
  - . Zonas libres por incorporar.
  - . Zonas afectadas para su reubicación.

Definir para el encauzamiento un ancho mínimo, profundidad, pendiente del cauce y regulación.
- La canalización mediante diques enrocados ya que de la evaluación de defensas en el tramo, concluimos que son las que mejor funcionan.

#### **7.3.1.2 Medidas estructurales a corto plazo:**

Son las llamadas obras de emergencia que se caracterizan por su existencia temporal debido a la utilización de la mano de obra de la población y los materiales existentes en la zona, estas obras pueden causar un efecto negativo a largo plazo; en cuyo caso es preferible reemplazarlas por otras una vez pasada la temporada de lluvia.

Las obras de emergencia se implementan o ejecutan en los denominados puntos críticos que están definidos como los lugares por donde los flujos de agua pueden penetrar o causar daños; estos puntos pueden estar en:

- . Las curvas de los ríos (Perla del Sol).

En terrenos ribereños con alturas menores a un metro y medio con respecto al nivel del río (Santa Inés, Villa Rosario, Camal)

- . Lugares donde no existen defensas o estas son insuficientes (debilitamiento, defensas formadas con material suelto) (Desde Villa Rosario hasta entrada de Perla del Sol)
- . Lugares de obstrucción y/o estrechamiento de los cauces (sedimentación, rocas que puedan desviar el cauce, etc)
- . Riberas opuestas a aquellas que cuentan con espigones.
- . Puentes (estribos y pilares) y otras construcciones (reservorio, acequias, pozos, torres eléctricas) que puedan causar daño a la población o interrumpir servicios básicos.
- . Vías importantes que puedan ser destruidas u obstruidas afectando el tránsito vehicular.
- . Zonas de encuentro entre quebrada y río.

La existencia de muchos puntos críticos hace necesario la priorización de estos, la que deberá tener en cuenta la protección de escuelas, locales comunales, equipamiento, instalaciones y servicios.

#### **MEDIDAS:**

Apertura, profundización y limpieza de cauces. Se realizan con maquinaria pesada y consisten en la extracción de los materiales fuera de los cauces. Se debe evitar depositar dichos materiales en las márgenes porque posteriormente puede generar mayor trabajo de movimiento de tierras cuando se opte por construir

dichas defensas; además los materiales sueltos no contribuyen a proteger nada.

- . La profundización del cauce debe de hacerse con una adecuada orientación técnica; a fin de que no ocasione mayores problemas que los que se pretenden solucionar.
- . Reducción o eliminación de rocas grandes que no puedan ser utilizadas para la defensa.

Calzadura de defensas en los ríos; reforzando las bases erosionadas de los muros con roca y mortero de cemento; ello podrá hacerse cuando el río baja su nivel o en su efecto utilizando motobombas que eliminen el agua.

- . Construcción de gaviones: consiste en la acumulación de rocas depositadas en mallas de metal a fin de evitar desbordes del río. Esta medida es efectiva en zonas donde el cauce del río es amplio y relativamente recto (para que no estén expuestos a la erosión e impacto de gravas y/o boleas que provocaría su volcadura)

Elevación de las defensas existentes a fin de protegerse de incrementos del nivel del río; se puede hacer mediante trabajos de albañilería o con la simple colocación de bolsas de arena. En todos los casos la estabilidad del muro es condición indispensable para la ejecución de esta medida.

- . Protección de cimientos debilitados de los muros de defensa colocando rocas en las bases o calzaduras. Esta medida resulta contraproducente si al culminar la emergencia no se realizan las obras de calzadura.

- . Reducir el riego de zonas de cultivo que se encuentran ubicadas cerca a las márgenes de los cauces.
- . Habilidad de zonas de refugio y rutas de escape que comprende: limpieza de calles, cerrado de zanjas abiertas, acondicionamiento de acceso de vías alternativas para vehículos y para llegar a lugares seguros y construcción de silos.

### **7.3.2 MEDIDAS NO ESTRUCTURALES:**

Las medidas no estructurales son complemento necesario para el éxito de las obras concebidas para la prevención y mitigación de desastres.

A continuación se dará algunas medidas a tomar en caso de:

#### **Encauzamiento u obras permanentes:**

El encauzamiento propone alternativa de solución para las zonas críticas y su éxito depende de la participación de la población de la siguiente forma:

- . Conocimiento y apoyo de las decisiones tomadas.
  - . Que se respete y haga respetar las decisiones reales como técnicas que van en beneficio de la gran mayoría.
- Que el compartir con la mano de obra, control, fiscalización y apoyo desde el planteamiento, trazo demolición, construcción, conservación y respeto a los acuerdos será el instrumento que garantice su futuro, en una planificación contra desastres naturales y antrópicos.

- . La asistencia y participación a las charlas, talleres seminarios de adiestramiento y capacitación de la población en el conocimiento y aceptación del proyecto, ejecución de obras y su funcionamiento como utilidad serán las garantías a su realización y éxito.
- . La adecuación y dirección técnica, social en la protección contra desastres debe ser un tópico que esté presente permanentemente y que impacte en las siguientes modalidades:
  - . Control en la limpieza del cauce.
  - . Trabajos con piedras.
  - . Construcción de cimientos.
  - . Construcción de muros de encauzamiento.
  - . Reparación, corrección de defectos y efectos en obras construidas en las riberas.
  - . Fiscalización y multa compartida a los que boten basura en el cauce.
  - . Sistema de alarmas prácticos de comunicación alertas.
  - . Responsables para advertir cualquier modificación y/o alteración de las defensas, controles sistema de alarma.
  - . Señalización de áreas de seguridad, zonas de peligro.
  - . Accesibilidad de caminos, calles, etc. sin obstrucción.
  - . Protección del medio ambiente en forma general por medio del Comité, Colegios, Comedores.

- . Difusión de grabaciones que indiquen permanentemente el significado del fenómeno existente o probable, del peligro, la prevención y participación para atenuarlo.
- . Exposición de videos sobre realizaciones logradas, dando el mensaje de lo que significa el encauzamiento.
- . Distribución de folletos instructivos gráficos sobre el encauzamiento, prevención contra inundaciones, etc., guías de organización de trabajo, construcción practica de piedras, etc.

#### **Medidas de emergencia:**

Es importante que los propios Asentamientos elaboren sus propios planes de emergencia que les permita estar preparados para afrontar situaciones similares futuras a continuación se dan las medidas más importantes a tomar en caso de emergencia.

- . Proteger los accesos (puertas de viviendas con sacos de arena y colocar las cosas de valor en las partes altas de las viviendas.)
- . Tener en un lugar visible las llaves, linterna, radio, palas, picos, botiquín, etc.
- . Despejar calles; cada poblador deberá retirar materiales (piedras, ladrillos, arena) y/o vehículos que obstruyan el camino; así se evitará que puedan ser arrastrados por la inundación, o que obstruyan la evacuación de la gente en caso de ser necesaria.

- . Organizar faenas comunales en cada comité en coordinación con la dirigencia del pueblo para proteger puntos y zonas críticas.
- . Proteger los servicios estratégicos y reestablecerlos en caso de averías, para lo cual se puede usar sacos de arena, troncos, tablones, etc.
- . Producida la inundación proceder a reencauzar el río mediante sacos de arena, troncos, rocas, etc.
- . Organizar brigada vigilancia y alerta; formada por personas que vivan en zonas donde se divisa mejor la crecida, que sepan reconocer el peligro y tengan facilidad para desplazarse hasta el lugar de vigilancia y den la señal de alarma.
- . Evacuar a la población a zonas de refugio previa señalización; estas pueden ser locales públicos techados o áreas libres habilitadas para permanecer si el fenómeno destruyo o inhabilitó viviendas; las calles para evacuar a la población deberán ser directas y limpias de obstáculos.
- . Se deberá brindar seguridad y garantizar la protección de las personas para lo cual se tomara las siguientes acciones:
  - . Empadronamiento previo de la población afectada.
  - . Determinar y acondicionar lugares de primeros auxilios.
  - . Organizar botiquines comunales y ubicarlos cerca de las zonas de refugio.

- . Coordinar con los centros de salud para la atención de los heridos graves.
- . Coordinar con los comedores populares, comites del vaso de leche, parroquias, instituciones de promoción y desarrollo para organizar las ollas comunes.
- . Información, difusión y capacitación de la población para que apliquen las medidas de emergencia.

#### **7.4 REGLAMENTACION Y POLITICA A DESARROLLARSE EN LOS AA.HH. Y LOS ACTUALES EN DESARROLLO:**

Para proteger los Asentamientos Humanos en aquellas zonas de inundación donde los sistemas existentes de defensa no puedan proporcionar una seguridad total, se deberá adoptar las medidas siguientes:

- . Establecimiento y reglamentación del uso de tierras; mediante la cual se prohíbe la invasión del cauce por pobladores de escasos recursos, originando la formación de nuevos AA.HH expuestos a la amenaza latente.
- . Prohibir y sancionar la contaminación del cauce causado por el arrojado de basura y sustancias tóxicas; así como también la formación de rellenos sanitarios por los pobladores
- . Deberán proyectarse el nivel de carreteras y vías, a una altura que pueda ser justificada para asegurar el acceso ininterrumpido a Asentamientos Humanos y a los edificios durante la inundación.
- . Cuando el nivel del agua de la crecida es elevado en una zona en el que el suelo es muy permeable, la subida del

nivel de la capa freática puede causar inundación. Si se proyectan nuevos Asentamientos Humanos o casas en zonas expuestas a inundaciones donde existan esas condiciones del suelo, se recomienda que se eleven el nivel del terreno antes de construir.

- . En los Asentamientos Humanos que poseen sistema de alcantarillado, si el nivel de las aguas de inundación es más alto que el nivel de descarga de las aguas servidas; estas aguas serán impulsadas de nuevo hacia los conductos del alcantarillado y se verterán en las tierras, lo que ocasionará contaminación y brotes de enfermedades.

El agua contaminada, podrá inutilizar el agua de los pozos para el consumo durante un prolongado período después de la inundación; por consiguiente los sistemas de alcantarillado en las zonas de inundación, deberán ir provistos de dispositivos para obturar los conductos del alcantarillado cuando se produce la inundación.

- . Para evitar los daños en las casas de una zona inundada se deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones constructivas para las viviendas:
  - . La inundación puede ocasionar socavaciones alrededor de la cimentación de las estructuras; por consiguiente se deberá utilizar materiales compactos por naturaleza para poder resistir la erosión de la corriente y la filtración de las aguas.
  - . Se evitará el empleo de todos los materiales de construcción que pierdan su resistencia y capacidad

sustentadora de carga al quedar sumergidos en agua, como los adobes y el mortero de arcilla.

- . Profundizar los cimientos con un espesor constante 0.5 m como mínimo, estos pueden descansar sobre estacas o empedrado con hormigón; para seguridad de los ocupantes se elevarán los sobrecimientos hasta un nivel del suelo de 1.5m. aproximadamente.

- . Colocar puertas y contraventanas herméticas.

La orientación de las construcciones serán en dirección a la corriente para reducir los torbellinos y evitar la erosión rápida que afecta la estabilidad de los cimientos.

- . Los terrenos ganados por el encauzamiento deberán ser para beneficio de la construcción de obras de defensa, control, etc. y no serán comercializados por particulares ni por el estado; este ingreso debería invertirse en la reubicación de los damnificados, cambio de uso de los suelos, zonas de recreación, vías de acceso, etc.

- . La autoridad responsable encargada de la fiscalización y control de las normas, deberá estar constituida por los representantes de los pueblos ribereños y de aquellas zonas afectadas en la desembocadura con el río Rímac.

## **CAPITULO 8 : PROPUESTA DE SOLUCION EN MODELOS EXPERIMENTALES**

## 8.0 PROPUESTA DE SOLUCION EN MODELOS EXPERIMENTALES

### 8.1 MODELO DE ENCAUZAMIENTO DEL RIO RIMAC TRAMO :

#### "PTE. HUAMPANI - PTE. LOS ANGELES" - (CHAACLACAYO)

Dado el panorama de peligro presentado en el tramo y después de analizar las causas que lo originan; se propone como alternativa de solución el encauzamiento y canalización del río. Cabe señalar que encauzar el río no es una solución de carácter puntual, puesto que si queremos un proyecto duradero y eficaz debemos tratar el problema a nivel de cuenca, desde el origen del río con un adecuado control de sus torrentes; lo cual garantizará elevar el tiempo de vida de las obras de regulación a construirse.

Para la selección del tipo de estructura lateral a usar en la propuesta, tendremos en cuenta las siguientes consideraciones técnicas y económicas.

- . La naturaleza del río Rímac que es de carácter torrencioso, el tamaño de las rocas que transporta el río en épocas de avenidas, el transporte y acumulación de sedimentos, el fenómeno de socavación generado por estructuras y acciones antrópicas que afectan el equilibrio de este.
- . La evaluación de funcionabilidad y resistencia de las defensas utilizadas en el tramo.

La posibilidad del aprovechamiento de los materiales disponibles de la zona para no encarecer demasiado el proyecto.

De acuerdo a la evaluación realizada, se propone la alternativa de encauzar el río mediante diques longitudinales de enrocado a ambas margenes; por considerar el tipo de defensa mas funcional en el tramo.

