

ANEXO 9.0

ESTUDIO DE PELIGRO INUNDACIÓN

Golder Associates Perú S.A.

Av. La Paz # 945

Miraflores, Lima 18, Perú

Telf.: (51-1) 6101700

Fax: (51-1) 6101720

www.golder.com



INFORME

ESTUDIO DE PELIGRO DE INUNDACION EN LA PAMPA MELCHORITA

Preparado para:

Perú LNG S.R.L.

Av. Víctor Andrés Belaúnde 147

Vía Principal 140. Torre Real Seis Of. 503

San Isidro, Lima 27, Perú

DISTRIBUCIÓN:

2 Copias - Perú LNG S.R.L.

1 Copia - Golder Associates Perú S.A.

Febrero, 2005

059-4311

Golder Associates Perú S.A.

Av. La Paz # 945
Miraflores, Lima 18, Perú
Telf.: (51-1) 6101700
Fax: (51-1) 6101720
www.golder.com



28 de febrero de 2005

059-4311

Perú LNG S.R.L.

Av. Víctor Andrés Belaúnde 147
Vía Principal 140. Torre Real Seis Of. 503
Lima 27, Perú

Atención: James Pasternak

REF: ESTUDIO DE PELIGRO DE INUNDACION EN LA PAMPA MELCHORITA

Estimado Sr. Pasternak:

Por medio de la presente, le hacemos llegar dos (02) copias del Informe de la referencia.

En caso de requerir alguna aclaración con relación al presente informe, no dude en consultarnos.

Atentamente,

GOLDER ASSOCIATES PERÚ S.A.

Jorge Tovar Pacheco
Gerente de Proyecto

RESUMEN EJECUTIVO

Perú LNG S.R.L. (Perú LNG) viene desarrollando un proyecto de exportación de gas natural licuefactado (GNL). La planta de licuefacción está ubicada en una zona árida costera, en la denominada Pampa Melchorita, entre los kilómetros 167 y 170 de la carretera Panamericana Sur.

Durante el proceso de solicitud para la construcción de la Planta de Licuefacción del Gas de Camisea, el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía (OSINERG) ha expresado su preocupación respecto a que la planta pudiera ser inundada debido a un evento de lluvia extraordinario, hecho que ha conllevado a la ejecución del presente informe técnico.

La zona en estudio está ubicada entre las cuencas de los ríos Cañete y Topara, donde se han identificado cinco intercuencas, cuatro de ellas con la cabecera por debajo de los 500 msnm, y Culebrillas, la de mayor extensión, con su punto más alto a 1800 msnm. El relieve de la zona es llano o suavemente ondulada hasta los 500 msnm, donde la característica principal es el drenaje difuso de las quebradas cuando se aproximan hacia la línea de costa, dando lugar a las vegas. Por encima de esta cota, se erigen las estribaciones de la Cordillera Occidental de la Costa.

Las únicas evidencias de huayco se ha observado en la cuenca de la quebrada Culebrilla, con algunos flujos de lodo que al discurrir por las pampas de la quebrada Cansa Caballo se disiparon completamente sin llegar a la carretera Panamericana Sur. Según información recogida en el lugar, éstas corresponden a huellas de avenidas que ocurrieron durante las últimas 6 décadas.

En las demás intercuencas (pampas Cañete, Melchorita y Cinco Cruces), no se han observado evidencias de flujos de lodo, tanto por la escasez de lluvias en el área como por la reducida extensión de las cuencas. En el ámbito del área de estudio, la carretera Panamericana carece de alcantarillas y carece de indicios de flujos de agua o lodo, indicativo de que la carretera fue diseñada considerando la aridez de la zona.

No existe posibilidad de un trasvase desde las intercuencas vecinas a la Pampa Melchorita debido a que estas vegas están flanqueadas por colinas y desniveles de 25 a 30 m con respecto al fondo del cauce. El área que representaría la mayor probabilidad de un trasvase o desborde es el ramal derecho de la Pampa Cañete; cuya área de drenaje es de 8 km². Sin embargo, el flujo que podría generarse en esta sección es de sólo 0,46 m³/s, que no sobrepasaría el desnivel natural mínimo de 1,0 m que existe entre ambos drenajes.

El análisis de avenidas de la quebrada, la de mayor extensión en el ámbito de la planta de GNL, indica que el caudal pico sería de 10,22 m³/s. Sin embargo, este caudal discurriría por un cauce de unos 500 m de ancho y 25 m de desnivel con respecto de las divisorias de cuenca.

El análisis de avenidas concluye que una tormenta de 36 mm de intensidad (correspondiente a 150 años de retorno), generaría un caudal instantáneo de $0,32 \text{ m}^3/\text{s}$ en la vega de la Pampa Melchorita. Este caudal no significa peligro alguno para la planta de licuefacción, puesto que representa un tirante menor que 0,01 m en una sección de 100 m de ancho. Siendo el terreno de arenas eólicas y conglomerados muy permeables y secos, el caudal generados se infiltraría al subsuelo antes de llegar al área de la planta de GNL.

TABLA DE CONTENIDOS

<u>SECCIÓN</u>	<u>PÁGINA</u>
RESUMEN EJECUTIVO	I
TABLA DE CONTENIDOS	III
1.0 INTRODUCCION	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Metodología del Estudio	1
1.3.1 Revisión de Información	2
1.3.2 Reconocimiento de Campo	2
1.3.3 Gabinete e Informe	2
2.0 CARACTERIZACION HIDROLÓGICA Y FISIAGRÁFICA REGIONAL	3
2.1 Fisiografía e Hidrografía	3
2.2 Pluviometría	4
2.3 Precipitaciones Máximas	5
3.0 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE INTERCUENCAS EN EL ÁMBITO DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GAS	6
3.1 Hidrometeorología	6
3.1.1 Relación entre la Precipitación Media Anual y la Altitud	6
3.1.2 Valores Extremos de Precipitación en 24 horas	7
3.2 Fisiografía e Hidrografía	8
3.2.1 Cuenca de la Quebrada Culebrilla	9
3.2.2 Intercuenca Pampa Cañete	10
3.2.3 Intercuenca Pampa Melchorita	10
3.2.4 Intercuenca Pampa Cinco Cruces	11
3.3 Cálculo de Avenidas	11
4.0 EVALUACIÓN DEL PELIGRO EN LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN	14
5.0 CONCLUSIONES	15
6.0 BIBLIOGRAFIA	16

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1	Precipitación Promedio Anual en la Cuenca del Río Cañete	4
Tabla 2-2	Precipitaciones Máximas Diarias Registradas en Estaciones Cercanas	5
Tabla 3-1	Precipitaciones Máximas Extremas Calculadas para la Estación Cañete	7
Tabla 3-2	Precipitaciones Máximas Extremas Calculadas para Estaciones del Río Pisco	8
Tabla 3-3	Características Hidráulicas de las Cuencas Evaluadas	12

Tabla 3-4	Resultados del Análisis de Avenidas.....	12
Tabla 3-5	Profundidades de Flujo de Avenidas.....	13
Tabla 3-6	Diámetros Críticos de Partículas Removidas por una Avenida	13

LISTA DE FOTOS

Foto 1	Vista aguas arriba de la quebrada Cansa Caballo. .
Foto 2	Vista aguas abajo de la quebrada Cansa Caballo
Foto 3	Vista de la quebrada Cansa Caballo tomada desde el PR-2.
Foto 4	Vista de la quebrada Cansa Caballo.
Foto 5	Vista de la quebrada Cansa Caballo.
Foto 6	Vista mirando aguas arriba del ramal derecho de la intercuenca Pampa Cañete
Foto 7	Vista de la divisoria que divide la intercuenca Pampa Cañete (izquierda de la foto) de la intercuenca Pampa Melchorita (derecha).
Foto 8	Vista panorámica de la parte baja de la quebrada Cansa Caballo (al fondo de la fotografía).
Foto 9	Vista panorámica de la parte baja de la quebrada Cansa Caballo (al fondo de la fotografía).
Foto 10	Vista panorámica del tramo final de la quebrada Cansa Caballo (en el cruce con la carretera Panamericana Sur.

LISTA DE PLANOS

Plano 1	Plano de Cuencas en el Área del Proyecto
---------	--

LISTA DE ANEXOS

Anexo A	Información Meteorológica del SENAMHI
Anexo B	Curvas de Precipitación Total Anual versus Altitud
Anexo C	Cálculo de Valores Extremos de Precipitación en 24 Horas para la Estación Cañete
Anexo D	Análisis de Avenidas

1.0 INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

Perú LNG S.R.L. (Perú LNG) es el proponente de un proyecto de exportación de gas natural licuefactado (GNL), el cual incluye la construcción de una planta para la producción de GNL e instalaciones marinas para el transporte y exportación. La planta de licuefacción está ubicada en una zona árida de la costa, de aproximadamente 521 hectáreas, en la denominada Pampa Melchorita, entre los kilómetros 167 y 170 de la carretera Panamericana y un acantilado de unos 150 de altura, que limita con el mar.

Ante la solicitud de informe técnico favorable para la construcción de la planta, el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía (OSINERG) ha expresado su preocupación respecto a que la planta de licuefacción sea inundada debido a un intenso evento de lluvia en su cuenca de drenaje.

Es en este contexto que Golder Associates Perú S.A. (Golder) recibe el encargo de Perú LNG, mediante una comunicación vía correo electrónico del día 7 enero de 2 005, para realizar una evaluación del peligro de inundación en el área de la planta de Pampa Melchorita.

Este documento presenta la evaluación del peligro de inundación en la Pampa Melchorita, documentando las actividades llevadas a cabo así como las conclusiones y recomendaciones del estudio.

1.2 Objetivos

Este estudio tiene como propósito evaluar el grado de peligro que representan los fenómenos hidrodinámicos para la planta de GNL ubicada en la Pampa Melchorita.

La evaluación y determinación del peligro se ha realizado en base a un análisis de avenidas, en caso que se pudieran generar como resultado de un evento de precipitación intenso en la parte alta de la cuenca de influencia.

Los valores desarrollados en el presente estudio representan el mejor estimado de los parámetros hidrológicos para la cuenca utilizando la información regional disponible. Se debe establecer que los valores estimados son de carácter conservador.

1.3 Metodología del Estudio

El estudio de evaluación de peligro fue desarrollado a través de la siguiente metodología:

1.3.1 Revisión de Información

Golder revisó la información pública disponible en lo que respecta a cartografía, meteorología y fisiografía, relevantes para el estudio. La información revisada para la elaboración del estudio se resume en lo siguiente:

- Carta Nacional Chíncha 27-k (Escala 1:100 000).
- Cartas Nacionales 27-k-I-NO, 27-k-I-NE, 27-k-I-SO, 27-k-I-SE, 27-k-II-NO, 27-k-III-NE, 27-k-IV-SE (Escala 1:25 000).
- Registros de precipitación total anual de las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Cañete, ubicadas entre los 150 y los 4 522 metros sobre el nivel del mar (msnm).
- Registros de precipitación total en 4 estaciones de la cuenca del río San Juan, ubicadas entre los 2 170 y 3 500 msnm.
- Registros de precipitación total en 8 estaciones de la cuenca del río Pisco, ubicadas entre los 1 027 y 4 150 msnm.
- Registros de precipitación máxima en 24 horas de 5 estaciones ubicadas en las cuencas de los ríos Cañete y Pisco, entre los 150 y 3 710 msnm.

En base a la cartografía (escala 1:25 000) disponible, se efectuó la delimitación de las cuencas en el área de influencia, para tener un mapa base que sirviera para confirmar o modificar las divisorias en campo.

1.3.2 Reconocimiento de Campo

Dos especialistas de Golder realizaron una visita al área de estudio el día 7 de febrero de 2005, con el propósito de reconocer las cuencas de influencia, confirmar in situ las divisorias de aguas delineadas en gabinete e inventariar cualquier evidencia de flujo de huaycos en el área.

Para la delimitación in situ de las divisorias se utilizó un sistema portátil de posicionamiento global (GPS) marcando en campo puntos de referencia. Este reconocimiento de campo fue documentado mediante registros fotográficos.

1.3.3 Gabinete e Informe

En base al reconocimiento de campo se determinaron las áreas críticas que, en caso de generarse una precipitación intensa, podrían provocar algún peligro mediante un flujo de huayco hacia el área de la planta de licuefacción.

Estas áreas fueron caracterizadas para determinar el potencial de ocurrencia de huaycos en base a una avenida de 150 años de período de retorno. Se realizó una evaluación del peligro que representaría la ocurrencia de avenidas y huaycos sobre las instalaciones de la planta de licuefacción y se proporcionaron las recomendaciones del caso.