El proyecto trata de respetar en lo posible las condiciones naturales regulando el río técnicamente en zonas que se considere necesario (zonas críticas con problemas de socavación, erosión de sus riberas) para así evitar de alguna manera que sigan los problemas.

#### **8.1.1 DEFINICION DE LA SECCION DE DISEÑO:**

Una vez definido el caudal de diseño  $Q_{\text{diseño}}=700 \text{ m}^3/\text{seg}$  para un  $tr=100$  años (ver Capitulo 5), procederemos tentativamente a calcular el ancho y tirante de la canalización que hagan estable el tramo en estudio. Para lograr este objetivo se empleara métodos de la hidráulica fluvial deducidos en base a observaciones de ríos con similares características al estudiado, en los cuales se halla notado cierto equilibrio entre la fuerza erosiva del río y la resistencia del material del lecho, capacidad de transporte de sedimentos y el ingreso al río de material sólido.

Entre los métodos que existen para estabilidad de cauce, los mas apropiados a emplear son el método de Altunin y el método de Blench para cauces formados por material grueso y boleas. Para proponer su método Altunin tomo en cuenta además de las variables ya indicadas la mayor o menor resistencia de las orillas a la erosión.

**METODO DE ALTUNIN:**

$$B = \frac{A \cdot \sqrt{Q}}{S^{0.2}} \dots \dots \dots (8.1)$$

$$A = (n \cdot K^{5/3})^{\frac{3}{3+5m}} \dots \dots \dots (8.2)$$

Donde:

Q = 700 m<sup>3</sup>/seg.      K = 10      S = 0.018  
n = 0.045              m = 1      d = 3 m.

Reemplazando valores tenemos:

en (8.1)                      A = 1.32

en (8.2)                      B = 78 m.

**METODO DE BLENCH:**

$$B = 3.26 \cdot \sqrt{Q} \dots \dots \dots (8.3)$$

Reemplazado valores tenemos:

en (8.3)                      B = 86 m.

Los resultados obtenidos de los métodos anteriormente analizados, no son aplicables al tramo en estudio ya que al escoger los anchos propuestos afectaría a obras civiles existentes en la zona como es el caso del Ferrocarril Central. En tramos donde es posible ampliar el ancho del río al propuesto por los métodos se realizaría un excesivo movimiento de tierras encareciendo el proyecto y alterando demasiado las condiciones naturales del río que traerán graves consecuencias en un futuro.

Por lo tanto para el tramo en estudio de acuerdo a las condiciones topográficas, hidráulicas, suelos, obras civiles existentes, se recomienda la siguiente sección trapezoidal óptima para la canalización del río en el tramo:

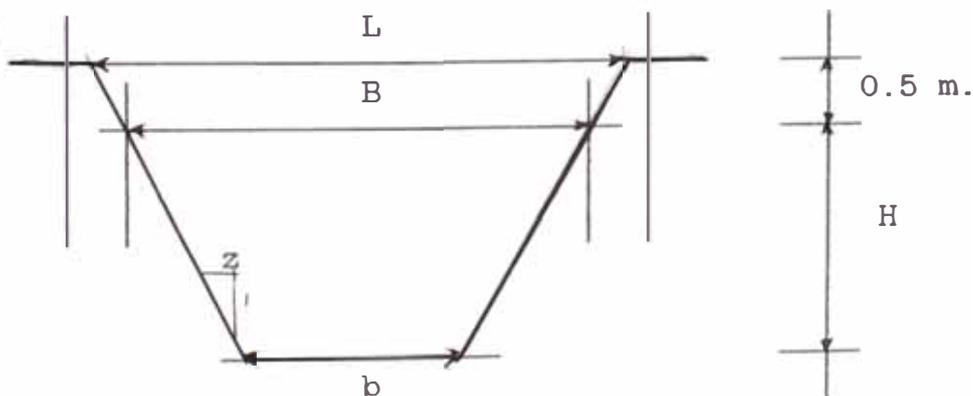
$$L = 40 \text{ m.}$$

$$B = 38.5 \text{ m.}$$

$$b = 29.5 \text{ m.}$$

$$T = 3.0 \text{ m.}$$

$$z = 1.5. \quad (\text{recomendable de acuerdo a la naturaleza del suelo}).$$



ANALISIS DE LA ESTABILIDAD DEL CAUCE SEGUN LA SECCION DE ENCAUZAMINETO DEFINIDA:

Método de Altunin:

Velocidad media mínima que garantiza el movimiento de las partículas:

Esta formula toma en cuenta el diámetro medio del material del fondo y el tirante.

$$U = a * V_{\phi} * T^{\alpha} \dots \dots \dots (8.4)$$

Donde:

a = Constante igual a 1 para este caso.

$V_{\phi}$  = Velocidad media máxima que soportan las partículas del fondo sin que se produzca erosión en m/seg según cuadro (8.1)  $D_m = 35\text{mm}$ .  $\Rightarrow V_{\phi} = 1.24 \text{ m/seg}$ .

T = Tirante = 3m.

$\alpha$  = Depende del tirante, si  $T > 2.5 \Rightarrow \alpha = 1/5$

Reemplazando valores tenemos:

en (8.4)  $U = 1.54 \text{ m/seg}$ .

CUADRO 8.1

Diámetro(mm)	$V\phi$ (m/seg)	Diámetro(mm)	$V\phi$ (m/seg)
1	0.60	50	1.50
2.5	0.75	52	1.54
5	0.80	54	1.56
10	0.83	56	1.59
15	0.86	58	1.62
20	0.90	60	1.65
25	0.98	65	1.69
30	1.04	70	1.73
32	1.11	75	1.76
34	1.17	80	1.80
36	1.24	85	1.84
38	1.29	90	1.88
40	1.35	95	1.91
42	1.38	100	1.95
44	1.41	150	2.40
46	1.44	200	2.60
48	1.47		

Fuente: Manual de Diseño de Obras Civiles, México 1981

Velocidad media de la corriente en función de la resistencia del fondo:

$$U = k * T^z * S^x \dots \dots \dots (8.5)$$

Donde:

k = Coeficiente de rugosidad para cauces con grava = 10

T = Tirante medio de la sección

z = Exponente que para las condiciones indicadas se recomienda igual a 1/2

x = Exponente que para las condiciones indicadas se recomienda igual a 1/3

S = Pendiente promedio del tramo igual a 0.018

Reemplazando valores tenemos:

en (8.5)  $U = 4.54 \text{ m/seg.}$

De acuerdo a los parámetros definidos para las condiciones del cauce en el tramo estudiado, calcularemos algunos indicadores importantes para las condiciones de estabilidad en el flujo según Altunin:

Velocidad de Formación:

$$V_{\phi} = \frac{(6.85 * Q^{0.10} * S^{0.307})}{A^{0.2}} \dots \dots \dots (8.6)$$

Donde:

A = Coeficiente obtenido según ecuación (8.1) igual a 1.32

Reemplazando valores tenemos:

en (8.6)  $V_{\phi} = 3.63 \text{ m/seg.}$

**Pendiente del curso estable:**

$$S = \frac{(0.0019 * A^{6.53} * V_{\phi}^{3.26})}{Q^{0.326}} \dots\dots\dots (8.7)$$

Reemplazando valores tenemos:

en (8.7)  $S = 0.0181$

**Profundidad Media:**

$$d = \frac{(0.732 * V_{\phi}^{10/3})}{(1000 * S)^{2/9}} \dots\dots\dots (8.8)$$

Reemplazando valores tenemos:

en (8.8)  $d = 2.18 \text{ m.}$

**Velocidad Media:**

$$U = \frac{0.939 * V_{\phi}^{5/3}}{(1000 * S)^{2/9}} \dots\dots\dots (8.9)$$

Reemplazando valores tenemos:

en (8.9)  $U = 4.24 \text{ m/seg.}$

**Gasto Unitario:**

$$Q = \frac{0.686 * V_{\phi}^5}{(1000 * S)^{4/3}} \dots \dots \dots (8.10)$$

Reemplazando valores tenemos:

en (8.10)  $Q = 4.24 \text{ m/seg.}$

**Gasto de Agua en un brazo estable:**

$$Q = \frac{7.46 * A^2 * V_{\phi}^{10}}{(1000 * S)^{3.67}} \dots \dots \dots (8.11)$$

Reemplazando valores tenemos:

en (8.11)  $Q = 129.30 \text{ m}^3/\text{seg.}$

**Rugosidad n:**

$$n = \frac{R_H^{2/3} * S^{1/2}}{V} \dots \dots \dots (8.12)$$

Reemplazando valores tenemos:

en (8.12)  $n = 0.049 \dots \dots \dots \text{ Ok.}$

De acuerdo con el resultado obtenido el valor de n, se encuentra dentro del rango permisible para el tipo de cauce que caracteriza al tramo por lo cual se deberá tomar en cuenta los parámetros obtenidos con el método.

### 8.1.2 TRAZO DEL ENCAUZAMIENTO:

Para realizar la propuesta del trazo de la canalización (Ver planos P-01, P-02, P-03) se tuvo en consideración lo siguiente:

- . De acuerdo con la información topográfica del cauce (Ver planos T-01, T-02, T-03), se determino el eje natural del río, en base a este se procede a trazar el eje del proyecto tratando de respetar en lo posible las condiciones hidráulicas naturales del río y corregir las zonas en las cuales tienen problemas de erosión de las riberas.
- . En el trazo del proyecto también se considero el aspecto económico, de tal modo realizar el menor movimiento de tierras posible protegiendo además la coraza natural del río
- . El método recomendado para este tipo de proyecto y empleado en el trazo de la canalización es el de las deflexiones; estas pueden ser derechas o izquierdas, tratando de evitarlas, manteniendo tramos rectos lo más largos posibles.
- . Los cambios bruscos de dirección se sustituyo con curvas cuyos radios de curvatura recomendados deberán ser mayor de 8 veces el ancho de diseño, es decir superiores a 300m; la variación de estos parámetros dependerá de la

presencia de obras civiles y centros poblados en el área.

. Una vez definida la velocidad media del tramo (Acápiteme 8.1.1), se considera necesario la verificación de las velocidades tangenciales producidas en los tramos curvos, de acuerdo con los diámetros medios críticos del material del lecho los que serán comparados con los valores del cuadro 8.3 extraído del libro Transporte de Sedimentos del Dr. Arturo Rocha.

. Las velocidades tangenciales en curvas se calcularán mediante la siguiente fórmula:

$$V_e = \frac{V}{R} * (R + \frac{B}{2}) \dots\dots\dots 8.13$$

Donde:

R = Radio de curvatura referido al eje del cauce en m.

B = Ancho del cauce en m.

V = Velocidad media antes de la curva en m/seg.

V<sub>e</sub> = Velocidad periférica en la curva en m/seg.

. Los radios de curvatura, longitud de curva, ángulos de deflexión de los P.I. utilizados en el trazo de proyecto propuesto y las velocidades periféricas calculadas en las curvas se dan en el cuadro 8.2.

. Los resultados obtenidos de las velocidades tangenciales en las curvas trazadas comparadas con los valores del

cuadro 8.3 se encuentran dentro del rango correspondiente según la naturaleza del material, para nuestro caso tomamos el valor representativo  $D_m=350\text{mm}$ . calculado en el Cap 5 y depende también del tirante de diseño que consideramos igual a 3m.

**CUADRO 8.2**

Curva Nº	Radio (m)	Long.Curv (m)	Ang.Inf. (o)	Vel.Tang. (m/seg)
1	312	109	20	5.07
2	440.5	115	15	4.98
3	316	99	18	5.06
4	114	114	10	5.60
5	379	119	18	5.01
6	417	131	18	4.99
7	391	109	16	5.00
8	469.6	131	16	4.96
9	521	82	9	4.94
10	381	113	17	5.01
11	412	122	17	4.99
12	231	121	30	5.17
13	587	113	11	4.92

**CUADRO 8.3**

**VELOCIDADES CRITICAS DEL AGUA PARA SUELOS NO COHESIVOS (m/seg)**

Material	Diámetro medio de las partículas en mm.	TIRANTE DE LA CORRIENTE EN (m)						
		0.40	1.00	2.00	3.00	5.00	más de 10	
Polvo y Limo	0.005 - 0.05	0.15-0.2	0.20-0.30	0.25-0.40	0.30-0.45	0.40-0.55	0.45-0.65	
Arena Fina	0.05-0.25	0.2-0.35	0.30-0.45	0.40-0.55	0.45-0.60	0.55-0.70	0.65-0.80	
Arena Media	0.25 - 1.0	0.35-0.50	0.45-0.60	0.55-0.70	0.60-0.75	0.70-0.85	0.80-0.95	
Arena Gruesa	1.0 - 2.5	0.50-0.65	0.60-0.75	0.70-0.80	0.75-0.90	0.85-1.00	0.95-1.20	
Gravilla Fina	2.5 - 5.0	0.65-0.80	0.75-0.85	0.80-1.00	0.90-1.10	1.00-1.20	1.20-1.50	
Gravilla Media	5.0 - 10.0	0.80-0.90	0.85-1.05	1.00-1.15	1.10-1.30	1.20-1.45	1.50-1.75	
Gravilla Gruesa	10 - 15	0.90-1.10	1.05-1.20	1.15-1.35	1.30-1.50	1.45-1.65	1.75-2.00	
Grava Fina	15 - 25	1.10-1.25	1.20-1.45	1.35-1.65	1.50-1.85	1.65-2.00	2.00-2.30	
Grava Media	25 - 40	1.25-1.50	1.45-1.85	1.65-2.10	1.85-2.30	2.00-2.45	2.30-2.70	
Grava Gruesa	40 - 75	1.50-2.00	1.85-2.40	2.10-2.75	2.30-3.10	2.45-3.30	2.70-3.60	
Guijarro Fino	75 - 100	2.00-2.45	2.40-2.80	2.75-3.20	3.10-3.50	3.30-3.80	3.60-4.20	
Guijarro Medio	100 - 150	2.45-3.00	2.80-3.35	3.20-3.75	3.50-4.10	3.80-4.40	4.20-4.50	
Guijarro Grueso	150 - 200	3.00-3.50	3.35-3.80	3.75-4.30	4.10-4.65	4.40-5.00	4.50-5.40	
Canto Rodado Fino	200 - 300	3.50-3.85	3.80-4.35	4.30-4.70	4.65-4.90	5.00-5.50	5.40-5.90	
Canto Rodado Medio	300 - 400		4.35-4.75	4.70-4.95	4.90-5.30	5.50-5.60	5.90-6.00	
Canto Rodado Grueso	400 - 500 o más			4.95-5.35	5.30-5.50	5.60-6.00	6.00-6.20	

Fuente : Hidráulica de Sedimentos, Arturo Roccha F.

### 8.1.3 PERFIL LONGITUDINAL:

Se ha tratado de mantener el perfil natural del río (Ver planos P-01, P-02, P-03); en tramos donde existe un desfase del eje natural por hacer las correspondientes correcciones y proteger la erosión de las riberas se produce movimientos de tierra generalmente en corte.

Las pendientes encontradas en el tramo (Ver cuadro 8.4) son en promedio  $S=0.018$  la cual es óptima para las condiciones de estabilidad según la sección de diseño y la naturaleza del cauce (ver acápite 6.1.1).

Si se efectúa una regulación de pendiente en el tramo, la recomendable es la pendiente de estabilidad  $S=0.018$ .

**CUADRO 8.4**

Est(Km)	Pend(%)	Est(Km)	Pend(%)	Est(Km)	Pend(%)
0.040	2.20	1.000	1.35	2.180	2.05
0.180	1.35	1.200	1.90	2.400	1.50
0.280	2.00	1.300	2.65	2.520	2.30
0.380	1.00	1.360	1.50	2.740	1.45
0.460	2.15	1.600	2.25	2.860	2.00
0.600	1.50	1.800	2.20	3.100	1.40
0.840	1.70	1.900	0.90	3.240	2.10
0.920	2.20	2.000	2.50		

Est = Estaca (Km); Pend = Pendiente natural del cauce

#### **8.1.4 DISEÑO DE ESTRUCTURAS LATERALES:**

Para el diseño de las defensas de enrocado es importante calcular la capacidad de socavación del río en el tramo de acuerdo con la sección típica definida (Ver figura 8.1), para poder proteger la cimentación de los muros y que no queden en el aire después de una avenida por los efectos de la socavación.

Se procederá seguidamente a calcular los parámetros correspondientes para el diseño.

#### **CALCULO DEL DISEÑO DE ENROCADO:**

##### **A. CALCULO DE LA SECCION GEOMETRICA:**

De acuerdo a la sección del proyecto definida en el acápite 8.1.1 tenemos:

$$\begin{aligned} Q &= 700 \text{ m}^3/\text{seg.} & b &= 29.5 \text{ m.} & z &= 1.5 \\ B &= 38.5 \text{ m.} & T &= 3.0 \text{ m.} \end{aligned}$$

Donde:

##### **Ancho promedio:**

$$b_m = ( B + b ) / 2 = 34 \text{ m.}$$

##### **Area mojada:**

$$A = T * b_m = 102 \text{ m}^2.$$

##### **Perímetro mojado:**

$$P = b + 2 * z * T * (1 + z^2)^{0.5} = 40.32 \text{ m.}$$

**Radio Hidráulico:**

$$R_h = A/P = 2.53 \text{ m.}$$

**PARA SECCIONES ANCHAS  $B > 30\text{m.}$**

**Tirante medio:**

$$t_m = T = A/B = 2.65 \text{ m.}$$

**Para las cargas de acarreo rigen los valores señalados con el índice "s":**

$$R_s = A_s/b_s = T * A_s/A = T * b_s/P = T * Q_s/Q = 2.2; (b_s=b)$$

$$Q_s = Q * b_s/P = 521.2 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

**B. PERFIL NORMAL DE REGULARIZACION:**

El perfil normal se determina sobre cálculos basados en la pendiente, la naturaleza del lecho y el caudal de diseño; este será lo suficientemente amplio para garantizar el escurrimiento de las aguas, el transporte de los acarreos y evitar la erosión del fondo del cauce, los resultados deberán ser comparados con tramos que han alcanzado el equilibrio.

**De Manning Strickler:**

$$V_m = K_s * R^{2/3} * S^{1/2} \dots \dots \dots (8.14)$$

Donde:

$V_m$  = Velocidad media (m/seg)

$R$  = Radio hidráulico (m)

$S$  = Pendiente = 0.018

$K_s$  = Coeficiente de rugosidad que depende del lecho natural del río = 22 (Ver cuadro 8.5)

Reemplazando valores tenemos:

en (8.14)  $V_m = 4.76 \text{ m/seg}$

$Q = V_m * A$

$Q = B * T * (K_s * T^{2/3} * S^{1/2} =$

$Q = B * K_s * T^{5/3} * S^{1/2} =$

Despejando T tenemos:

$$T = \left( \frac{Q}{K_s * B * S^{1/2}} \right)^{3/5} \dots \dots \dots (8.15)$$

Reemplazando valores tenemos:

en (8.15)  $T = 2.98 \text{ m.}$  Ok.

CUADRO 8.5

DESCRIPCION	$K_s$
Lechos naturales de ríos con fondo sólido sin irregularidades	40
Lechos naturales de ríos con acarreo regular	33 - 35
Lechos naturales de ríos con vegetación	30 - 35
Lechos naturales de ríos con derrubio e irregularidades	30
Lechos naturales del río con fuerte transporte de acarreo	28
Torrentes con derrubios gruesos (piedra del tamaño de una cabeza) acarreo inmóvil	25 - 28
Torrentes con derrubios gruesos, con acarreo móvil	19 - 22

Fuente: Bretschneider, Curso de regulación de ríos.

### C. PROFUNDIDAD DE SOCAVACION: METODO DE LIST VAN LEBEDIEV

Es necesario calcular la erosión máxima esperada en una sección al escurrir un caudal de diseño, para este fin es aplicable el método propuesto en cauces naturales definidos. La formula de la velocidad considerada erosiva, que es la velocidad media capaz de degradar el fondo, se expresa por:

**Velocidad Erosiva:**

$$V_e = 0.68 * D_m^{0.28} * \beta * T_s^\chi \dots \dots \dots (8.16)$$

Donde:

$V_e$  = Velocidad erosiva (m/seg)

$D_m$  = Diámetro medio del material del lecho = 35mm

$\beta$  = Coeficiente que depende de la frecuencia con que se repite la avenida que se estudia y cuyo valor se encuentra en el cuadro 8.6

$T_s$  = Tirante que corresponde a la profundidad a la que se desea evaluar  $V_e$ .

$\chi$  = Exponente característico para material no cohesivo ver cuadro 8.7

Para la aplicación de la formula se considera las consecuencias que producen las acciones artificiales como estrechamiento el cauce, correcciones en el alineamiento, presencia de puentes. La socavación se calcula considerando el tipo de suelo no cohesivo con rugosidad uniforme, ancho contraído B y tirante líquido inicial T.

$$Q = B * K_e * T^{5/3} * S^{1/2} =$$

$$Q = a * T^{5/3} * B$$

despejando a tenemos:

$$a = Q / (T^{5/3} * B)$$

La velocidad real  $V_t$  con profundidad incrementada a  $T_e$  disminuirá de modo que:

$$Q = V_t * T_e * B = a * T^{5/3} * B \quad \text{despejando } V_t \text{ tenemos:}$$

$$V_t = (a * T^{5/3}) / T_e$$

La erosión se detendrá cuando a una profundidad alcanzada se cumpla la condición de equilibrio:

$$V_e = V_t$$

Lo cual se verifica según:

$$0.68 * D_m^{0.28} * \beta * T_e^x = (a * T^{5/3}) / T_e$$

Donde tenemos:

$$T_e = \left( \frac{a * T^{5/3}}{0.68 * D_m^{0.28} * \beta} \right)^{\left( \frac{1}{x+1} \right)} \dots \dots (8.17)$$

Reemplazando valores tenemos:

$$\text{en (8.17)} \quad T_e = 4.35 \text{ m.}$$

Profundidad de Socavación:

$$H_e = T_e - T$$

$$\boxed{H_e = 1.35 \text{ m.}}$$

CUADRO 8.6

COEFICIENTE DE SOCAVACION

PROBABILIDAD ANUAL QUE SE PRESENTE EL GASTO DE DISEÑO	COEFICIENTE DE SOCAVACION $\beta$
00	0.77
50	0.82
20	0.86
10	0.90
5	0.94
2	0.97
1	1.00
0.3	1.03
0.2	1.05
0.1	1.07

*Fuente: Apuntes de hidráulica fluvial, Picandet Kreimer*

CUADRO 8.7

SUELOS COHESIVOS			SUELOS NO COHESIVOS		
P.ESP. Ton/m <sup>3</sup>	$\chi$	$1/(1+\chi)$	D (mm)	$\chi$	$1/(1+\chi)$
0.80	0.52	0.66	0.05	0.43	0.70
0.83	0.51	0.66	0.15	0.42	0.70
0.86	0.50	0.67	0.50	0.41	0.71
0.88	0.49	0.67	1.00	0.40	0.71
0.90	0.48	0.68	1.50	0.39	0.72
0.93	1.47	0.68	2.50	0.38	0.72
0.96	0.46	0.68	4.00	0.37	0.73
0.98	0.45	0.69	6.00	0.36	0.74
1.00	0.44	0.69	8.00	0.35	0.74
1.04	0.43	0.70	10.00	0.34	0.75
1.08	0.42	0.70	15.00	0.33	0.75
1.12	0.41	0.71	20.00	0.32	0.76
1.16	0.40	0.71	25.00	0.31	0.76
1.20	0.39	0.72	40.00	0.30	0.77
1.24	0.38	0.72	60.00	0.29	0.78
1.28	0.37	0.73	90.00	0.28	0.78
1.34	0.36	0.74	140.00	0.27	0.79
1.40	0.35	0.74	190.00	0.26	0.79
1.46	0.34	0.75	250.00	0.25	0.80
1.52	0.33	0.75	310.00	0.24	0.81
1.58	0.32	0.76	370.00	0.23	0.81
1.64	0.31	0.76	450.00	0.22	0.82
1.71	0.30	0.77	570.00	0.21	0.83
1.80	0.29	0.78	750.00	0.20	0.83
1.89	0.28	0.78	1000.00	0.19	0.84
2.00	0.27	0.79			

Fuente: Apuntes de hidráulica fluvial, Picandet Kreimer

**D. CALCULO DEL DIAMETRO MINIMO DE LAS ROCAS A USAR EN EL ENROCADO:**

Las rocas que se utilizaran en la construcción del enrocado serán provenientes de las 2 canteras ubicadas en la zona que cumplen con las condiciones de calidad exigidas para este tipo de trabajo (Ver Cap 6), cuyo peso y diámetro mínimo, se calcularan con la formula proporcionada por la Dirección de Caminos del Estado de California de los E.E.U.U.:

$$Peso.min = \frac{2 * 10^{-5} * V^6 * \gamma_{roca}}{SEN(\theta - \phi)^3 * (\gamma_{roca} - 1)} \dots (8.18)$$

Donde:

Peso.min = Peso mínimo de las rocas

$\theta$  - Angulo de rotura de las rocas =  $70^\circ$

$\phi$  - Angulo del talud del muro 1:1.5 =  $33.7^\circ$

$\gamma_{roca}$  = Gravedad específica de la roca = 2.65 Ton/m<sup>3</sup>

V = Velocidad del río en pies = 4.76/0.305 = 15.6 pies/seg

Reemplazando los valores tenemos:

en (8.18)                      Peso.min = 2206 lib = 1003 Kg.

Peso min = 1003 Kg.

**Diámetro Mínimo:**

$D_{min} = (1003/2650) = 0.72 \text{ m.}$

$$\boxed{D_{min} = 0.72 \text{ m.}}$$

## E. ESTABILIDAD DEL ENROCADO:

### 1. DESLIZAMIENTO:

La resistencia al deslizamiento de toda estructura sujeta a presiones laterales, es producida por el esfuerzo cortante a lo largo de la superficie de contacto entre la base de la estructura y el terreno de fundación. Es importante comprobar que la estructura propuesta es capaz de resistir a los deslizamientos, para ello se compara el valor del coeficiente de deslizamiento  $C_d$  que deberá a ser mayor o igual a 1.5.

$$C_d = \frac{\sum F_v * f}{\sum F_h} \dots \dots \dots (8.19) \quad (20)$$

Donde:

$\sum F_v$  = Sumatoria de las fuerzas verticales perpendiculares al plano de deslizamiento.