2.0 CARACTERIZACION HIDROLÓGICA Y FISIOGRÁFICA REGIONAL

Desde el punto de vista regional, el área de estudio se ubica en una zona de intercuenca que colinda por el Norte con la cuenca del río Cañete y por el Sur con la cuenca del río Topará. Se denomina una zona de intercuenca a toda aquella zona ubicada entre dos cuencas principales, la cual descarga directamente al océano sin la intervención de ningún curso definido que colecte en forma de flujo concentrado sus aguas.

2.1 Fisiografía e Hidrografía

La cuenca del río Cañete se extiende desde el nivel del mar hasta la línea de cumbres de la cordillera occidental de los Andes, cuyos puntos más altos llegan hasta los 5 817 msnm. Ocupa una extensión de aproximadamente 6 192 km², de la cual el 78,5 % (es decir, 4 856 km²) se sitúa por encima de los 2 500 msnm en lo que correspondería a la cuenca húmeda. Desde el punto de vista hidrológico, puede considerarse que la llamada "cuenca húmeda" o de aporte efectivo de agua de escorrentía correspondería al sector de cuenca ubicada por encima de los 2 500 msnm (ONERN, 1 970).

El río Cañete presenta un régimen irregular y de carácter torrentoso con marcadas diferencias entre sus parámetros extremos, en correspondencia con los períodos de lluvia y estiaje. De esta manera, la descarga media anual en la estación hidrométrica Toma Imperial, que se ubica en la cota 250 msnm, es de 50,7 m³/s; con descargas máxima y mínima diaria de 850 m³/s y 5,8 m³/s; respectivamente.

La cuenca del río Topará cubre una extensión de aproximadamente 650 km², de los cuales el 29 % (es decir, 225 km²) se ubica por encima de los 2 500 msnm (ONERN, 1970). El régimen de la quebrada Topará es torrentoso e irregular. Las descargas de la quebrada Topará tienen una duración media de 3 meses al año, iniciándose aproximadamente en Febrero y concluyendo en Abril. En el resto del año, el río se seca. La descarga media anual del río Topará es de 0,8 m³/s.

En la llanura de la Costa, entre el río Cañete y el río Topará el terreno tiene un relieve suavemente ondulado que discurre con pendiente muy suave en dirección al mar (2 %), y se caracteriza por las pequeñas colinas y surcos amplios, en partes difusos, generados por la escorrentía histórica y el soterramiento de las arenas eólicas, respectivamente. Este relieve limita al Noreste con el pie de las estribaciones andinas, cuyos afloramientos en el área de interés son rocas volcánicas de la Formación Quilmaná y las rocas graníticas del Batolito de la Costa.

Por debajo de los 500 msnm, el subsuelo de la llanura costera está constituido por depósitos aluviales muy antiguos, compactos y de considerable espesor, de la Formación Cañete, conformados por gravas gruesas areno limosas. Esta formación se encuentra soterrada por arenas limosas uniformes cuyo espesor modal es mayor a 1,0 m.

2.2 Pluviometría

El área del proyecto forma parte de la llanura de la Costa, conformada por terrenos desérticos cuya continuidad es interrumpida por algunos valles cuyos cursos de agua descargan al océano Pacífico.

La información plurianual registrada por varias estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del río Cañete (cuenca más cercana al área de estudio) confirma que la precipitación en la franja costera es casi nula y que se incrementa progresivamente hacia las estribaciones andinas. La precipitación pluvial, en promedio varía desde apenas 15 mm/año cerca del nivel del mar hasta más de 1000 mm/año en las cabeceras de la cuenca del río Cañete (ver la Tabla 2-1 y el Anexo B).

Tabla 2-1 Precipitación Promedio Anual en la Cuenca del Río Cañete

Estación	Coordenadas Geográficas		Altitud (msnm)	Período de Registro (Años)	Precipitación Total (mm/año)
	Lat. Sur	Long. Este			
Cañete ⁽²⁾	13°04'	76°20'	150	1 986-2 001	15,4
Huangáscar ⁽²⁾	12°54'10"	75°50'	2 450	1 964-2 001	297,3
Siria ⁽¹⁾	12°14'10"	75°44'07"	3 680	1 947-1 967	707,9
Sunca ⁽¹⁾	12°16'30"	75°42'10"	3 845	1 945-1 967	764,5
Yauricocha ⁽¹⁾	12°19'	75°42'30"	4 522	1 943-1 968	945,1

⁽¹⁾ Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa, Cuenca del Río Cañete (ONERN, Julio 1970)

⁽²⁾ Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía (SENAMHI)

El período de lluvias en la franja costera ocurre durante los meses de invierno (entre junio y octubre), mientras que el período de lluvias en la zona andina ocurre generalmente durante los meses de verano (entre enero y marzo), siendo febrero, generalmente, el mes más lluvioso.

Es en esta época lluviosa que algunas tormentas andinas llegan a causar escorrentía y crecidas inusuales que ocasionalmente discurren hacia la costa por el cauce central de las principales quebradas y arroyos.

Como se observa en la Tabla 2-1, las estaciones ubicadas por debajo de los 2 500 msnm registran precipitaciones totales menores a 100 mm por año. Esto se corrobora también mediante la inspección de los registros de precipitación total anual en las cuencas del río San Juan y del río Pisco (ver el Anexo B).

En el Anexo A se presentan los registros de precipitación total anual de la estación Cañete.

2.3 Precipitaciones Máximas

En la costa, las lluvias de verano en la franja costera se manifiestan a modo de garúas persistentes de varias horas de duración, y en la estribación andina, a modo de tormentas intensas pero de corta duración.

El Fenómeno del Niño en la región andina generalmente se manifiesta durante los meses de Enero a Marzo, período en que grandes masas de nubes procedentes del océano Pacífico se posan entre altitudes de 1 000 a 3 000 msnm, las cuales al ser retenidas por las estribaciones occidentales de la cordillera de los Andes se saturan y ocasionan lluvias de diferente intensidad, magnitud y extensión que, eventualmente, causan avalanchas de lodo (huaycos) e inundaciones.

En la Tabla 2-2 se presenta un resumen de las precipitaciones máximas diarias registradas en estaciones cercanas al área de estudio, las cuales se incrementan con la altitud.

Tabla 2-2 Precipitaciones Máximas Diarias Registradas en Estaciones Cercanas

Estación	Altitud (msnm)	Período de Registro (Años)	Precipitación Media Anual (mm)	Período de Registro (Años)	Precipitación Máxima Diaria Registrada (mm/día)
Cañete ⁽²⁾	150	48	15,6	48	23,0
Huancano ⁽¹⁾	1027	16	20,6	16	27,5
Huamán ⁽¹⁾	1050	18	12,4	18	33,5
Tambo	3250	18	404,9	18	43,0
Cusicancha	3400	24	306,8	24	42,0
Los Libertadores	3710	16	926,2	16	41,8

⁽¹⁾ Sistema de Transporte de Gas y Condensados Proyecto Camisea, Ingeniería de Ríos, Sector Costa – Sector Sierra – Sector Selva. (Golder, Mayo 2 003)

⁽²⁾ Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía (SENAMHI)

3.0 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE INTERCUENCAS EN EL ÁMBITO DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GAS

La intercuena donde se ubica la planta de licuefacción de gas presenta un rango de elevaciones variables entre el nivel del mar y los 1 800 msnm, mientras que la planta se ubica a una altitud promedio de 130 msnm.

3.1 Hidrometeorología

El régimen de precipitación para la zona de intercuencas donde se ubica la planta de licuefacción, ha sido determinado mediante el análisis de las estaciones regionales cercanas al área de estudio.

Los valores de precipitación total anual de las estaciones regionales fueron utilizados para definir una curva de precipitación media anual versus altitud (Ver el Anexo B). Los registros de precipitación máxima en 24 horas fueron utilizados para desarrollar valores extremos para diferentes períodos de retorno, que generarían eventuales caudales máximos.

3.1.1 Relación entre la Precipitación Media Anual y la Altitud

La correlación entre la precipitación media anual con respecto de la altitud sobre el nivel del mar permite conocer el comportamiento de las curvas isoyetas, y posteriormente determinar la lámina de precipitación media anual. En general, esta correlación muestra que para las zonas alto andinas, la lámina de precipitación es directamente proporcional a la elevación.

La curva precipitación versus altitud ha sido desarrollada utilizando el registro de precipitaciones promedio anual de diferentes estaciones ubicadas sobre diferentes elevaciones en la cuenca del río Cañete (ver la Tabla 2-1). Esta curva se muestra en el Anexo B.

Como información referencial se han desarrollado curvas de regresión con la información disponible para las cuencas de los ríos San Juan y Pisco, las cuales proporcionan curvas similares para elevaciones menores a 2 000 msnm. Estas curvas se presentan también en el Anexo B.

La ecuación de la curva de precipitación media anual versus altitud, desarrollada en base a las estaciones de la cuenca del río Cañete, es la siguiente:

$$PMA = 17.161 \times e^{0.001y}$$

Donde:

PMA: Precipitación media anual (mm),

y: Elevación sobre el nivel del mar (msnm).

Es decir, para la ubicación de la planta de licuefacción (130 msnm) y para la altitud máxima del área en estudio (1800 msnm), las precipitaciones medias anuales son de 20 y 100 mm, respectivamente.

3.1.2 Valores Extremos de Precipitación en 24 horas

Los valores de precipitación en 24 horas son utilizados para desarrollar los hidrogramas típicos de tormentas que generan los caudales máximos de avenidas en un determinado punto de control.

Se ha realizado un análisis de valores extremos para determinar las láminas de precipitación total en 24 horas para diferentes períodos de retorno. La estimación de estos valores extremos se realiza mediante métodos de ajuste estadístico para distribuciones de frecuencia conocidas.

Se han analizado los registros de precipitación máxima en 24 horas en la estación Cañete, la cual cuenta con período de registro de 48 años. La distribución observada de los registros de precipitación máxima anual en 24 horas ha sido comparada con las curvas de frecuencia teóricas de Gumbel (valor extremo Tipo I), Log Normal, y Log Pearson Tipo III para ver cuál de éstas proporciona el mejor ajuste.

Se seleccionó la curva teórica de distribución que mejor se ajusta a la distribución observada de los datos para obtener los valores extremos para diferentes períodos de retorno. De este análisis se concluyó que las distribuciones de datos de la estación Cañete se ajustaron mejor con la distribución de Gumbel. El análisis de distribución y las curvas de ajuste estadístico para la estación Cañete se muestran en el Anexo C. El análisis de valores extremos en 24 horas para la estación Cañete proporciona los valores que se muestran en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1 Precipitaciones Máximas Extremas Calculadas para la Estación Cañete

Estación	Altitud (msnm)	Precipitación media anual (mm)	Precipitación Máx 24 horas (mm)	Nº de Años	Precipitación Máxima (mm)			
					P ₅₀	P ₁₀₀	P ₁₅₀	P ₂₀₀
Cañete ⁽²⁾	150	15,6	23,0	48	19,5	28,8	35,9	41,9

⁽²⁾ Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía (SENAMHI)

Se cuenta con los cálculos de precipitaciones máximas para diversos períodos de retorno en las siguientes estaciones ubicadas en la cuenca del río Pisco: Huancano, Huamaní, Tambo, Cusicancha y Los Libertadores. Estos valores se muestran a continuación en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2 Precipitaciones Máximas Extremas Calculadas para Estaciones del Río Pisco

Estación	Altitud (msnm)	Precipitación Media Anual (mm)	Precipitación Máx 24 horas (mm)	Nº de Años	Precipitación Máxima ⁽¹⁾ (mm)			
					P ₅₀	P ₁₀₀	P ₁₅₀	P ₂₀₀
Huancano	1 027	20,6	27,5	16	29,7	33,9	36,0	38,1
Huamaní	1 050	12,4	33,5	18	40,5	47,6	51,1	54,5
Tambo	3 250	404,9	43,0	18	58,8	65,2	68,4	71,6
Cusicancha	3 400	306,8	42,0	24	45,4	51,0	53,8	56,5
Los Libertadores	3 710	926,2	41,8	16	50,4	54,0	55,8	57,6

⁽¹⁾ Sistema de Transporte de Gas y Condensados Proyecto Camisea, Ingeniería de Ríos, Sector Costa – Sector Sierra – Sector Selva. (Golder, Mayo 2 003)

Los valores extremos obtenidos en la estación Cañete son similares a aquellos obtenidos para la estación Huancano, la cual se ubica sobre los 1 027 msnm. Esto indica que a elevaciones menores a los 1 000 msnm; los valores de precipitación máxima en 24 horas son más o menos constantes. Sin embargo, a partir de los 1 000 msnm, los valores de precipitación máxima en 24 horas se incrementan con la altitud.

Para cuencas que se ubican por debajo de los 1 000 msnm son confiables los valores de la estación Cañete o Huancano. Para cuencas ubicadas por encima de los 1 000 msnm se pueden utilizar valores interpolados de las estaciones del río Pisco.

3.2 Fisiografía e Hidrografía

El área de estudio se encuentra ubicada en la plataforma costera del Sur del Perú, la cual tiene un ancho aproximado de 10 km y se extiende desde el litoral marino hasta el pie de las estribaciones andinas, cuyas elevaciones oscilan entre 100 y 300 msnm. Su suave relieve se encuentra disectado por depresiones y quebradas someras que se orientan hacia el litoral. Eventualmente, la plataforma se encuentra interrumpida por pequeñas colinas rocosas que sobresalen unos 30 m de altura por encima del nivel del terreno.

Sobre los 300 msnm de altitud, se presenta el contrafuerte andino que rápidamente se eleva hasta superar los 2 000 msnm. Esta zona, a su vez, también se encuentra disectada por valles y quebradas profundas, algunos de los cuales se extienden hasta las cumbres andinas. La única quebrada que alcanza esta altitud en el área de intercuenca es la quebrada Cansa Caballo (conocida en la parte alta como quebrada Culebrilla); mientras que las demás intercuenas llegan máximo sólo hasta la cota 500 msnm.

Geológicamente, la plataforma costera está constituida por una secuencia de depósitos aluvionales producto de la erosión de las estribaciones andinas, ocurrida hace aproximadamente 400 mil años, durante los intensos fenómenos de deglaciación al final del período pleistocénico.

La siguiente es la secuencia estratigráfica típica del área de estudio:

- Depósitos eólicos y coluviales recientes. Se encuentran cubriendo casi todo el área de estudio, principalmente los cerros Lomas Negras, ubicados al Noreste de la planta de GNL.
- Depósitos aluviales recientes. Se encuentran rellenando principalmente el cauce de la quebrada Cansa Caballo.
- Formación Cañete. Conformado por conglomerados aluviales que se ubican en la parte Norte del área de estudio, correspondientes al antiguo delta del río Cañete.
- Formación Quilmaná. Es el basamento rocoso regional, constituido por rocas volcánicas que a su vez se encuentran conformando las colinas mas prominentes de la franja costera, incluyendo las divisorias intercuenas.

Dado que la planta de licuefacción se ubica en la cuenca Pampa Melchorita, no se ha evaluado las intercuenas de Pampa Clarita ni la Pampa Jahuay debido a que se encuentran bastante alejadas del área de la planta de GNL y porque no existe la posibilidad de trasvases de agua hacia esta cuenca. Las cuencas evaluadas sólo han sido: quebrada Culebrilla, Pampas Cañete, Melchorita y Cinco Cruces. En el Plano 1 se presenta la delimitación de cada una de estas intercuenas.

3.2.1 Cuenca de la Quebrada Culebrilla

Esta cuenca limita en su extremo Noroeste con la cuenca del río Cañete, hacia el Oeste con la intercuenca de la pampa Cañete y hacia el lado Sureste con la cuenca del río Topará. La cuenca tiene una extensión aproximada de 85 km² y se extiende desde el litoral hasta la cota 1 800 msnm. El cauce de la quebrada tiene aproximadamente 18 km de longitud.

El relieve de la cuenca Culebrilla presenta una morfología típica de las unidades hidrográficas del sistema del Pacífico. En la estribación andina es de forma alargada, con quebradas profundas, laderas escarpadas y pronunciadas pendientes. En la plataforma costera, la cuenca deltaica es de forma triangular, con quebradas someras (vegas) y relieve llano.

La quebrada Culebrilla presenta dirección predominante hacia el Suroeste. Sin embargo, hacia la cota 200 msnm, vira unos 45° hacia el Sur para desembocar finalmente en una pampa árida de gran amplitud.

La quebrada Culebrilla normalmente carece de agua durante todo el año. Sin embargo, se presentan algunos bolones en el cauce (ver la Foto 1), lo cual indicaría que existe transporte de materiales durante algunos eventos intensos de lluvia.

La quebrada Culebrilla presenta un ancho de cauce bien definido, de aproximadamente 15 m de ancho en la cota 250 msnm, que está limitado en ambos flancos por colinas onduladas que confinarían de manera segura cualquier flujo dentro del amplio cauce (ver las Fotos 1 y 2).

Más abajo, sobre la cota 200 msnm, el cauce de la quebrada se ensancha llegando a alcanzar un ancho de alrededor de 100 m, propio de una vega (ver Fotos 3 a 5), el cual está flanqueado por lomas de suave pendiente que se elevan alrededor de 25 m por encima del nivel del cauce seco.

El hecho que las pendientes de las lomas que flanquean el cauce sea de alrededor de 30° indicaría que el flujo nunca ha alcanzado la profundidad y ancho suficiente para darle forma a las lomas. Probablemente las lomas han sido originadas por la erosión eólica.

En la parte baja de la quebrada (vega) se ha asentado una población antes del cruce con la carretera Panamericana Sur (ver la Foto 10). No existe una alcantarilla de cruce en este sector de la carretera.

Las únicas evidencias de huaycos que ocurrieron durante las últimas seis décadas se presentan en la cuenca de la quebrada Culebrilla, son algunos flujos de lodo que al discurrir por la vega de la quebrada Cansa Caballo, los cuales debido a su pequeña magnitud, se disiparon completamente sin llegar a la carretera Panamericana Sur.

3.2.2 Intercuenca Pampa Cañete

Esta intercuenca limita por el Este con la cuenca de la quebrada Culebrilla y por el Oeste con la intercuenca de la Pampa Melchorita. Presenta una forma triangular alargada con orientación general Suroeste.

La extensión total de esta cuenca es de 68 km², y se extiende desde el litoral hasta la cota 550 msnm (ver la Foto 6). El cauce de la quebrada principal, es una vega de solo 10 km de longitud. La característica más saltante de esta intercuenca es que no manifiesta evidencias de flujos de agua.

El cauce principal es de aproximadamente 100 m de ancho, confinado en las partes más bajas por lomas onduladas que sobresalen del terreno unos 25 a 30 m.

Si bien el ramal izquierdo de la intercuenca Pampa Cañete presenta dirección hacia el Suroeste, el ramal derecho en la parte alta realiza un giro de alrededor de 30° hasta alcanzar la confluencia con el ramal izquierdo.

3.2.3 Intercuenca Pampa Melchorita

En esta intercuenca es donde se ubicarán las instalaciones de la planta de licuefacción de GNL. Se caracteriza por ser una vega de pequeña magnitud y por su aridez permanente. Tiene 5,3 km² de extensión y su "curso" principal tiene escasos 3,5 km de longitud, con altitudes que no superan los 250 msnm. Esta intercuenca, tampoco manifiesta evidencias de flujos de agua.

La cuenca presenta una forma alargada con dirección predominante hacia el Suroeste en la parte más alta, virando de dirección ligeramente hacia el Oeste antes de llegar al cruce con la carretera Panamericana Sur.

La divisoria de esta intercuenca con la Pampa Cañete está bien definida por las lomas que se ubican inmediatamente al Noreste de la planta de fraccionamiento. El único punto crítico que se ha identificado en lo que respecta a definición de la divisoria es la cabecera de la cuenca (ver la Foto 7), donde el desnivel máximo entre la divisoria y el nivel de fondo de la vega es de aproximadamente 1,0 m.

En caso de ocurrir algún flujo proveniente de la parte alta del ramal derecho de la Pampa Cañete, éste podría atravesar la divisoria y discurrir hacia la Pampa Melchorita. Sin embargo, ésta situación es poco probable debido a que las cabeceras de la Pampa Cañete no superan los 550 msnm, altitudes donde las precipitaciones y por ende los flujos son relativamente bajos, y debido a que la mayor parte del área de drenaje de esta cuenca se ubica en una explanada de gran amplitud que no favorecería la escorrentía en caso de una lluvia.

3.2.4 Intercuenca Pampa Cinco Cruces

Esta intercuenca limita por el Noreste con la quebrada Venturosa (cuenca del río Cañete), por el Sur con la intercuenca Pampa Melchorita y por el Norte con las Pampas Cinco Cruces y Clarita. El área de esta cuenca es de 27 km², y sus cabeceras llegan a altitudes que no superan los 425 msnm.

La cuenca presenta una forma alargada, con un cauce tipo vega, de dirección Suroeste. El punto de descarga en la intersección con la carretera Panamericana Sur se ubica a unos 3 km al Noroeste de la planta de licuefacción. Tampoco manifiesta evidencias de flujos de agua.

3.3 Cálculo de Avenidas

Se ha realizado un cálculo de avenidas en cuatro de las cuencas que se ubican en el ámbito de la planta de licuefacción: quebrada Culebrillas, Pampa Cañete, Pampa Melchorita y Pampa Cinco Cruces.

Se ha utilizado el método de las abstracciones del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS, por sus siglas en inglés, 1972) para el cálculo de la lámina de escorrentía. Este método utiliza como parámetro de entrada para el cálculo de las pérdidas durante la tormenta un número de curva adimensional (CN) estimado de acuerdo al grupo de suelo hidrológico y al tipo de cobertura existente en la cuenca.

Las características hidráulicas, utilizada para el cálculo de las avenidas máximas, en cada una de las cuencas evaluadas se presentan en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3 Características Hidráulicas de las Cuencas Evaluadas

Parámetro	Quebrada Culebrillas	Pampa Cañete	Pampa Melchorita	Pampa Cinco Cruces
Área (km ²)	84,8	67,7	5,3	27,0
Altura Media (msnm)	550	250	180	250
Precipitación Media Anual (mm)	30	22	20	22
P. Máxima en 24 horas (T=150 años)	44	36	36	36
Duración de la Tormenta (horas)	4	4	4	4
Número de Curva (CN)	63	63	63	63
Longitud Hidráulica Máxima (m)	27 000	11 000	3 500	9 000
Pendiente Promedio (m/m)	0,020	0,020	0,020	0,020
Tiempo de Concentración (horas)	3,0	2,0	0,75	1,50
Ancho de Cauce (m)	500	200	100	200

En el Anexo D se presenta el detalle del cálculo de avenidas máximas. Un resumen de los resultados del cálculo de avenidas se muestra en la Tabla 3-4.

Tabla 3-4 Resultados del Análisis de Avenidas

Parámetro	Quebrada Culebrillas	Pampa Cañete	Pampa Melchorita	Pampa Cinco Cruces
Área (km ²)	84,8	67,7	5,3	27,0
Caudal Pico para 150 años de Retorno (m ³ /s)	10,22	3,17	0,43	1,27
Rendimiento Unitario Pico (m ³ /s/km ²)	0,12	0,05	0,08	0,05

Tal como se muestra en la tabla anterior, los rendimientos unitarios de caudal son bajos en las distintas cuencas analizadas (entre 50 y 80 l/s/km²); con excepción de Quebrada Culebrillas, la cual, al extenderse hasta por encima de los 1 000 msnm, recibe mayor aportación de lluvias, lo cual hace que su rendimiento unitario de caudal sea mayor (120 l/s/km²) en comparación con las demás intercuenas.

En lo que respecta a hidráulica fluvial, se utilizó la fórmula de Manning para determinar la profundidad del flujo (tirante) de la avenida generada en la quebrada Culebrillas, así como en las Pampas Cañete, Melchorita y Cinco Cruces. En la Tabla 3-5 se muestra las profundidades de flujo para cada cuenca antes mencionada.

Tabla 3-5 Profundidades de Flujo de Avenidas

Parámetro	Quebrada Culebrillas	Pampa Cañete	Pampa Melchorita	Pampa Cinco Cruces
Ancho de cauce (m)	500	200	100	200
Caudal Pico para 150 años de Retorno (m^3/s)	10,22	3,17	0,43	1,27
Pendiente	0,020	0,020	0,020	0,020
Número de Manning (n)	0,030	0,030	0,030	0,030
Profundidad de flujo, tirante (cm)	3	3	1,5	2

Se realizó también el análisis para el transporte de sólidos en las distintas cuencas involucradas. Para ello, se utilizó la fórmula propuesta por Schoklitsch, la cual se utiliza para determinar el diámetro crítico de partícula que puede ser removida por una avenida, del fondo de cada cuenca en análisis. En la Tabla 3-6 se muestra los resultados obtenidos.