$\sum F_h$  = Sumatoria de las fuerzas horizontales paralelas al plano de deslizamiento.

$f$  = Coeficiente que depende de la naturaleza del terreno para este caso = 0.55

Calculo de las Fuerzas horizontales y verticales al plano de deslizamiento:

**Empuje Activo:**

$$E_a = \frac{K_a * \tau_s * H^2}{2} \dots \dots \dots (8.20)$$

$$K_a = \frac{\cos\theta - \sqrt{\cos^2\theta - \cos^2\phi}}{\cos\theta + \sqrt{\cos^2\theta - \cos^2\phi}} \dots (8.21)$$

**Empuje Pasivo:**

$$E_p = \frac{K_p * \tau_s * h^2}{2} \dots \dots \dots (8.22)$$

$$K_p = \frac{\cos\theta + \sqrt{\cos^2\theta - \cos^2\phi}}{\cos\theta - \sqrt{\cos^2\theta - \cos^2\phi}} \dots (8.23)$$

Donde:

$$\phi = 40^\circ$$

$$\theta = 45^\circ$$

$$\tau_s = 2.0 \text{ Ton/m}^3$$

$$f = 0.55$$

$$H = 3.5 \text{ hasta } 7.0 \text{ m.}$$

$$h = 1.5 \text{ m.}$$

Reemplazando tenemos:

$$\text{en (8.21)} \quad K_a = 0.34$$

$$\text{en (8.20)} \quad E_a = 16.68$$

$$\text{en (8.23)} \quad K_p = 1.72$$

$$\text{en (8.22)} \quad E_p = 3.88$$

en (8.19)

$$F.S.D = \frac{47.3 * 0.55}{12.80} = 2.03$$

$$F.S.D. = 2.03 > 1.5 \dots \dots \dots \text{ Ok.}$$

## 2. VOLTEO:

Para evitar el volteo de las estructuras, se hace la verificación que el coeficiente de volteo sea mayor o igual a 2; este coeficiente es el resultado de dividir la suma de los momentos estabilizadores entre la suma de los momentos de volcadura.

$$F.S.V. = \frac{\sum M_r}{\sum M_v} \dots \dots \dots (8.24)$$

Donde:

Mr = Momento resistente.

Mv = Momento de volteo.

Reemplazando valores tenemos:

$$\sum M_r = 3.88 * 1.5/3 + 9.7 * 2.5 + 37.6 * 5.4 =$$

$$\sum M_r = 229.23$$

$$\sum M_v = 16.68 * 7/3 =$$

$$\sum M_v = 38.02$$

Reemplazando valores tenemos:

$$\text{en (8.24)} \quad F.S.V. = 229.3/38.02 =$$

$$F.S.V. = 5.88 > 2 \dots \dots \dots \text{Ok}$$

## F. DISEÑO DEL FILTRO:

La capa de filtro deberá ser de un espesor mínimo de 25cm debiendo tener dos requisitos importantes:

1. Los espacios entre sus partículas deben ser lo suficiente pequeños como para que los finos de la

orilla no penetren dentro del material del filtro, evitando la obturación del filtro.

2. Los espacios entre las partículas deben ser lo suficientemente grandes para que el agua circule sin producir presiones excesivas y a una "V" determinada. El filtro se acerca al tipo de "pobremente graduado", para que avance fácilmente el agua.

Es decir el material de filtro deberá cumplir con los siguientes requisitos granulométricos:

- A.  $D_{15} \text{ del filtro} / D_{85} \text{ del suelo} < 4$

Nos previene contra la erosión interna y la tubicación, evita la migración del suelo dentro de las partículas de filtro.

- B.  $D_{15} \text{ del filtro} / D_{15} \text{ del suelo} > 5$

Nos da una "K" del filtro para que no se desarrollen esas presiones o fuerzas de infiltración.

- C.  $D_{50} \text{ del filtro} / D_{50} \text{ del suelo} \leq 25$

- D.  $D_{60} \text{ del filtro} / D_{10} \text{ del suelo} \leq 20$

Para que la curva no sea bien graduada porque sino no satisface la condición de permeabilidad.