Tabla 3-6 Diámetros Críticos de Partículas Removidas por una Avenida

Parámetro	Pampa Cañete	Pampa Melchorita
Ancho de cauce (m)	200	100
Caudal Pico para 150 años de retorno (m^3/s)	10,22	0,43
Pendiente	0,020	0,020
Radio hidráulico (m)	0,030	0,030
Diámetro crítico (m)	0,01	0,01

En el Anexo D, se detallan también los cálculos utilizados para la determinación de las profundidades de flujo así como del diámetro crítico de la partícula que puede ser removida del fondo del cauce.

4.0 EVALUACIÓN DEL PELIGRO EN LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN

La extensión de la intercuenca Pampa Melchorita (donde se ubica la planta de GNL) es de sólo 5,3 km² sobre la cual no hay evidencias visibles de ocurrencia de huaycos. Se ha calculado que para una tormenta de 150 años se generaría un caudal pico de 0,43 m³/s, el cual duraría alrededor de 30 minutos.

Se descarta la posibilidad de transvase de aguas hacia la intercuenca Pampa Melchorita, por cuanto el punto más bajo de su divisoria tiene 1 m de altura, y está en el límite con el ramal derecho de la intercuenca Pampa Cañete. (ver el Plano 1). Para un período de retorno de 150 años, en toda la Pampa Cañete (para un área de 67,7 km²) se ha calculado un caudal pico igual a 3,17 m³/s, mientras que en el ramal derecho, con 8 km² de cuenca, el caudal generado es de tan sólo 0,46 m³/s. Adicionalmente, la salida principal de la Pampa Cañete está confinada por un muro divisor de 25 a 30 m de altitud, que obstaculizaría cualquier intento de transvase hacia la Pampa Melchorita.

A razón de que la quebrada Culebrillas es la intercuenca más grande en el ámbito de la planta, el caudal pico que podría generar sería de 10,22 m³/s; el cual también estaría confinado por el cauce que tiene, de aproximadamente 500 m de ancho y 25 m de desnivel con respecto de las divisorias de cuenca. Se ha observado una huella reciente de un flujo de barro en esta quebrada, la cual debido a la infiltración de agua al subsuelo pierde fluidez conforme se acerca al delta de la desembocadura. Esta situación es consistente con el caudal de avenida que para 150 años de retorno, generaría una lámina de agua de 3 cm de tirante, la cual rápidamente se infiltraría al subsuelo sin llegar a descargar a la parte baja de la cuenca.

Para la intercuenca Pampa Cinco Cruces, al igual que para la Pampa Cañete, se ha calculado un caudal pico de 1,27 m³/s para un periodo de retorno de 150 años, el cual al discurrir por un cauce bien definido, impedirá cualquier eventual transvase hacia la Pampa Melchorita.

En consecuencia, el caudal pico generado durante la ocurrencia de una avenida de 150 años en Pampa Melchorita no representa ningún peligro para la planta de licuefacción pues discurriría como una lámina de agua de menos de 1,0 cm de altura y 100 m de ancho; el cual se infiltraría al subsuelo antes de llegar al área de la planta de GNL.

Por otro lado, la remoción de partículas de hasta 1,0 cm de diámetro durante un lapso de no más de 30 minutos no sería de ningún modo suficiente para erosionar la divisoria de Pampa Cañete con la Pampa Melchorita; la cual presenta un desnivel de más de 1,0 m desde el fondo del cauce. Es decir, también se descarta cualquier peligro de erosión en la divisoria con Pampa Melchorita.

5.0 CONCLUSIONES

- a) El área que representaría la mayor probabilidad de un “desborde” de las avenidas es el ramal derecho de la Pampa Cañete; el cual presenta un área de drenaje de sólo 8 km². En este ramal, una tormenta de 36 mm de intensidad (correspondiente a 150 años de retorno) podría generar un caudal pico de sólo 0,46 m³/s; el cual no sería capaz de sobrepasar la divisoria natural de 1,0 m de altura que existe entre los cursos de drenaje de Pampa Cañete y Pampa Melchorita.
- b) El análisis de avenidas desarrollado también indica que, en la vega de la Pampa Melchorita donde se ubica la planta de GNL, se generaría un caudal pico de hasta 0,43 m³/s, el cual tendrá una duración máxima de 30 minutos. Este caudal pico tampoco representa peligro alguno para la planta de licuefacción pues discurriría como una lámina de agua de 100 m de ancho y apenas 1,0 cm de altura; el cual se infiltraría al subsuelo antes de llegar al área de la planta. Esta avenida solo tendría capacidad de remover partículas de hasta 1,0 cm de diámetro, lo cual no es suficiente para producir flujos de lodo.

6.0 BIBLIOGRAFIA

- Chow V.T. Maidment D.R., Mays L.W. (1 987). Hidrología Aplicada, Austin, Texas.
- Chow V. T. (1 994). Hidráulica de Canales Abiertos.
- Kirpich Z.P. (1 940). Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds, Civ. Eng., vol. 10, N°6.
- Golder Associates Peru S.A. (2 002). Ingeniería de Ríos - Cruce de Ríos. Sistema de Transporte de Gas y Condensados. Proyecto Camisea. Preparado para Techint SAC.
- Golder Associates Peru S.A. (2 003). Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Exportación de GNL, Pampa Melchorita Perú. Volumen 1. Preparado para Perú LGN SRL.
- INGEMMET (1 970). Mapa geológico del cuadrángulo de Chíncha.
- ONERN (Julio 1 970). Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa, Cuenca del Río Cañete
- ONERN (Octubre 1 970). Inventario Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa, Cuencas de los Ríos San Juan (Chíncha) y Topará
- SENAMHI (2 005). Registros de precipitación total mensual y máxima en 24 horas de seis estaciones ubicadas en las cuencas de los ríos Cañete y Pisco.
- Schoklitsch, A. (1 934) The bed-load and the rate of bed-load transportation, *Wasserkraft und Wasserwirtschaft*, Vol.29, No.4, pp.37-43.
- Soil Conservation Service (1 972). Urban Hydrology for Small Watersheds, Technical Release 55, US Department of Agriculture, Washington D.C.
- World Meteorological Organization (1 994). Guide to Hydrological Practices: Vol II – Analysis Forecasting and Other Applications, WMO N°18, Geneva, Switzerland.

GOLDER ASSOCIATES PERU S. A.



Jorge Tovar Pacheco
Gerente de Proyecto

h:\proyectos ii\2005\4300-hidroecnia\059-4311 peru lng-riesgo inundacion-melchorita\5-informe\current\texto\informe melchorita 28 feb 05.final.doc

FOTOS

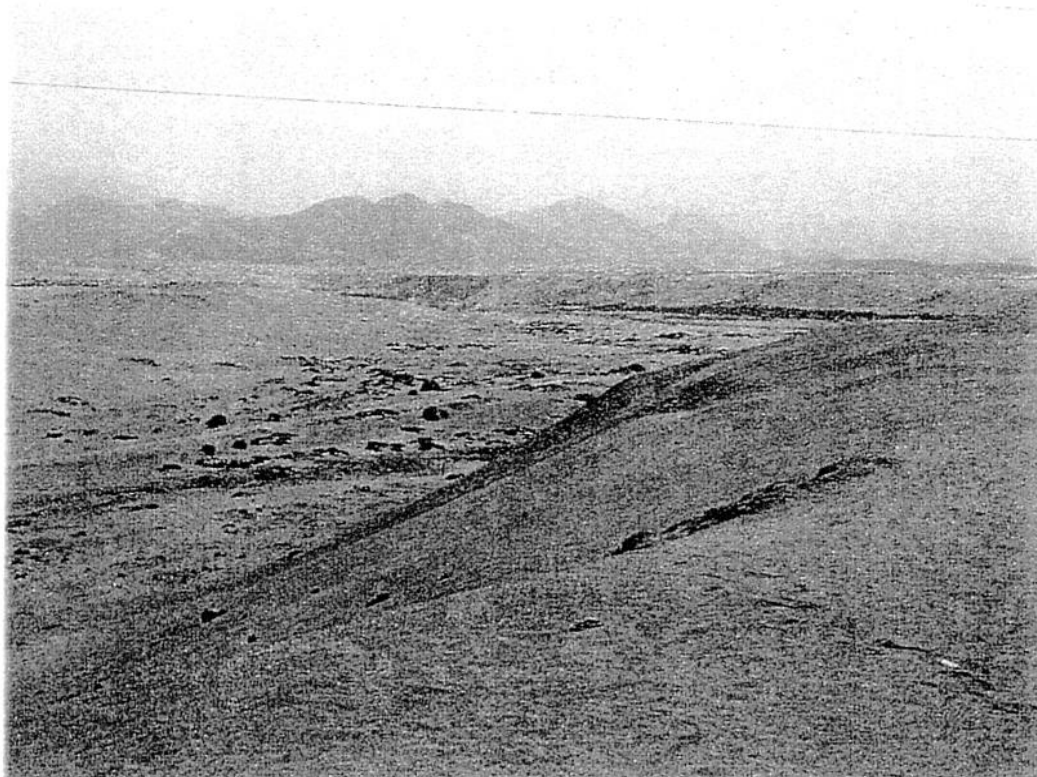


Foto 1 Vista aguas arriba de la quebrada Cansa Caballo. La vista fue tomada desde el PR-1. Se observan bolones en la vega, posiblemente arrastrados durante una avenida.

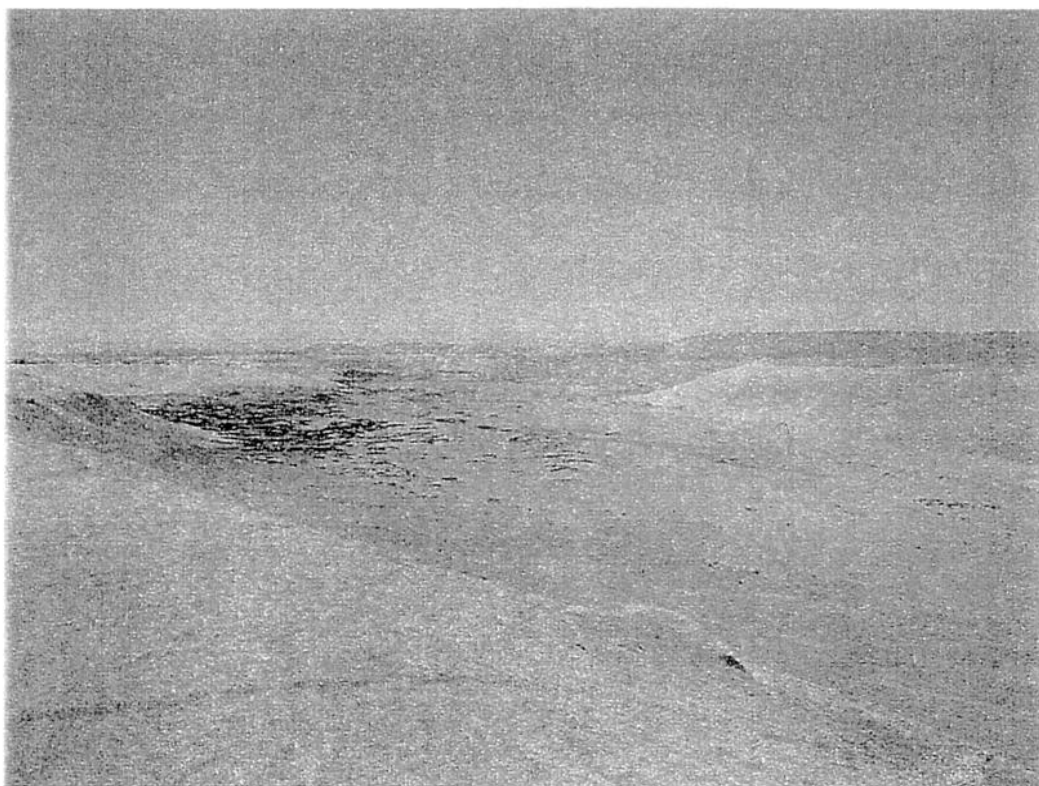


Foto 2 Vista aguas abajo de la quebrada Cansa Caballo. La vista fue tomada desde el PR-1. Se observa una vega bien definida y constreñida por lomas onduladas.