**8.1.5 SECCIONES TRANSVERSALES  
DEL PROYECTO**

# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 0+000

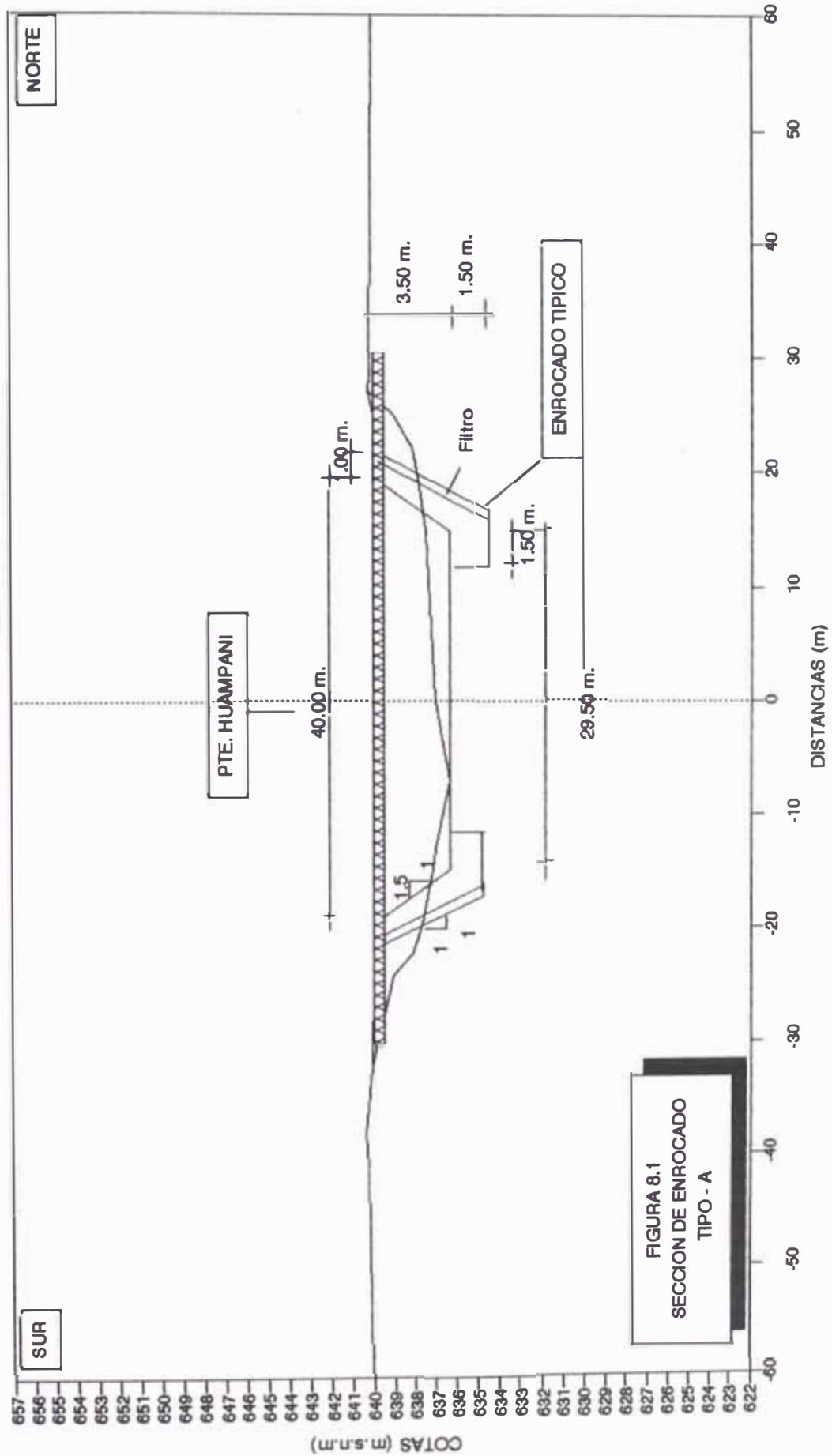


FIGURA 8.1  
SECCION DE ENROCADO  
TIPO - A

TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES  
SECCION 0+500

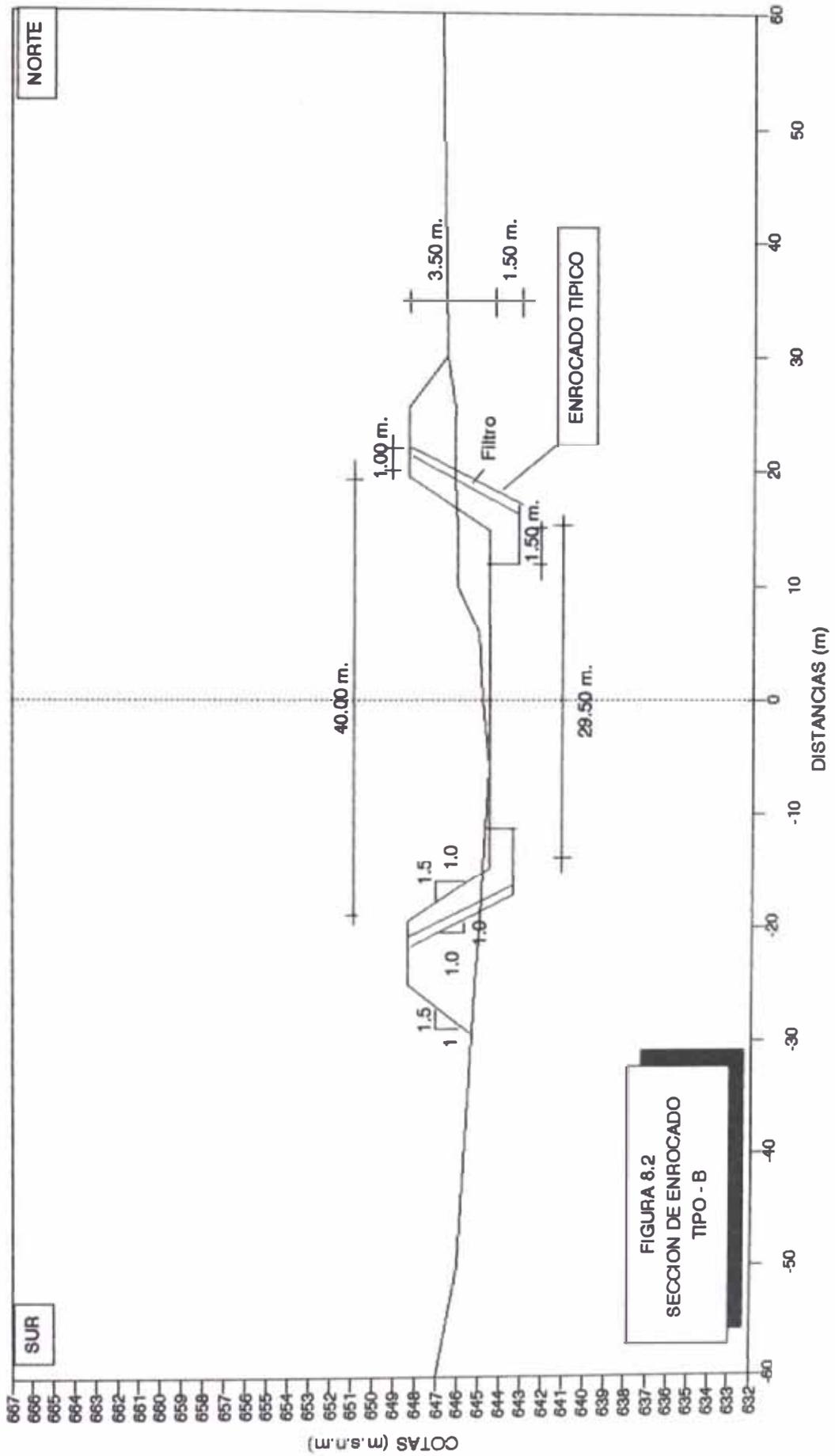


FIGURA 8.2  
SECCION DE ENROCADO  
TIPO - B

TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES  
SECCION 1+000

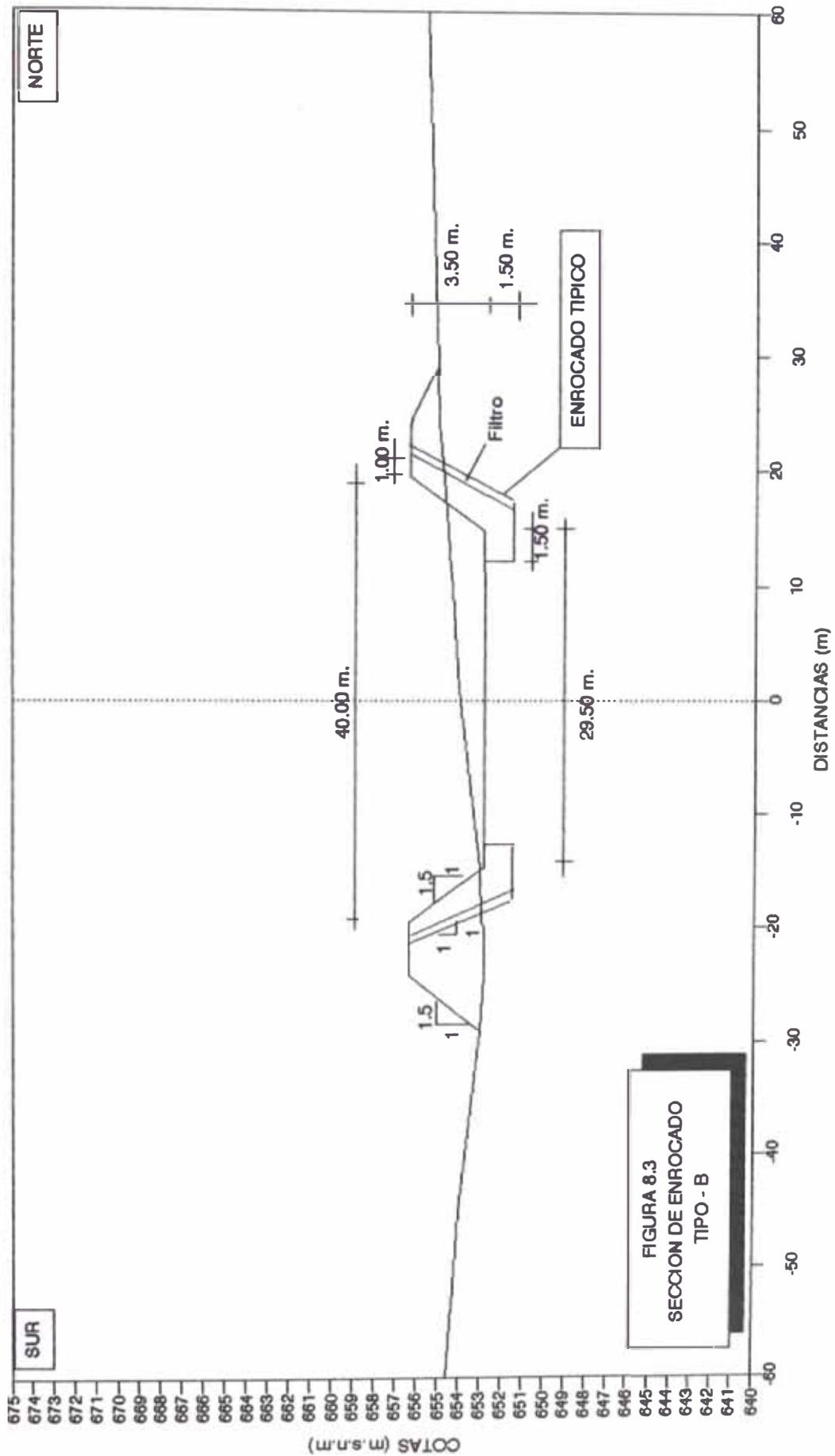
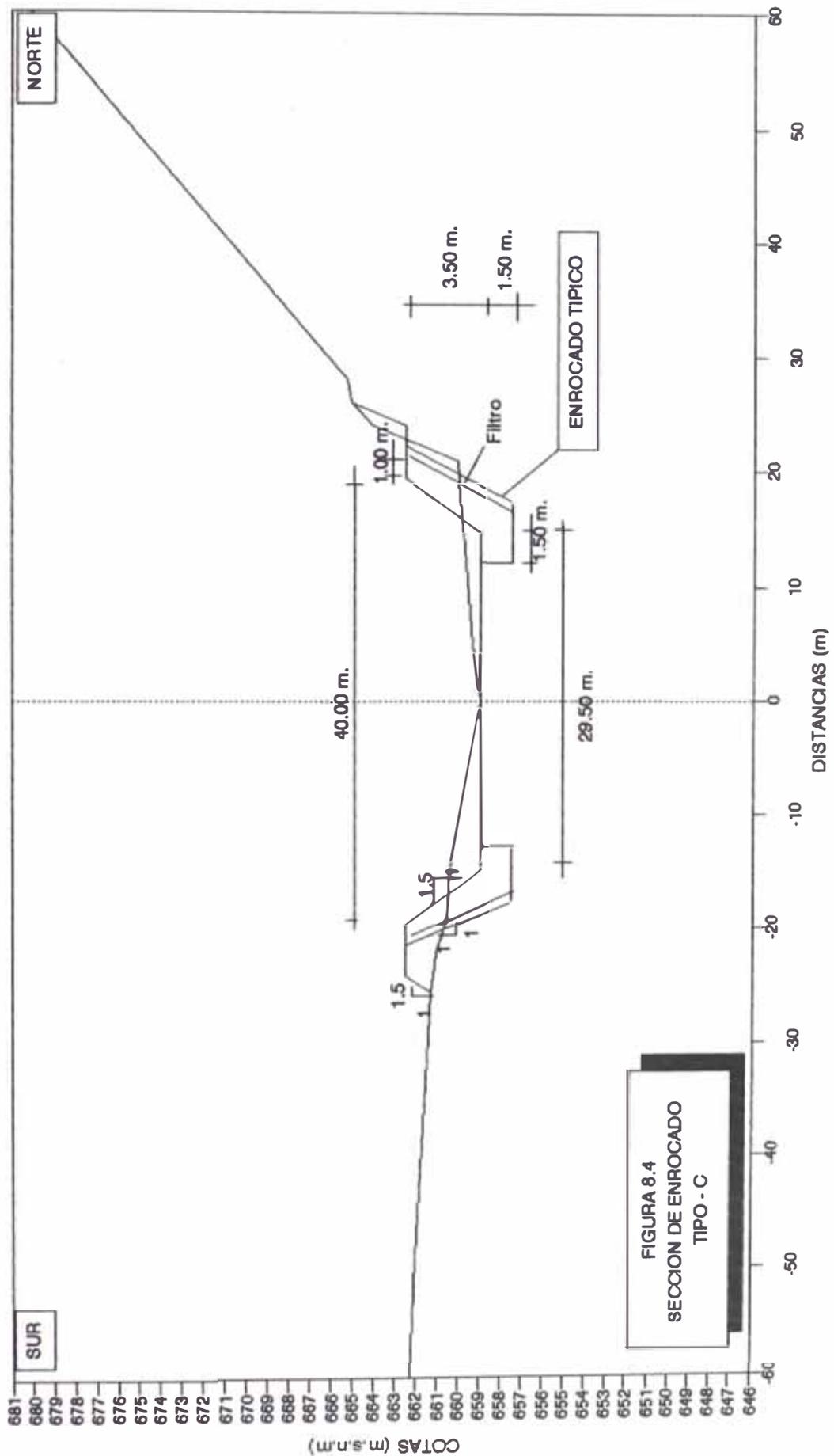