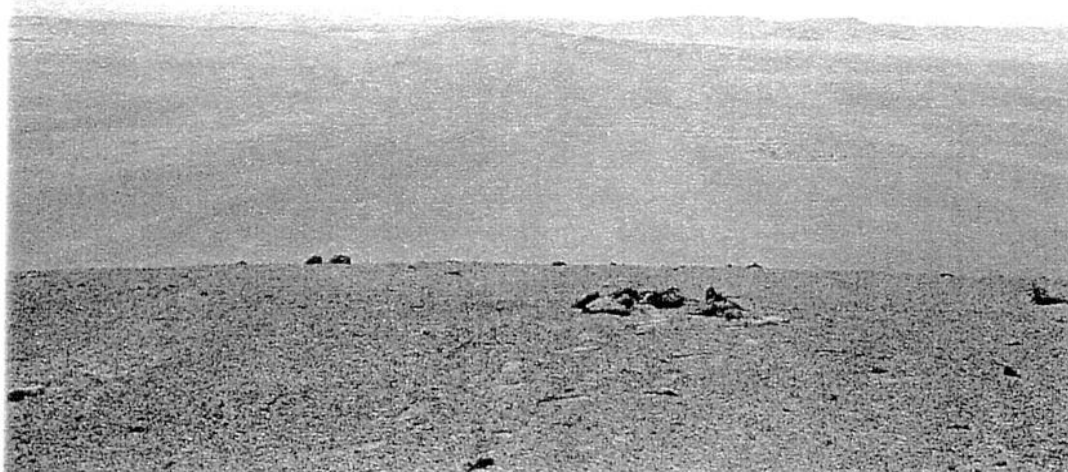


Foto 3 Vista de la quebrada Cansa Caballo tomada desde el PR-2. El desnivel entre el fondo de la vega y la cumbre de la divisoria es de aproximadamente 25 m.

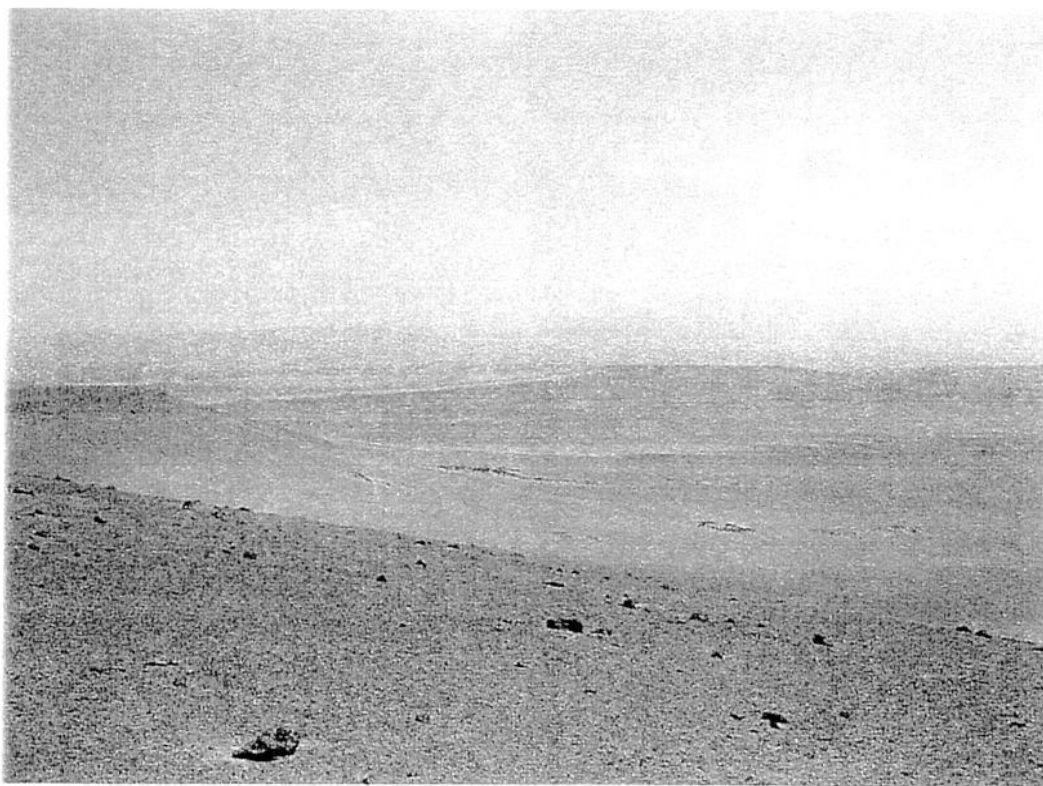


Foto 4 Vista de la quebrada Cansa Caballo. La vista fue tomada mirando aguas arriba desde el PR-2.

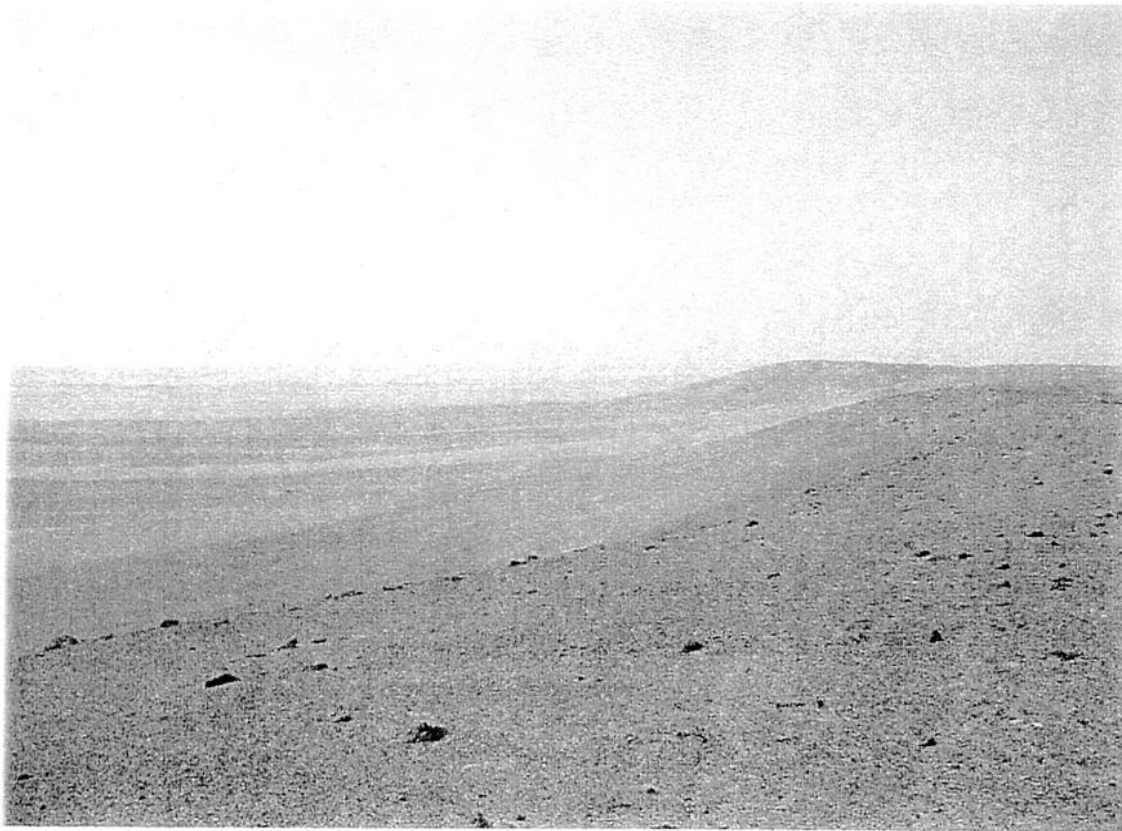


Foto 5 Vista de la quebrada Cansa Caballo. La vista fue tomada mirando aguas abajo desde el PR-2. Se observa que la vega está confinada por las lomas, que forman la divisoria con la intercuenca Pampa Cañete (parte derecha de la foto).

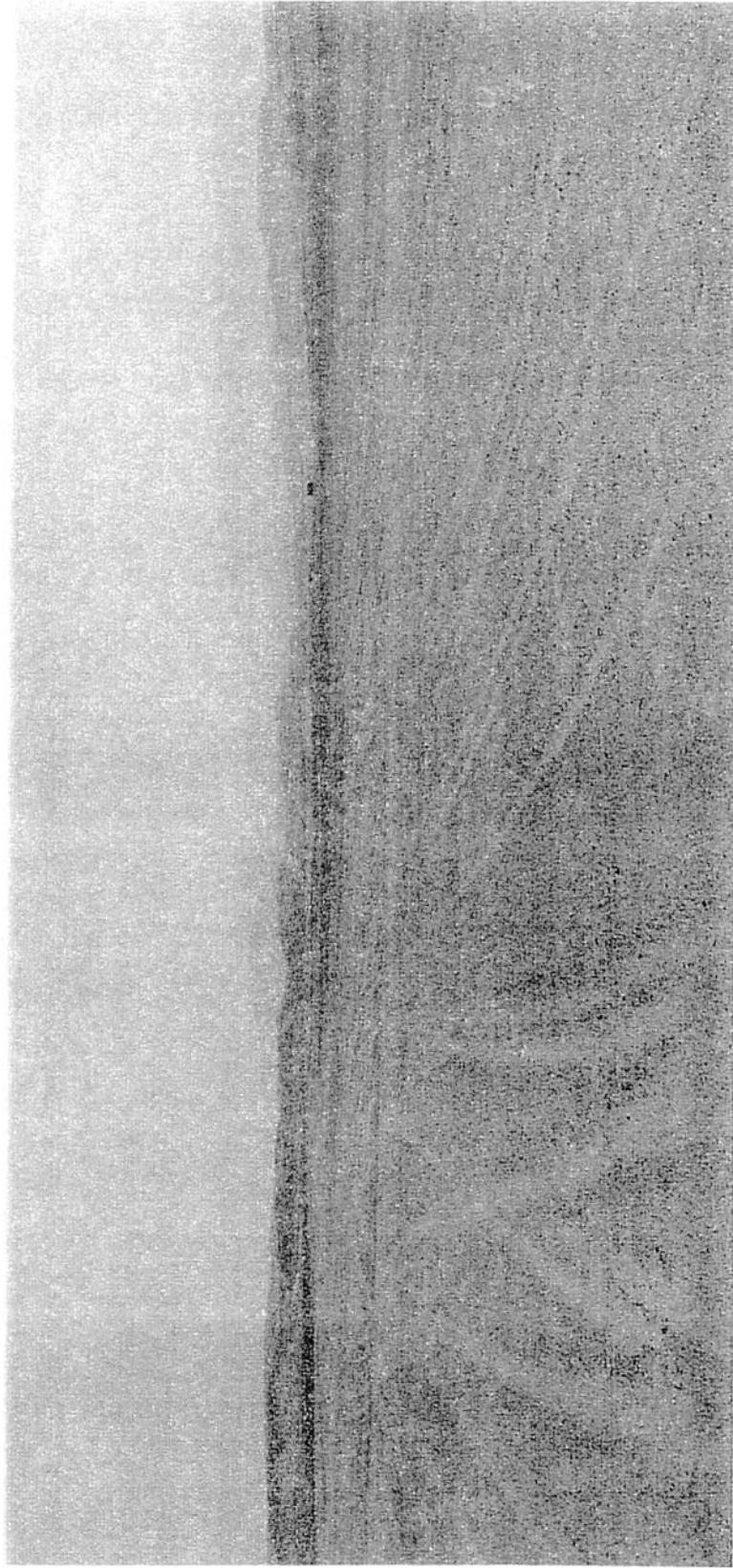


Foto 6

Vista mirando aguas arriba del ramal derecho de la interconexión Pampa Cañete. No se observa evidencia de flujo. Se observa al fondo de la vista las lomas que conforman la cabecera de esta quebrada, ubicada sobre los 550 msnm. La vista fue tomada desde el PR-7.

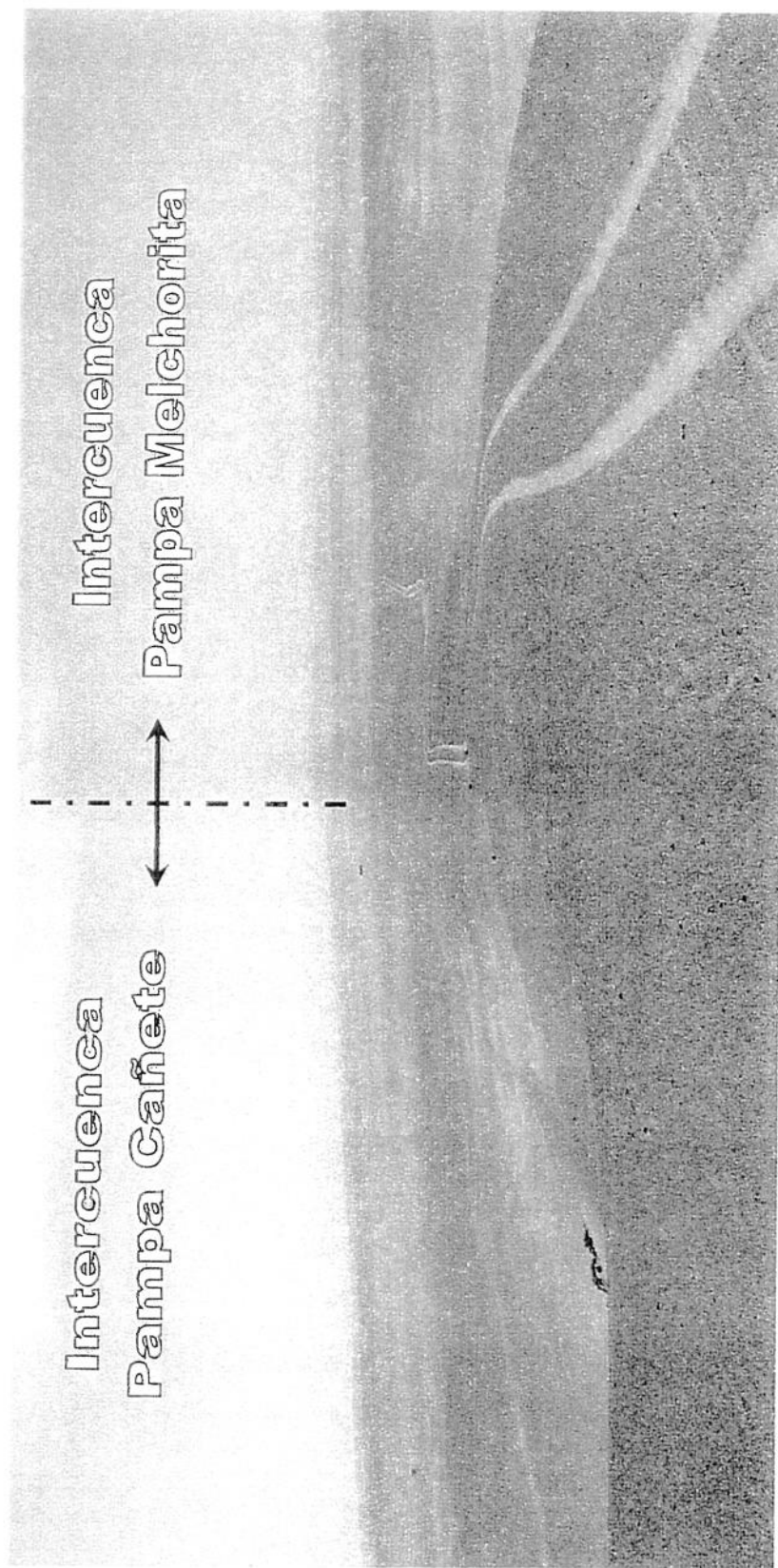


Foto 7

Vista de la divisoria que divide la intercuenca Pampa Cañete (izquierda de la foto) de la intercuenca Pampa Melchorita (derecha). La vista fue tomada desde el PR-8. La divisoria coincide con la huella del vehículo.

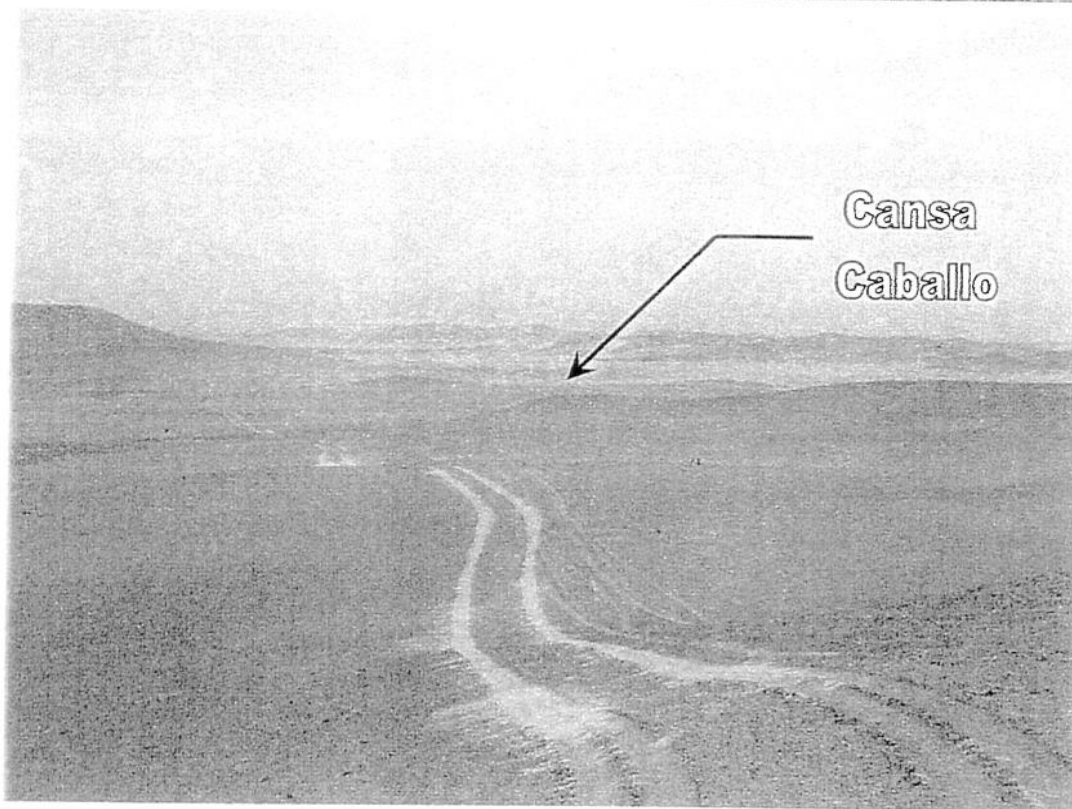


Foto 8 Vista panorámica de la parte baja de la quebrada Cansa Caballo (al fondo de la fotografía). La vista fue tomada desde el PR-11.

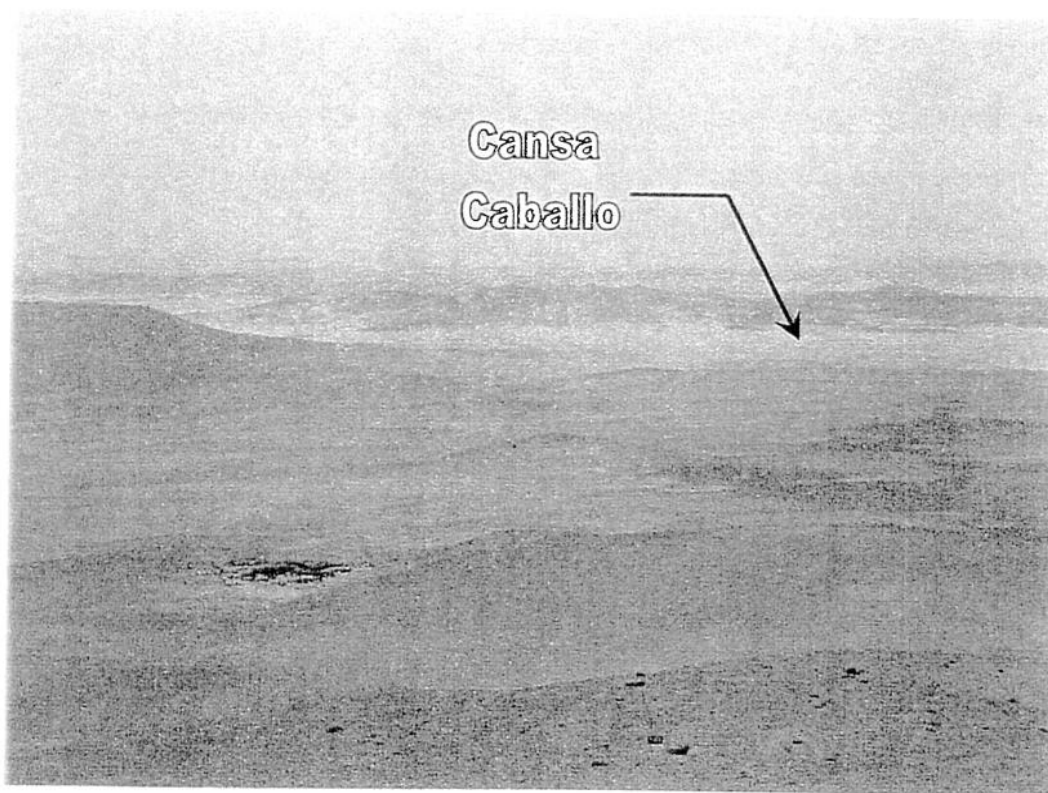


Foto 9 Vista panorámica de la parte baja de la quebrada Cansa Caballo (al fondo de la fotografía). La vista fue tomada desde el PR-12.

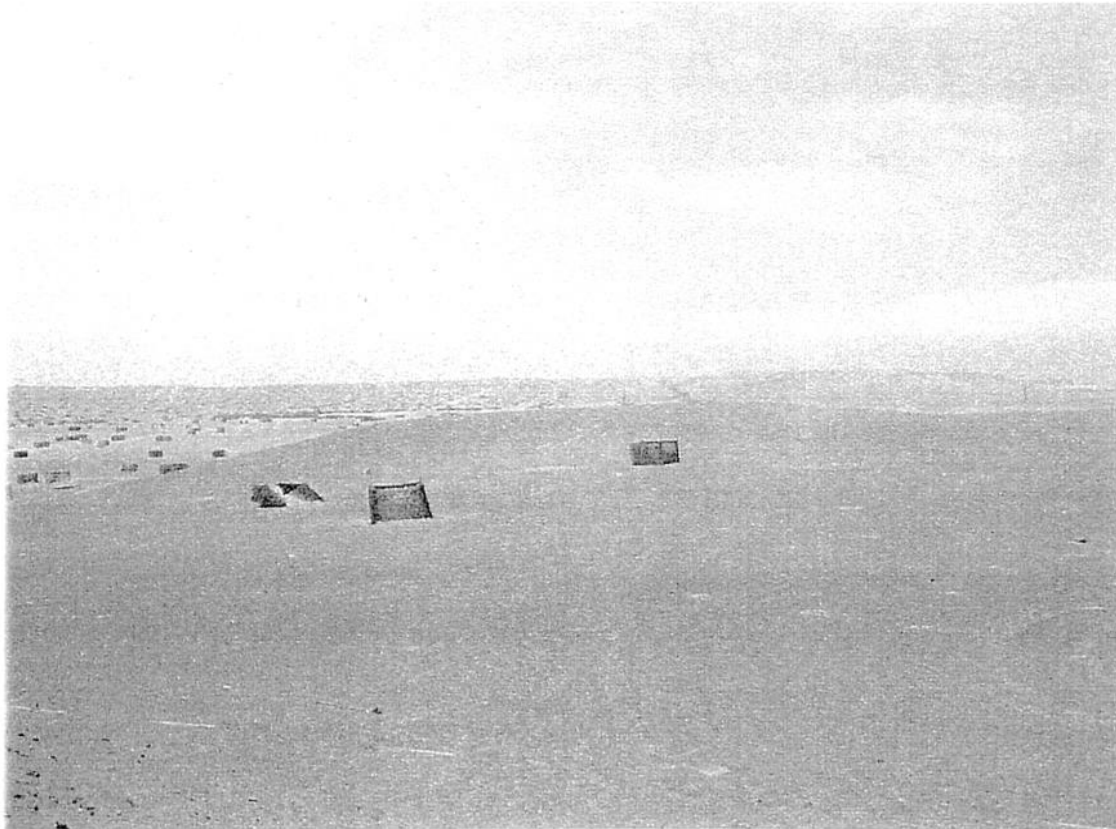


Foto 10 Vista panorámica del tramo final de la quebrada Cansa Caballo (en el cruce con la carretera Panamericana Sur). Se observa un asentamiento humano ubicado en la desembocadura de la vega. La vista fue tomada desde el PR-13.