FIGURA 8.3  
SECCION DE ENROCADO  
TIPO - B

TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES  
SECCION 1+300



TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES  
SECCION 1+500

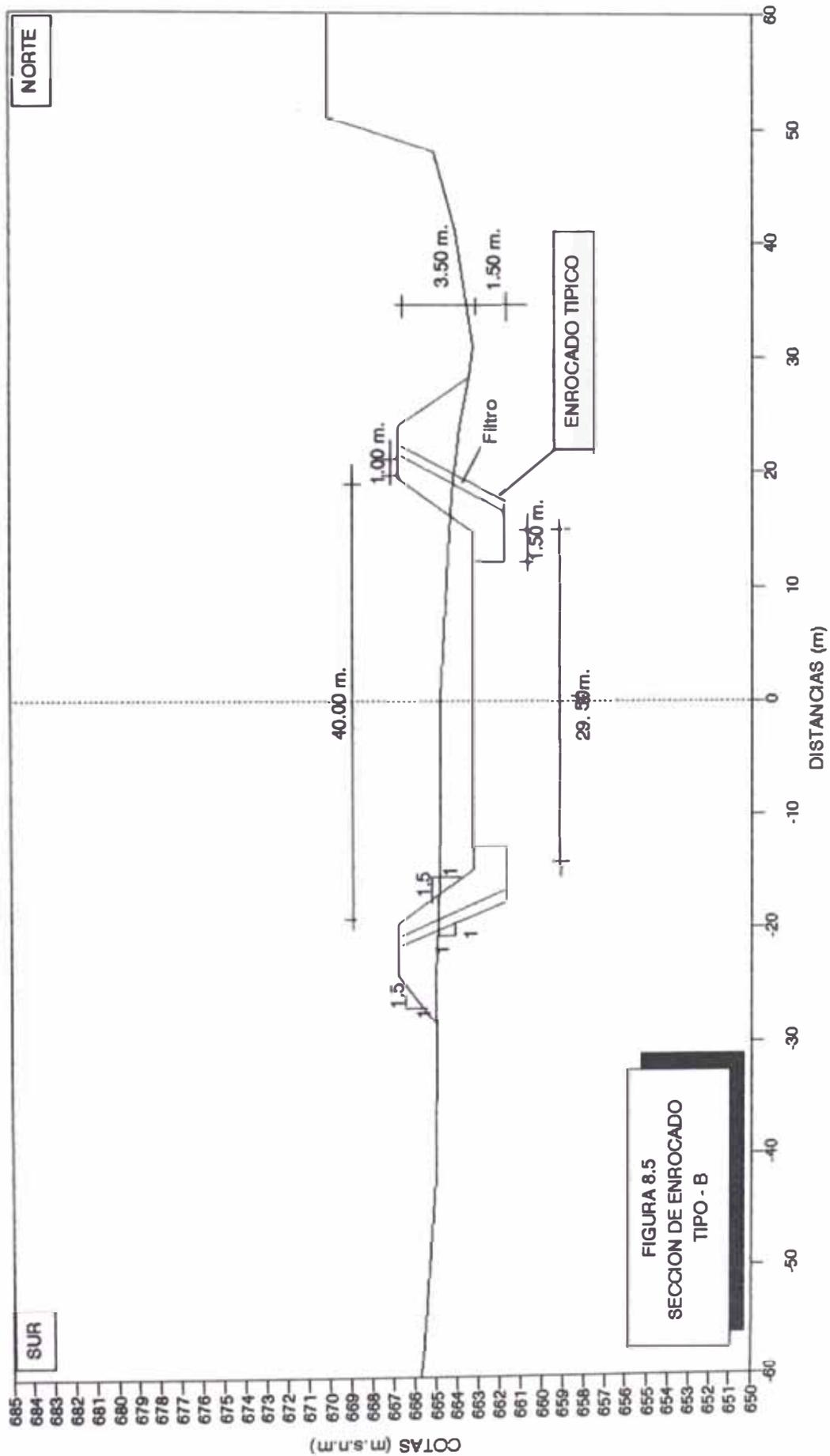


FIGURA 8.5  
SECCION DE ENROCADO  
TIPO - B

TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES  
SECCION 2+000

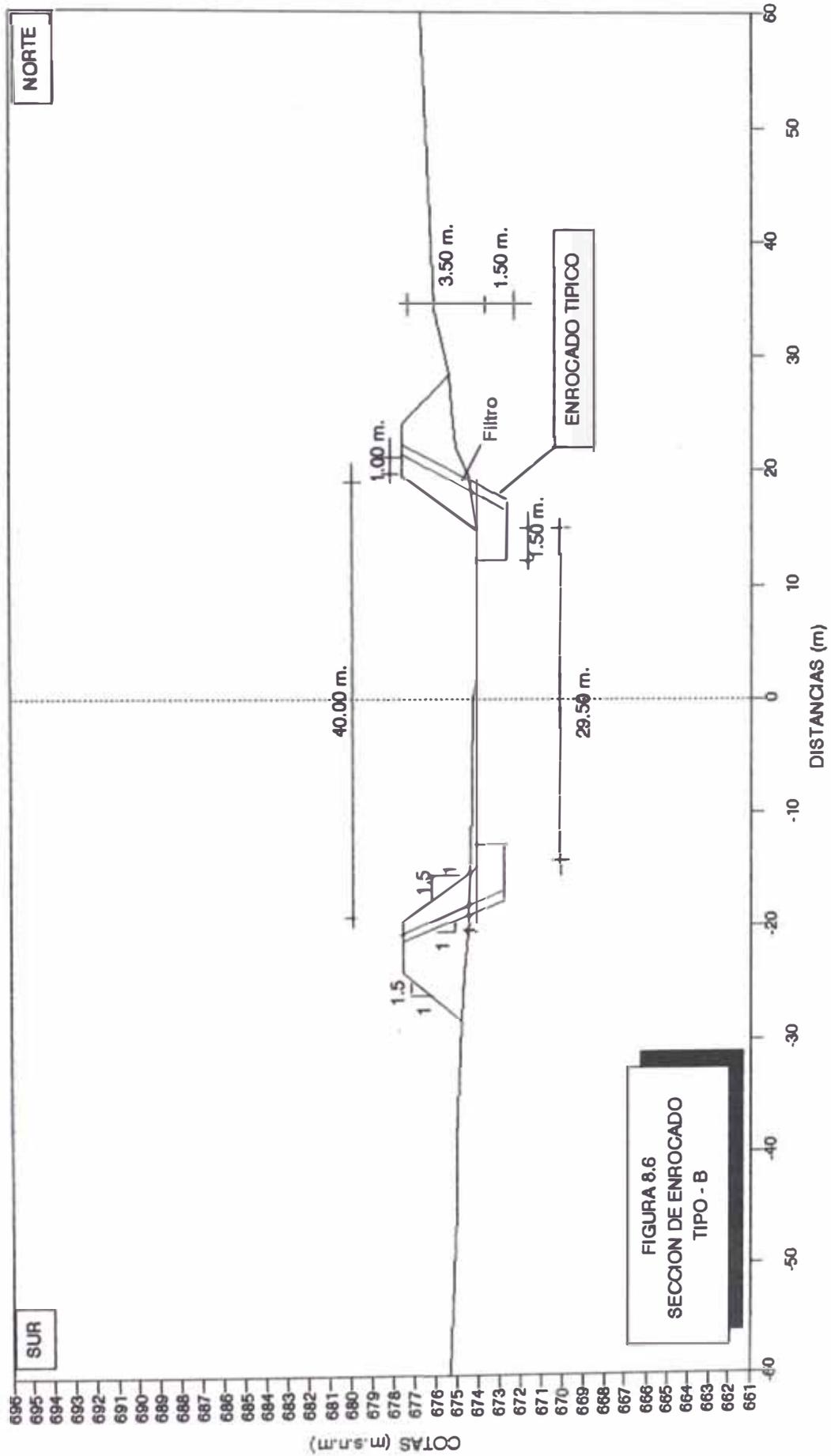


FIGURA 8.6  
SECCION DE ENROCADO  
TIPO - B

TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES  
SECCION 2+500

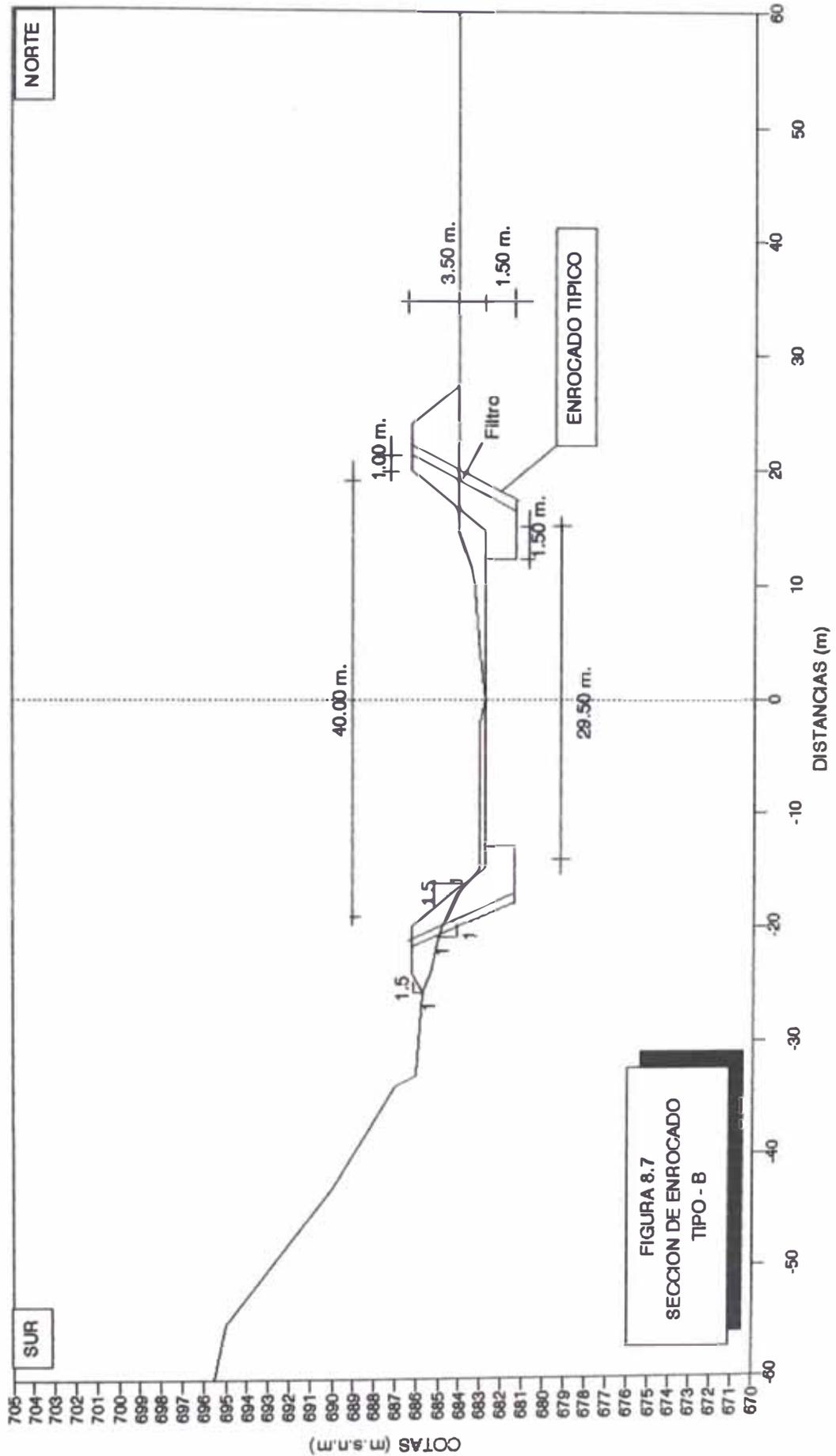


FIGURA 8.7  
SECCION DE ENROCADO  
TIPO - B

TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES  
SECCION 2+700

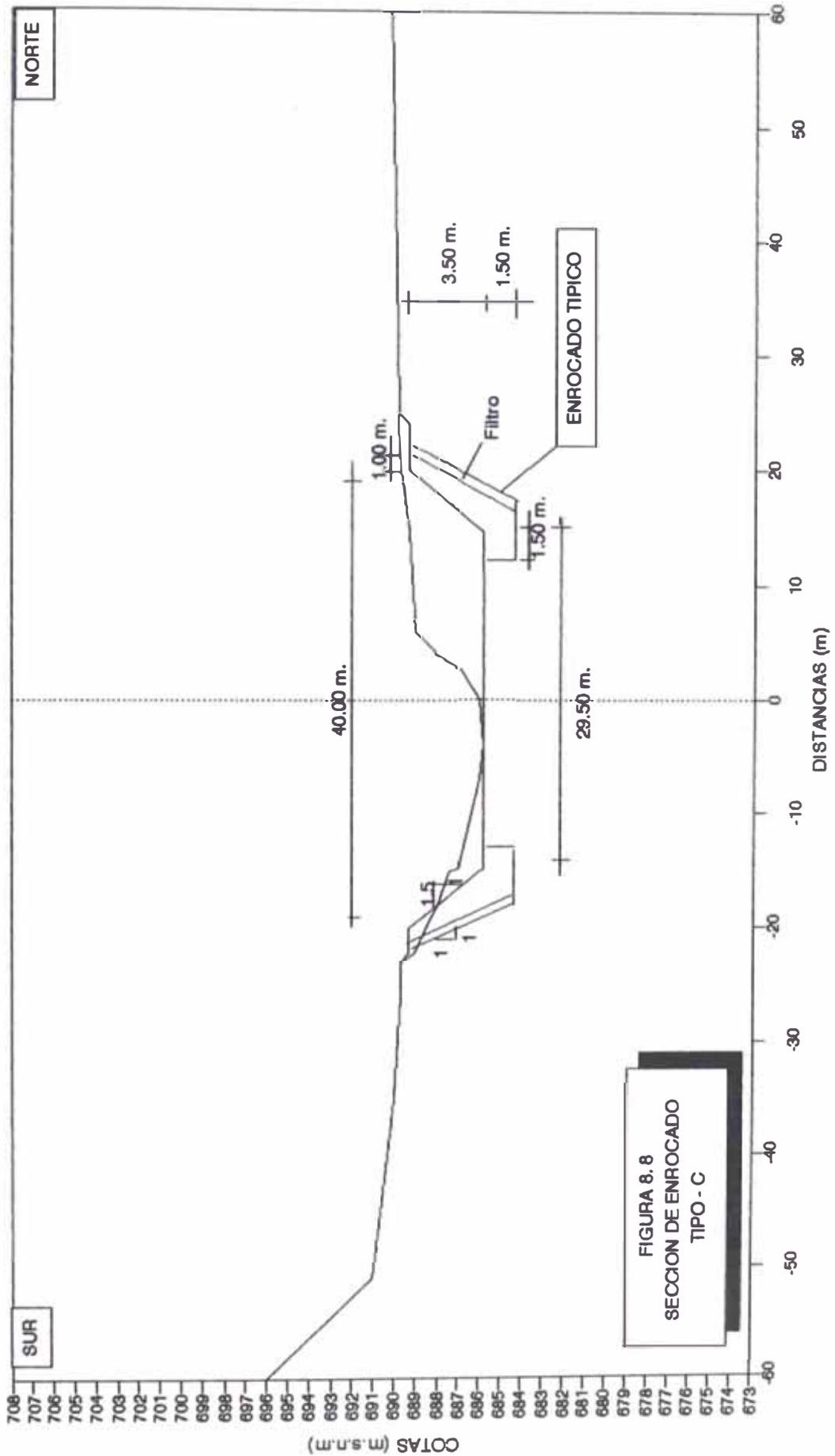
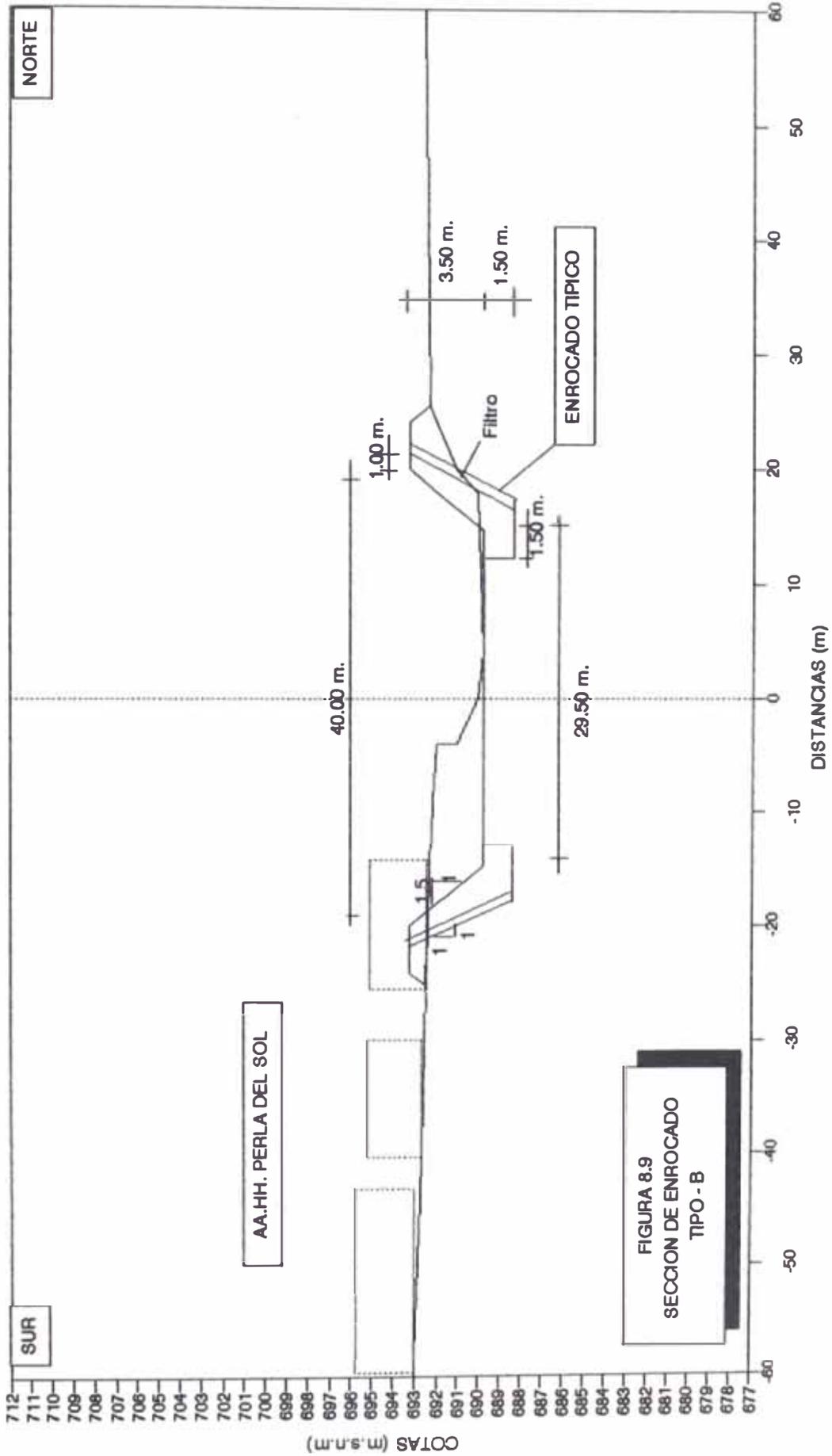


FIGURA 8.8  
SECCION DE ENROCADO  
TIPO - C

# TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES SECCION 2+900



TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES  
SECCION 3+000

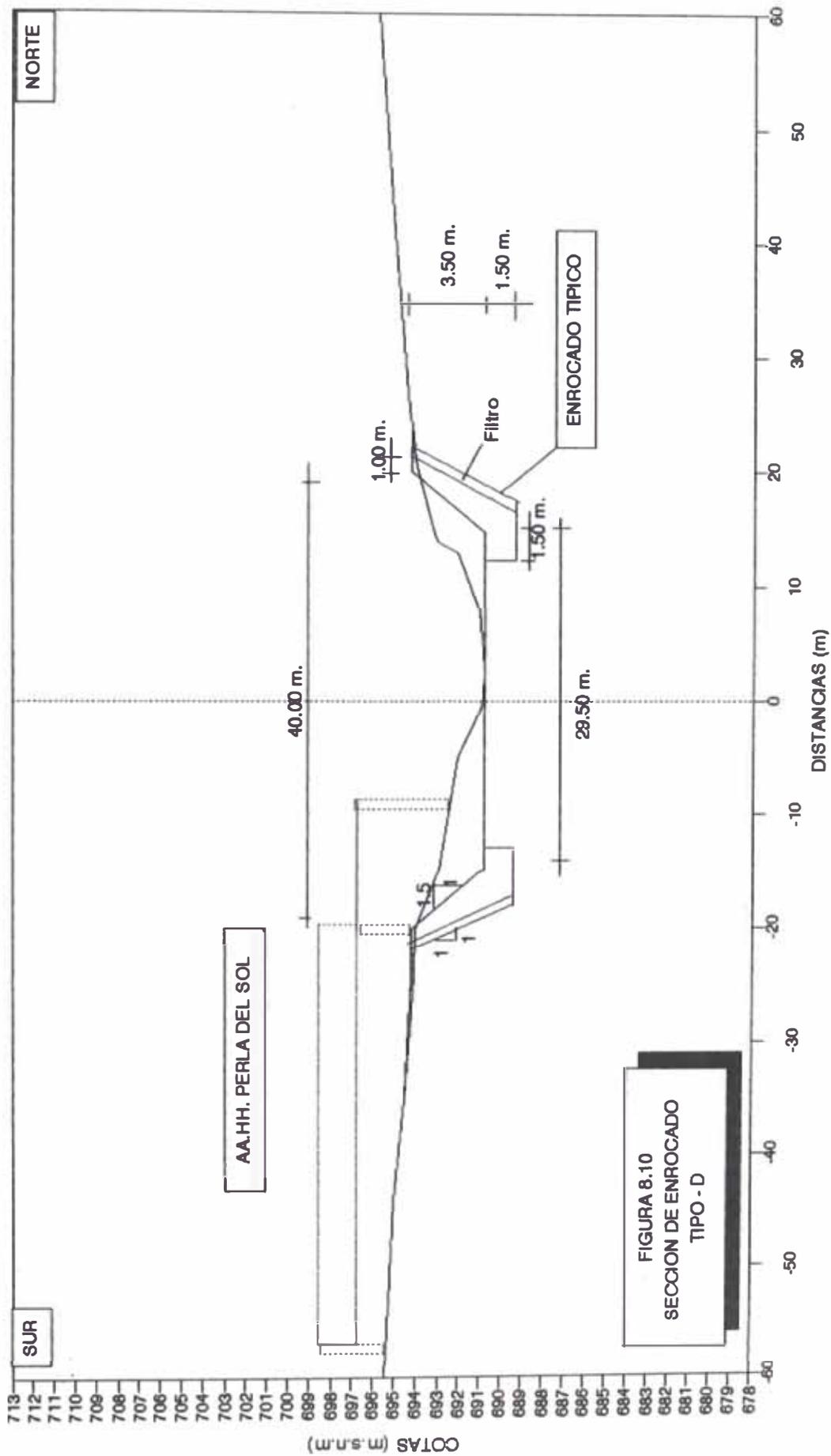


FIGURA 8.10  
SECCION DE ENROCADO  
TIPO - D

TRAMO PTE. HUAMPANI-PTE. LOS ANGELES  
SECCION 3+200

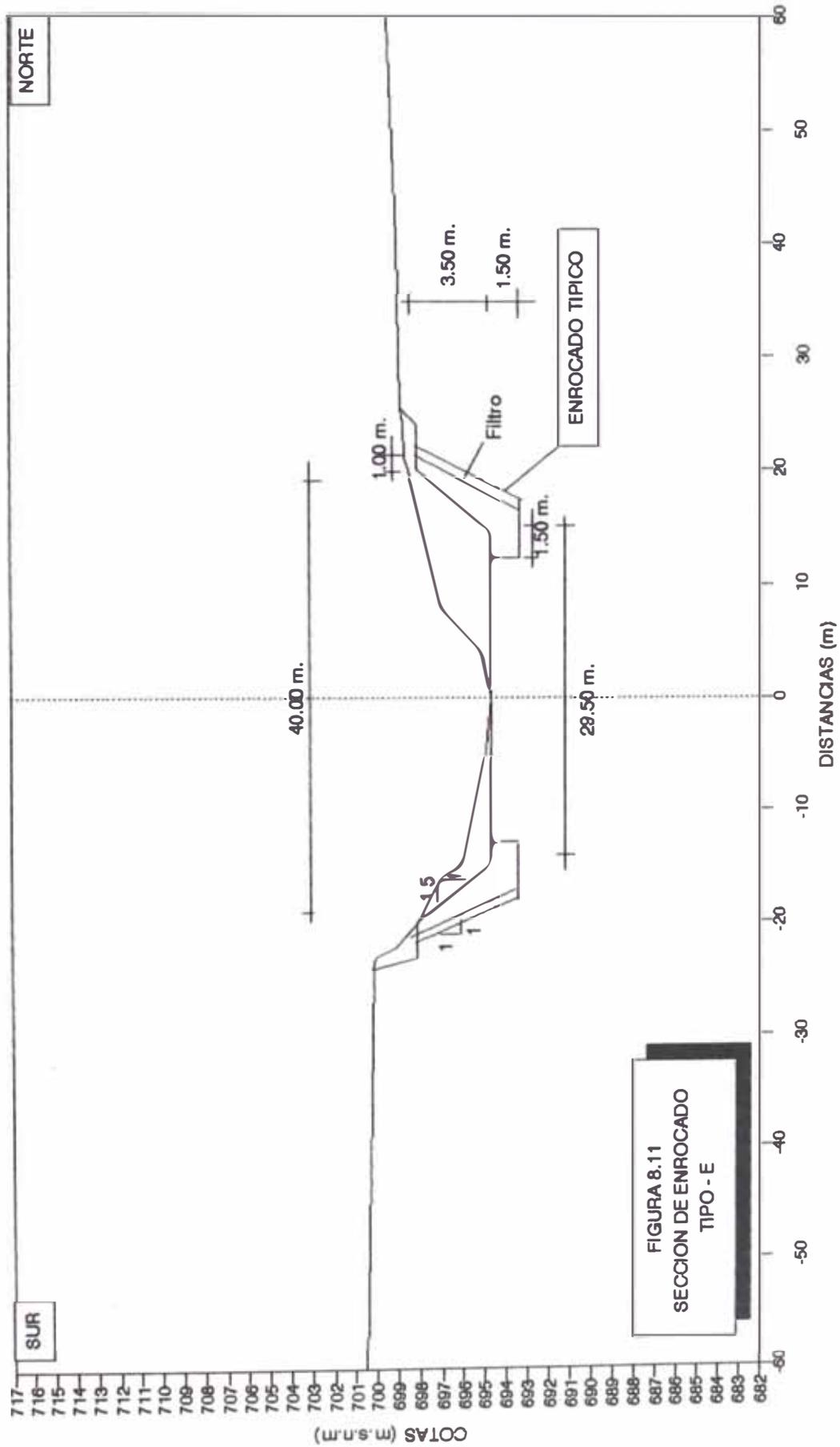


FIGURA 8.11  
SECCION DE ENROCADO  
TIPO - E

## 8.2 MODELO DE REUBICACION DEL AA.HH. "PERLA DEL SOL"

La solución de encauzamiento y canalización del río planteada, brinda seguridad a los pueblos ribereños del tramo, pero también afecta inevitablemente poblados que se encuentran ubicados en áreas consideradas de alto riesgo como es el caso del AA.HH. Perla del Sol, el cual presenta el mayor estrangulamiento antrópico del cauce (16m), con problemas de erosión lateral y socavación vertical acelerada.

El trazo del proyecto propone sus correcciones y lineamientos en ambas márgenes, el ensanchamiento del cauce a 40m uniformizando el tramo, obras de regulación lateral (Ver acápite 8.1), zonas ganadas al río por incorporar y zonas afectadas para su reubicación.

El área afectada por reubicar en Perla del Sol es aproximadamente 0.3 Ha. discriminada de la siguiente manera:

- . Parte de la cancha de fútbol (225m<sup>2</sup>)
- . Parte del colegio. (300 m<sup>2</sup>)
- . 10 lotes de 165 m<sup>2</sup>/lote, 7 hab/lotes en total 0.2 Ha de lotes para vivienda con 70 danmificados.
- . Los lotes afectados son de adobe o ladrillos sin columnas con techo de calamina o torta de barro, se encuentran de regular a mal estado.

Dado el nivel de riesgo en que se encuentran y los daños sufridos en años anteriores, los pobladores aceptan su reubicación.

- . En consecuencia se hace necesario la reubicación de la zona afectada en un área apropiada que les brinde seguridad.

La canalización trae ventajas como áreas ganadas al río que pueden ser aprovechadas como zonas de cultivo, uso recreacional (ZHR), áreas pobladas con poca densidad poblacional o lotes vivienda - cultivo (ZR1). Se han recuperado en total 4.5 Ha. en la margen izquierda del río distribuidas como se indica a continuación:

Zona	Area (Ha)	Uso Recomendado
Las Terrazas	1.0	Cultivo o ZHR.
Camal	1.5	ZR1 o Cultivo.
Monte Sta. Inés	1.5	ZHR
Santa Inés	0.5	ZHR

- . Se propone la utilización de las áreas recuperadas para la reubicación de los pobladores afectados y para la construcción de campos recreativos.

Para que el proyecto tenga éxito, es necesario la participación organizada de los pobladores ribereños con una adecuada dirección técnica, respaldada con normas de control y una autoridad que las haga respetar.

**CUADRO 8.8**

<b>EVALUACION DE LAS ZONAS AFECTADAS SIN PROYECTO</b>							
		AREAS		VIAS		VIVIEND.	HABIT.
		Ha.	%	C.C. (%)	FF.CC. (%)	%	%
<b>INUNDACION</b>	TR 10 AÑOS	28	31	--	5	15	20
	TR 100 AÑOS	45	49	--	35	30	40
	TR 1000 AÑOS	92	100	15	100	100	100
<b>HUAYCO</b>	TR 10 AÑOS	0.8	6	--	--	3.5	4
	TR 100 AÑOS	2.2	16	--	--	13	15
	TR 1000 AÑOS	13.7	100	--	--	100	100

<b>EVALUACION DE LAS ZONAS AFECTADAS CON PROYECTO</b>						
ALTERNATIVAS PROPUESTAS	AREAS		VIAS		VIVIEND.	HABIT.
	Ha.	%	PTE.	FF.CC. (%)	%	%
<b>CANALIZACION DEL RIO C - C</b>	0.5	0.5	--	--	6	8
<b>CONTROL DE TORRENTERAS CON MUROS DE PIRCA Y CANALIZACION DEL HUAYCO A - A</b>	0.8	6	MALA UBI- CACION PTE. PEREZ DE C. DESEMBOCA HUAYCO	--	3.5	4

<b>EVALUACION DE LA CANALIZACION DEL RIO ( PARA TR 100 AÑOS )</b>	AREAS AFECTADAS POR PROYECTO	CONDICION	Ha	%
			CON PROPIETARIO	0.4
	SIN PROPIETARIO		0.1	0.1
	AREAS GANADAS AL RIO	CONDICION	Ha	%
			CON PROPIETARIO	42
	SIN PROPIETARIO		5	5

NOTA: LOS PORCENTAJES REFERIDOS EN LOS CUADROS ANTERIORES SON TOMANDO COMO 100% A:  
 PARA LA RIBERA: AREA: 92 Ha. (FRANJA ESTUDIO), VIAS: CC: 3.5 Km., FF.CC.: 3.3 Km. (DESDE PTE. HUAMPANI HASTA PTE. LOS ANGELES) POBLACION: 2400 HAB, VIVIENDAS: 350 (ZONA RIBEREÑA) (DATOS TOMADOS EN LA ZONA)  
 PARA HUAYCOS: SE TOMO COMO 100% AL AA.HH. ALTO HUAMPANI ( ZONA I, ZONA II ) POR ESTAR POBLADAS  
 AREA: 13.7 Ha., VIVIENDAS: 400 LOTES, HABITANTES: 2800 (PLANO DE LOTIZACION - 1993)  
 SE CONSIDERA SOLO QUEBRADAS DE MARGEN DERECHA YA QUE DE ACTIVARSE AFECTARIAN A LA  
 CANALIZACION, LAS DE LA OTRA MARGEN AFECTAN A LA POBLACION DE CHACLACAYO

## **CAPITULO 9 : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 9.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

1. El crecimiento desordenado de la ciudad de Lima se debe a la falta de planificación; la necesidad de vivienda de pobladores con escasos recursos económicos en su mayoría inmigrantes del interior del país, los induce a ocupar zonas vulnerables a desastres como los conos de deyección de las quebradas o zonas inundables del río Rímac, aumentando el peligro mediante la construcción artesanal de "defensas" no planificadas técnicamente produciendo erosión y socavación de sus riberas. Es necesario aplicar una política de tratamiento integral de la cuenca con conservación de recursos y una debida planificación basada en proyectos integrales para prevención de desastres.

2. Existen estudios, para dar solución a los problemas de inundaciones y huaycos de la cuenca del Rímac, analizados en el Capítulo 3; los cuales actualmente no son tomados en cuenta y se siguen cometiendo los mismos errores por parte de los pobladores y autoridades debido a la desinformación existente. Estos proyectos nos brindan una importante información topográfica, hidrológica, hidráulica fluvial, geológica, geomorfológica, usos de tierras y plantean el encauzamiento del río con obras de defensa por tramos, pero falta actualizar debido a su antigüedad.

Uno de los mas completos es el de J.I.C.A. que realiza una evaluación a nivel de diagnóstico de toda la cuenca del

Rímac; nos da la zonificación del peligro de la cuenca señalando zonas con diferentes niveles de riesgo a desastres, formula un Plan Maestro para prevención de Desastres que toma en cuenta medidas estructurales (diseño de defensas) y medidas no estructurales como normas a aplicarse para control y prevención de desastres.

3. El diagnóstico situacional realizado en el Capítulo 4, nos da una idea del estado de vulnerabilidad de la zona estudiada, mostrando la mala distribución de las tierras, encontrando poblados como Perla del Sol, Santa Inés Bajo, Monte Santa Inés, etc. situados en pleno cauce del río.

Los pueblos situados en plena zona inundable no tienen ningún tipo de medida de prevención contra inundaciones en sus construcciones ni en la organización de su población, solo se preocupan cuando son afectados.

La construcción de defensas sin planificación, afectan el comportamiento del río y se contraponen a un futuro proyecto de canalización.

Acciones antrópicas efectuadas como el estrangulamiento del río (Perla del Sol), desvíos (Zona de relleno en el Camal, gaviones contruidos en Las Haras El Embrujo), obstrucción y modificación del cauce del río (con defensas colapsadas en pleno lecho sin sacarlas), afectan directamente a las obras de defensas existentes y causan efectos de socavación poniendo inestables las defensas que luego colapsan.

La limpieza del río sin dirección técnica, hacen que acumulen los sedimentos en zonas inadecuadas desviando el curso del río afectando las riberas.

Crece aceleradamente la contaminación, encontrando numerosos focos de infección a lo largo del tramo como el arrojado de basura y sustancias tóxicas al río, así como desagües clandestinos desembocando directamente al río.

4. La geomorfología local nos muestra la presencia de tres terrazas características; la más baja T0 compuesta por conglomerados en matriz arenosa comprende el cauce actual del río, la T1 compuesta por material arenoso con presencia de clastos y en algunas zonas presencia de limos por ser áreas de cultivo, la T2 de material arcilloso con lentes de arena gruesa y cantos rodados pequeños en la parte más baja; es la terraza más antigua afectada en algunos tramos por la erosión del río .

5. La mayor actividad geodinámica de la zona se realiza en la terraza más baja, siendo la erosión de las riberas, socavación vertical e inundaciones en épocas de avenidas las más comunes.

6. Para realizar la zonificación del peligro de inundaciones se realizó el levantamiento topográfico del área inundable a escala 1:1000, la evaluación de defensas, localización de puntos críticos y se estimó caudales para diferentes tiempos de retorno. En base a estos datos se

elaboro el plano de zonificación que nos da una idea global de las zonas sujetas a inundación y la frecuencia de espera según el nivel de amenaza.

7. Para el caudal de diseño de las obras de defensa propuestas se considero el caudal mas critico obtenido de los métodos probabilísticos de los diferentes estudios realizados en la cuenca del Rímac mas el caudal de aporte mas crítico de las quebradas aguas arriba del inicio del proyecto (Pedregal) para un período de retorno de 100 años.

8. El transporte de sedimentos es muy importante ante la alternativa de encauzar el río, para preveer cualquier problema sedimentológico o de degradación del lecho. Para tal efecto se analizaron las muestras correspondientes a tres secciones ubicadas a la altura de los tres puentes existentes en tramo, realizando los respectivos ensayos de granulometría, peso específico, relación de vacíos que sirvieron para determinar las características de los solidos transportados y la máxima cantidad de sedimentos que es capaz de transportar el río en la zona en caso de tener el material disponible.

9. El material del cauce sobre el cual se colocaran las defensas propuestas es una grava mal graduada con 36% de arena y 5% de finos en promedio, se caracteriza por ser suelos estables y resistentes frente a la erosión del

agua, fáciles de compactar y de excelente facilidad de tratamiento en obra.

10. Se propone el aprovechamiento de los materiales disponibles en la zona para la construcción de las obras de defensa. El material granular del cauce y las canteras de roca localizadas, son los materiales disponibles de mas bajo costo y de mejor comportamiento para usar en obras de encauzamiento del río y huaycos, el conocimiento de lo que significa la roca como elemento de alta y comprobada resistencia a la erosión frente a cualquier otro material convencional, debería ser condición para ser usada en las diferentes obras de defensa.

11. Si una avenida encuentra obstruido su paso, por más pequeña que sea, puede causar mucho más daño que una gran avenida que encuentra su cauce limpio y regulado, entonces la propuesta de canalización y un mantenimiento periódico con limpieza del cauce inmediatamente después de una avenida o antes de la temporada de lluvias es aceptable.

12. Generalmente existe un desconocimiento de las condiciones geotécnicas locales sin las cuales es casi imposible tomar medidas de prevención y/o plantear alternativas para soluciones realistas, frente al peligro que significan las inundaciones para los asentamientos humanos que se emplazan en áreas críticas, principalmente dentro del cauce inundable del río.

13. La información básica desarrollada nos permite dar una evaluación geotécnica detallada del tramo y alternativas para la solución del problema. La propuesta difiere por su nivel, de otras a nivel de diagnóstico, se propone el uso de tecnología adecuada que responda a las condiciones y realidad de la zona, complementado con observación en campo y conocimiento de la problemática del fenómeno.

14. La zonificación del peligro realizada nos proporciona datos importantes como:

La franja inundable calculada para un caudal de un Tr de 10 años afectará a 28 Ha. (31%), 5% del FF.CC., 15% de viviendas ribereñas y 20% de sus pobladores. No afecta la Carretera Central.

En caso de una avenida extraordinaria calculada para Tr=100años, de aprox. 700 m<sup>3</sup>/seg., afectarán al 30% de viviendas y a un 40% de pobladores ribereños; la Carretera Central será la vía de evacuación principal ya que no será afectada, el FF.CC. quedará interrumpido porque se afectará en un 35%. En caso de activarse las quebradas afectará a un 15% de la población de los AA.HH. situados en ellas y de activarse la quebrada de la zona II afectaría al puente Peatonal Pérez de Cuéllar por encontrarse en plena desembocadura del cono de deyección del huayco.

15. Se plantea una planificación de la zona basada en la zonificación del peligro con medidas de prevención a

desastres, en base al cual se recomienda un reordenamiento del lugar mediante la reubicación de poblaciones situadas en zonas de alto riesgo que interfiera a la alternativa de encauzamiento propuesta, cambio de uso de los suelos, mejoramiento del medio ambiente mediante la forestación con especies apropiadas a la zona, vías de acceso bien planificadas. La zonificación vigente actualmente es la propuesta por la Municipalidad de Lima que esta basada en parámetros urbanísticos con indicadores sociales, económicos y ecológicos mas no los referentes a prevención de desastres.

16. La evaluación de la canalización nos da como resultado que las áreas afectadas por el proyecto son 0.4 Ha. con propietarios en las cuales existen viviendas, significan el 0.4% y será necesario reubicarlas. Existirán áreas ganadas por el proyecto sin peligro de inundación de aproximadamente 47 Ha significando un 50% del total de áreas existentes en la franja ribereña, las que podrán ser aprovechadas en la reubicación de los pobladores afectados y en la construcción de zonas recreacionales; de las cuales 5 Ha que son el 5% no tienen propietario.

17. Que las autoridades no sigan permitiendo que los nuevos pobladores invadan cauces inundables de ríos o quebradas activas, por que se iniciarían nuevos problemas y apliquen a mediano plazo las leyes que viene promulgando el gobierno acerca de la gestión integrada de manejo de

cuencas; con el fin de crear recursos propios para financiar los proyectos hídricos a nivel de cuenca y ejecutar estudios para su mejor desarrollo ecológico.

18. Que los dirigentes de las zonas ribereñas y cauces de quebradas, entablen un diálogo con las autoridades, a fin compenetrarse con el problema y colaborar en la ejecución de las obras de defensa, que beneficiará a ambas partes.

19. Que Defensa Civil, no siga efectuando limpiezas indiscriminadas del cauce sin dirección técnica ya que debilitan la coraza del lecho y lo desvían, afectando las terrazas colindantes con el río Rímac, las cuales pueden iniciar un proceso de erosión regresiva en la zona actualmente modificada.

20. Después de una avenida, se debe proceder de inmediato a la limpieza del cauce y reforzamiento de las defensas afectadas para que tengan un período de vida duradero, las cuales deben obedecer a un futuro proyecto integral.

21. Se debe especializar a los pobladores de estas zonas, en los trabajos con roca y aplicarlas en la construcción de sus defensas aminorando su costo, por ser un material de resistencia comprobada a procesos geodinámicos latentes como la erosión lateral producida por el río o por un huayco.

## **CAPTULO 10 : BIBLIOGRAFIA**

## 10.0 BIBLIOGRAFIA:

1. Diagnóstico del Peligro, Riberas del Rímac Tramo  
Puente Ricardo Palma - Puente Huampaní.  
- PREDES - Ing. Alberto Martínez V. - 1992.
2. Diseño de Propuesta PREDES Meta N° 4 1992.  
Tratamiento del Peligro A.H. Perla del Sol.  
- Ing. Alberto Martínez V. - 1992.
3. Décimo Congreso Nacional de Ingeniería Civil.  
- Lima, Noviembre 1994.
4. Defensas Ribereñas del río Rímac. Sector Pte. Ricardo  
Palma - Pte. Los Angeles.  
- Tesis de grado para optar el título de Ingeniero  
Civil - UNI. Elizabeth León Chinchay, 1994.
5. Diseño de Obras Hidráulicas.  
- ACI - 1ra. Edición, Noviembre 1994.
6. Encauzamiento parcial del río Rímac.  
- Tesis de grado para optar el título de Ingeniero  
Civil - UNI. Jorge Laredo Reyna. Lima 1993.
7. Estudio de Ingeniería de la Autopista Lima - Ricardo  
Palma y encauzamiento parcial del río Rímac.  
- TAMS , P y V Ingenieros 1983.
8. Estudio de Factibilidad de una Cantera en la comunidad  
de Yanacoto - Chosica.  
- Tesis - UNI. Ortiz Rodriguez Javier.
9. Estudio Geodinámico de la Cuenca del río Rímac.  
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección  
general de Geología, Lima 1988.
10. Geotécnia para Ingenieros. Principios Básicos.  
- Alberto Martínez Vargas. Vol 1. Lima 1990.
11. Hidráulica de Canales.  
- Máximo Villón B. Lima 1985.
12. Hidráulica de los Canales Abiertos.  
- Ven Te Chow. 2da Edición. México, 1983.
13. Hidráulica de Sedimentos.  
- Arturo Rocha Félizes, Lima-1990.
14. Huaycos e Inundaciones en el valle del Rímac.  
- CIED - PREDES, Lima 1985.
15. Lineamientos. Estudio del Peligro en Chosica para la  
Planificación y prevención.  
- PREDES Ing. Alberto Martínez Vargas - 1992.

16. Manual de Diseño de Obras Civiles.  
- Comisión Federal de Electricidad. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Hidráulica Fluvial. México 1981.
17. Mecánica de los Fluidos.  
- Victor L. Streeter. Edic. Mac Graw Hill, Bogotá, 1977.
18. Mecánica de Suelos Tomo I. Fundamentos de la Mecánica de Suelos.  
- Juárez Badillo Rico Rodríguez. 3ra. Edición. México, 1985.
19. Mecánica de Suelos.  
- T. William Lambe - Robert V. Whitman. Primera edición 1972. Reimpreso en México 1990.
20. Plan Maestro J.I.C.A. - 1988.... Volumen I,II,III,IV.
21. Plan de Defensa Contra Inundaciones.  
- Tesis de Grado para optar el título de Ingeniero Civil - UNI. Susana Hagi Shironoshita. Lima 1993.
22. Proyecto de Encauzamiento del río Rímac, Sector Puente Los Angeles - Puente Huachipa.  
- PREDES Ing. Juvenal Medina - Julio Olivera 1985.
23. Reglamento Nacional de Construcciones, Reglamento Provincial de Construcciones de Lima.  
- Undécima Edición, CAPECO, Lima 1994.