ANEXO A
INFORMACIÓN METEOROLÓGICA DEL SENAMHI



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : CAÑETE / 000616 / DRE-04

LAT. : 13° 4' "S"

DPTO. : LIMA

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

LONG. : 76° 19' "W"

PROV. : CAÑETE

ALT. : 158 msnm

DIST. : IMPERIAL

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1950	0.1	0.2	1.4	0.0	0.1	0.9	0.6	0.7	0.7	0.3	0.2	3.2
1951	0.1	0.8	1.0	0.0	0.8	0.1	2.7	0.4	0.5	0.5	0.2	0.0
1952	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.6	0.6	0.2	0.1	0.0	0.1
1953	0.0	1.2	0.8	0.4	1.2	0.5	0.5	1.0	4.5	0.3	0.3	0.7
1954	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	0.0	T	0.0	0.0	T
1955	T	1.2	0.9	T	0.5	0.7	0.6	0.3	1.0	0.5	0.0	T
1956	0.1	2.6	0.1	0.0	0.6	1.6	1.0	T	0.6	0.6	0.4	T
1957	T	0.6	1.3	T	4.0	1.0	T	2.0	23.0	5.0	0.0	0.0
1958	S/D	T	T	0.0	2.0	21.0	T	T	4.0	1.0	9.0	4.0
1959	T	2.0	T	4.0	10.0	14.0	T	1.2	6.0	1.0	2.0	6.0
1960	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	8.0	2.0	0.4	T	3.0	10.0	T
1961	8.0	13.0	T	0.0	T	10.0	4.0	7.0	0.4	T	0.0	T
1962	T	0.0	0.0	0.0	1.0	0.9	0.6	0.9	0.7	0.0	T	0.0
1963	0.0	0.0	0.0	T	1.2	2.6	0.0	1.2	0.2	0.5	0.6	0.1
1964	0.0	0.1	0.0	0.0	1.0	0.2	0.8	1.1	0.2	0.2	0.0	0.0
1965	0.0	0.0	1.1	0.0	0.5	0.0	0.5	0.2	0.9	1.4	0.4	1.6
1966	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.3	0.4	0.5	0.2	0.8	2.3	0.0
1967	0.5	1.6	0.3	0.0	0.0	0.7	0.8	0.3	0.8	0.1	0.2	0.4
1968	0.2	T	0.0	0.2	0.7	0.2	0.5	0.6	0.5	0.6	0.3	T

S/D: Sin Dato
T: Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.
LIMA, 1 DE FEBRERO DEL 2005

PROHIBIDA SU REPRODUCCION
PARCIAL O TOTAL

Senamhi



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : CAÑETE / 000616 / DRE-04

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

LAT. : 13° 4' "S" DPTO. : LIMA
 LONG. : 76° 19' "W" PROV. : CAÑETE
 ALT. : 158 msnm DIST. : IMPERIAL

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1969	0.0	0.2	0.0	T	0.3	0.5	0.6	0.8	0.8	0.4	0.6	0.6
1970	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.0	0.1	0.5	0.5	0.0	0.0
1971	0.0	0.0	0.9	0.0	6.0	0.3	0.2	0.8	0.8	0.6	0.1	0.0
1973	0.5	0.6	0.0	0.0	T	0.8	0.9	T	T	0.0	0.0	T
1974	0.0	0.2	0.0	0.0	T	2.0	1.0	1.5	T	0.0	0.0	0.0
1975	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	T	2.2	3.0	1.8	0.0	S/D	S/D
1976	0.0	S/D	S/D	S/D	1.0	1.5	0.0	1.9	0.6	0.7	0.3	2.0
1977	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.5	0.0	1.1	0.3	0.0	0.0
1978	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.5	0.5	0.3	0.7	0.0
1979	0.0	0.2	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1980	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
1981	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1983	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1984	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1985	S/D	S/D	S/D	S/D	T	0.8	0.4	1.6	0.5	0.7	0.7	0.6
1986	0.2	0.3	1.5	0.1	0.8	0.8	0.7	1.0	0.6	0.1	0.4	0.2
1987	0.0	0.4	T	0.0	0.3	0.4	0.9	0.5	0.2	7.0	0.8	0.1
1988	1.0	1.5	0.0	0.0	0.1	0.4	0.4	0.6	0.4	0.1	0.1	0.0

S/D= Sin Dato
 T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : GOLDER ASSOCIATES PERU S.A
 LIMA , 1 DE FEBRERO DEL 2005

Senamhi



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : CAÑETE / 000616 / DRE-04

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

LAT. : 13° 4 ' "S" DPTO. : LIMA
 LONG. : 76° 19' "W" PROV. : CAÑETE
 ALT. : 158 msnm DIST. : IMPERIAL

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1989	0.0	0.2	0.5	0.1	0.2	1.5	0.9	0.3	0.8	1.0	0.1	0.0
1990	0.6	0.0	0.0	0.1	0.6	1.1	0.8	0.3	0.3	0.4	0.0	2.6
1992	S/D	S/D	S/D	0.5	0.0	0.5	0.9	0.5	0.0	S/D	0.0	0.0
1993	0.0	0.0	0.2	0.1	0.5	0.8	1.5	0.5	0.5	0.3	0.5	0.7
1994	1.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.3	0.7	0.3	0.2	0.1	0.3
1995	0.2	0.1	1.2	0.1	0.0	0.6	0.8	0.7	0.8	0.2	1.9	0.1
1996	0.7	0.7	1.0	0.0	0.2	0.9	0.6	0.7	0.2	0.2	0.4	0.2
1997	1.1	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	2.2	1.6	0.1	0.4	0.0
1998	2.2	0.1	1.7	0.1	0.1	0.6	1.2	0.6	0.4	0.2	0.3	0.2
1999	0.4	3.1	0.1	T	0.1	0.4	0.4	0.5	0.2	0.2	0.2	0.9
2000	0.4	0.8	0.1	T	0.1	0.5	0.5	1.0	0.8	0.1	0.6	0.8
2001	0.6	0.6	0.3	0.1	0.5	0.7	1.0	0.6	0.1	0.2	1.3	0.2
2002	2.9	0.2	0.3	T	T	S/D	0.8	1.0	0.9	0.5	0.3	0.3
2003	0.4	0.9	T	T	0.2	0.5	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.4
2004	T	T	0.9	T	0.1	0.9	1.0	2.0	S/D	0.2	S/D	S/D

PROHIBIDA SU REPRODUCCION
 PARCIAL O TOTAL



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : CAÑETE / 000616 / DRE-04

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

LAT. : 13° 4 ' "S" DPTO. : LIMA
LONG. : 76° 19' "W" PROV. : CAÑETE
ALT. : 158 msnm DIST. : IMPERIAL

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2003	0.4	0.9	T	T	0.2	0.5	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.4

PROHIBIDA SU REPRODUCCION
PARCIAL O TOTAL

SENAMHI

OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : CAÑETE /CO-616/DRE-04 LAT : 13° 04' "S" DPTO. : LIMA
 PARAMETRO : PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) LONG. : 76° 20' "W" PROV. : CAÑETE
 ALT. : 150 msnm. DIST. : NUEVO IMPERIAL

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1986	0,7	0,9	1,8	0,3	1,9	3,3	2	5	3,3	0,3	1,1	0,2
1987	0	0,4	T	0	0,6	1,7	2,4	2,1	0,5	7	0,9	0,2
1988	1,1	1,5	0	0	0,1	1,2	1,6	2	1,1	0,2	0,2	0
1989	0	0,4	0,8	0,1	0,5	2,6	1	0,7	2,6	1,2	0,1	0
1990	0,8	0	0	0,1	2,2	4,1	3,1	0,7	0,7	0,7	0	4
1995	0,4	0,1	1,4	0,2	T	0,6	3,3	3,5	3,6	0,6	2,4	0,1
1996	1,3	1,4	1,0	T	0,5	5,4	2,8	2,6	0,7	0,4	0,8	0,2
1997	2,2	0,1	T	0,2	T	T	T	3,2	3,5	0,4	1,1	T
1998	9,6	0,1	1,9	0,1	0,5	3,0	1,6	3,0	1,0	0,7	1,3	0,2
1999	0,6	5,1	0,1	T	0,2	1,5	1,5	2,4	0,3	0,3	0,5	1,1
2000	0,6	1,4	0,1	T	0,5	2,6	3,0	4,3	2,6	T	0,7	0,8
2001	T	1,3	0,6	0,2	1,5	1,7	4,9	2,4	T	0,5	1,7	0,4

S/D = Sin Dato
 T = Trazas

SLUMP-LEY N° 23560

INFORMACION PREPARADA PARA GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.
 LIMA, 24 DE ABRIL DEL 2002



PROHIBIDA SU REPRODUCCION
 PARCIAL O TOTAL

SENAMHI

OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : CAÑETE /CO-616/DRE-04
PARAMETRO : TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)

LAT. : 13° 04' "S"
LONG. : 76° 20' "W"
ALT. : 150 msnm.

DPTO. : LIMA
PROV. : CAÑETE
DIST. : NUEVO IMPERIAL

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1986	22,3	23,0	22,2	21,0	17,9	15,8	15,8	16,4	16,6	17,7	18,9	21,5
1987	23,5	24,3	24,0	22,0	19,9	17,7	17,4	17,2	17,4	18,5	19,9	21,5
1988	22,3	23,2	22,3	21,5	19,6	16,1	15,3	15,0	16,1	17,5	19,2	21,0
1989	22,2	23,9	23,1	20,4	17,6	16,7	16,1	15,8	16,3	17,9	18,9	20,9
1990	22,7	23,0	22,7	21,2	20,0	17,0	16,0	15,4	16,3	17,3	18,7	20,5
1995	23,8	24,1	23,4	20,9	19,6	17,5	16,2	15,5	16,8	16,8	19,3	24,2
1996	21,9	22,9	22,5	20,6	17,9	15,4	15,2	15,8	16,0	17,1	18,0	20,5
1997	22,6	23,3	23,3	21,6	21,3	21,5	20,9	20,4	20,6	20,2	21,6	S/D
1998	26,1	25,6	25,8	22,7	20,8	18,5	17,5	16,7	16,3	17,8	18,6	20,8
1999	22,4	24,1	23,3	21,2	19,0	16,7	15,9	16,0	16,7	17,9	18,8	20,8
2000	22,6	23,3	22,7	22,0	19,1	17,1	16,3	16,3	17,0	18,0	18,9	21,2
2001	22,0	23,8	23,7	21,8	18,5	16,4	15,7	15,7	16,4	17,3	18,7	21,0

S/D = Sin Dato.

SLUMP-LEY N° 23560

INFORMACION PREPARADA PARA GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.
LIMA, 24 DE ABRIL DEL 2002



PROHIBIDA SU REPRODUCCION
PARCIAL O TOTAL

ANEXO B
CURVAS DE PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL VERSUS ALTITUD

Cuenca del Río Cañete
Precipitación Promedio Anual en Diversas Estaciones Meteorológicas

Estación	Período		Nº de Años	Altitud (msnm)	Precipitación Promedio Anual (mm)
Cañete ⁽¹⁾	1986	2001	16	150	15.4
Huangáscar	1964	2001	38	2450	297.3
Siria	1947	1967	21	3680	707.9
Sunca	1945	1967	23	3845	764.5
Yauricocha	1943	1968	26	4522	945.1

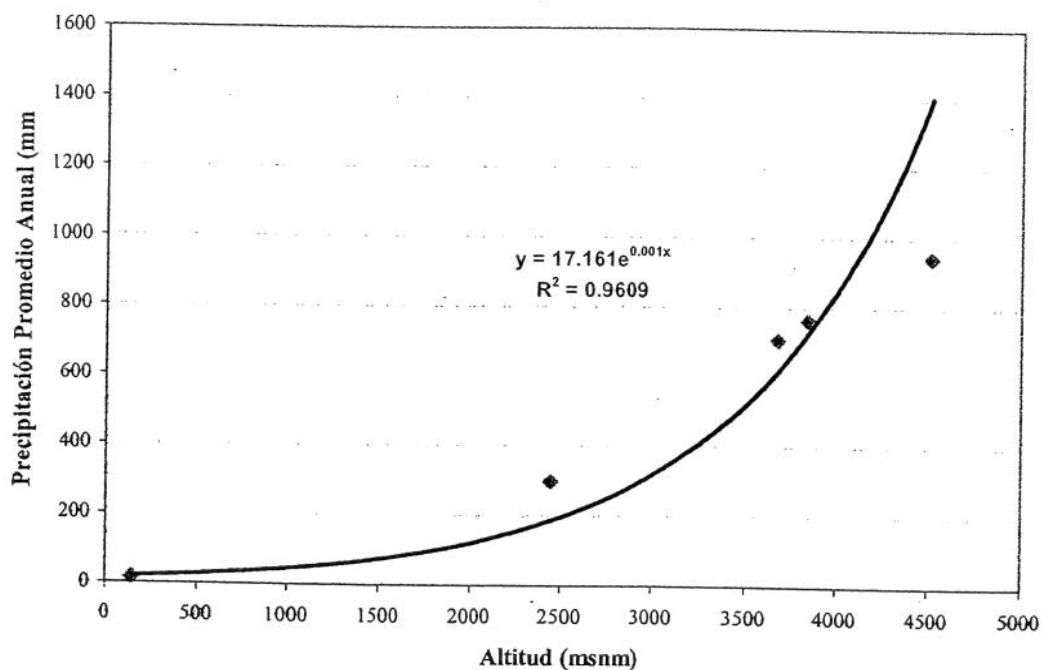
Fuente:

Inventario Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa
 Cuenca del Río Cañete, ONERN (Junio 1970)

Nota:

⁽¹⁾ Fuente: SENAMHI

Curva de Precipitación vs. Altitud



Cuenca del Río Pisco
Precipitación Promedio Anual en Diversas Estaciones Meteorológicas

	Precipitación	Altitud (msnm)	Nº de Años
Huancano	20.6	1027	16
Huamari	12.4	1050	18
Tambo	404.9	3250	18
Cusicancha	306.8	3400	24
Libertadores	926.2	3710	16
Pisco*	1.6	6	21
Agnococha*	784.2	4650	21
Choclococha	791.3	4550	31

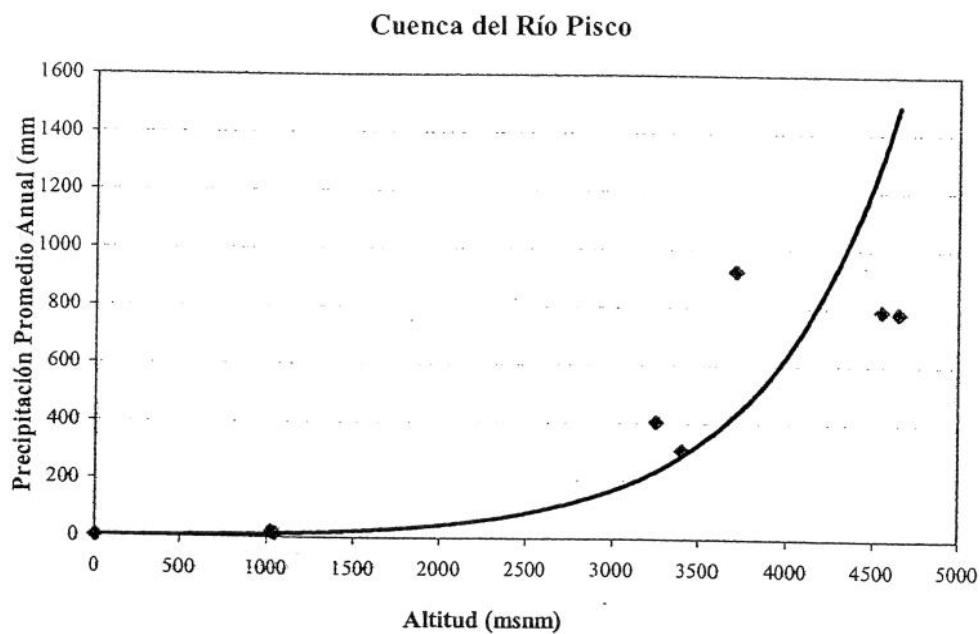
Fuente:

Sistema de Transporte de Gas y Condensados, Proyecto Camisea

Ingeniería de Ríos, Sector Costa - Sector Sierra - Sector Selva, (Golder, Mayo 2003)

* Inventario Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa

Cuenca del Río Pisco ONERN (Enero 1971)



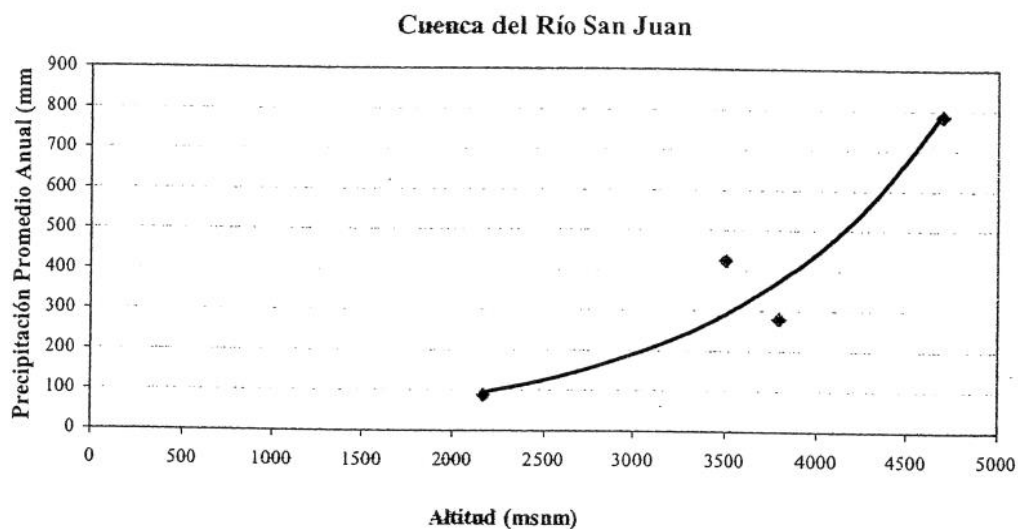
Cuenca del Río San Juan
Precipitación Promedio Anual en Diversas Estaciones Meteorológicas

Precipitación Promedio Anual	Altitud (msnm)	Estación	Período		Nº de Años
88.5	2170	Yanac	1964	1968	5
425.3	3500	Arma	1964	1967	4
280.4	3798	San Pedro de Huacarpana	1964	1968	5
785.6	4695	Chuncho	1945	1968	24

Fuente:

Inventario Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa

Cuencas de los Ríos San Juan (Chincha) y Topará, ONERN (Octubre 1970)



ANEXO C
CÁLCULO DE VALORES EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN EN 24
HORAS PARA LA ESTACIÓN CAÑETE

Estación Cañete - Serie Completa

Análisis de Distribución Gumbel

Orden	Período de retorno (T)	Probabilidad de excedencia (P)	Variable reducida (Kt)	Valor Observado (mm)	Valor Esperado (mm)
1	49.00	2.04%	2.577	23.0	16.0
2	24.50	4.08%	2.028	21.0	13.3
3	16.33	6.12%	1.703	14.0	11.7
4	12.25	8.16%	1.471	13.0	10.6
5	9.80	10.20%	1.288	10.0	9.7
6	8.17	12.24%	1.137	7.0	9.0
7	7.00	14.29%	1.008	6.0	8.3
8	6.13	16.33%	0.895	4.5	7.8
9	5.44	18.37%	0.794	3.2	7.3
10	4.90	20.41%	0.702	3.1	6.9
11	4.45	22.45%	0.618	3.0	6.5
12	4.08	24.49%	0.540	3.0	6.1
13	3.77	26.53%	0.468	2.9	5.7
14	3.50	28.57%	0.399	2.7	5.4
15	3.27	30.61%	0.335	2.6	5.1
16	3.06	32.65%	0.274	2.6	4.8
17	2.88	34.69%	0.215	2.6	4.5
18	2.72	36.73%	0.159	2.3	4.2
19	2.58	38.78%	0.105	2.2	4.0
20	2.45	40.82%	0.053	2.2	3.7
21	2.33	42.86%	0.003	2.0	3.5
22	2.23	44.90%	-0.046	2.0	3.2
23	2.13	46.94%	-0.094	2.0	3.0
24	2.04	48.98%	-0.141	1.9	2.8
25	1.96	51.02%	-0.187	1.6	2.6
26	1.88	53.06%	-0.232	1.6	2.3
27	1.81	55.10%	-0.277	1.6	2.1
28	1.75	57.14%	-0.321	1.5	1.9
29	1.69	59.18%	-0.364	1.5	1.7
30	1.63	61.22%	-0.408	1.5	1.5
31	1.58	63.27%	-0.451	1.5	1.3
32	1.53	65.31%	-0.494	1.5	1.1
33	1.48	67.35%	-0.538	1.5	0.9
34	1.44	69.39%	-0.581	1.4	0.6
35	1.40	71.43%	-0.626	1.3	0.4
36	1.36	73.47%	-0.670	1.2	0.2
37	1.32	75.51%	-0.716	1.1	0.0
38	1.29	77.55%	-0.763	1.1	-0.2
39	1.26	79.59%	-0.811	1.0	-0.5
40	1.23	81.63%	-0.861	1.0	-0.7
41	1.20	83.67%	-0.914	1.0	-1.0
42	1.17	85.71%	-0.969	0.9	-1.2
43	1.14	87.76%	-1.028	0.8	-1.5
44	1.11	89.80%	-1.093	0.7	-1.8
45	1.09	91.84%	-1.166	0.7	-2.2
46	1.07	93.88%	-1.251	0.6	-2.6
47	1.04	95.92%	-1.356	0.6	-3.1
48	1.02	97.96%	-1.509	0.0	-3.9

Media	3.46
Desv. Est.	4.85
Cs	2.90

T (años)	P	Kt	P24 (mm)
1.02	97.96%	-1.509	-3.86
5	20.00%	0.720	6.95
10	10.00%	1.305	9.79
20	5.00%	1.866	12.51
50	2.00%	2.592	16.03
100	1.00%	3.137	18.67
150	0.67%	3.454	20.21
200	0.50%	3.679	21.30
500	0.20%	4.395	24.77

Estación Cañete - Serie Completa

Análisis de Distribución Log Pearson Tipo III

Orden	Periodo de retorno (T)	Probabilidad de excedencia (P)	Variable reducida (Kt)	Valor Observado (mm)	Valor Esperado (mm)
1	49.00	2.04%	2.388	23.0	19.3
2	24.50	4.08%	1.948	21.0	12.8
3	16.33	6.12%	1.677	14.0	9.9
4	12.25	8.16%	1.476	13.0	8.2
5	9.80	10.20%	1.315	10.0	7.1
6	8.17	12.24%	1.179	7.0	6.2
7	7.00	14.29%	1.061	6.0	5.6
8	6.13	16.33%	0.956	4.5	5.0
9	5.44	18.37%	0.860	3.2	4.6
10	4.90	20.41%	0.772	3.1	4.2
11	4.45	22.45%	0.691	3.0	3.9
12	4.08	24.49%	0.615	3.0	3.7
13	3.77	26.53%	0.543	2.9	3.4
14	3.50	28.57%	0.475	2.7	3.2
15	3.27	30.61%	0.410	2.6	3.0
16	3.06	32.65%	0.348	2.6	2.8
17	2.88	34.69%	0.288	2.6	2.7
18	2.72	36.73%	0.230	2.3	2.6
19	2.58	38.78%	0.174	2.2	2.4
20	2.45	40.82%	0.119	2.2	2.3
21	2.33	42.86%	0.066	2.0	2.2
22	2.23	44.90%	0.014	2.0	2.1
23	2.13	46.94%	-0.037	2.0	2.0
24	2.04	48.98%	-0.088	1.9	1.9
25	1.96	51.02%	-0.137	1.6	1.8
26	1.88	53.06%	-0.186	1.6	1.7
27	1.81	55.10%	-0.235	1.6	1.6
28	1.75	57.14%	-0.284	1.5	1.6
29	1.69	59.18%	-0.332	1.5	1.5
30	1.63	61.22%	-0.381	1.5	1.4
31	1.58	63.27%	-0.429	1.5	1.4
32	1.53	65.31%	-0.478	1.5	1.3
33	1.48	67.35%	-0.528	1.5	1.3
34	1.44	69.39%	-0.578	1.4	1.2
35	1.40	71.43%	-0.628	1.3	1.1
36	1.36	73.47%	-0.680	1.2	1.1
37	1.32	75.51%	-0.733	1.1	1.0
38	1.29	77.55%	-0.787	1.1	1.0
39	1.26	79.59%	-0.844	1.0	0.9
40	1.23	81.63%	-0.902	1.0	0.9
41	1.20	83.67%	-0.964	1.0	0.8
42	1.17	85.71%	-1.030	0.9	0.8
43	1.14	87.76%	-1.100	0.8	0.7
44	1.11	89.80%	-1.177	0.7	0.7
45	1.09	91.84%	-1.264	0.7	0.6
46	1.07	93.88%	-1.365	0.6	0.6
47	1.04	95.92%	-1.491	0.6	0.5
48	1.02	97.96%	-1.672	0.2	0.4

Media	3.46
Desv. Est.	4.85
Cs	2.90

T (años)	P	Kt	P24 (mm)
1.02	97.96%	-1.672	0.43
5	20.00%	0.789	4.31
10	10.00%	1.330	7.15
20	5.00%	1.814	11.25
50	2.00%	2.401	19.50
100	1.00%	2.818	28.82
150	0.67%	3.054	35.94
200	0.50%	3.218	41.92
500	0.20%	3.727	67.54

Estación Cañete - Serie Completa

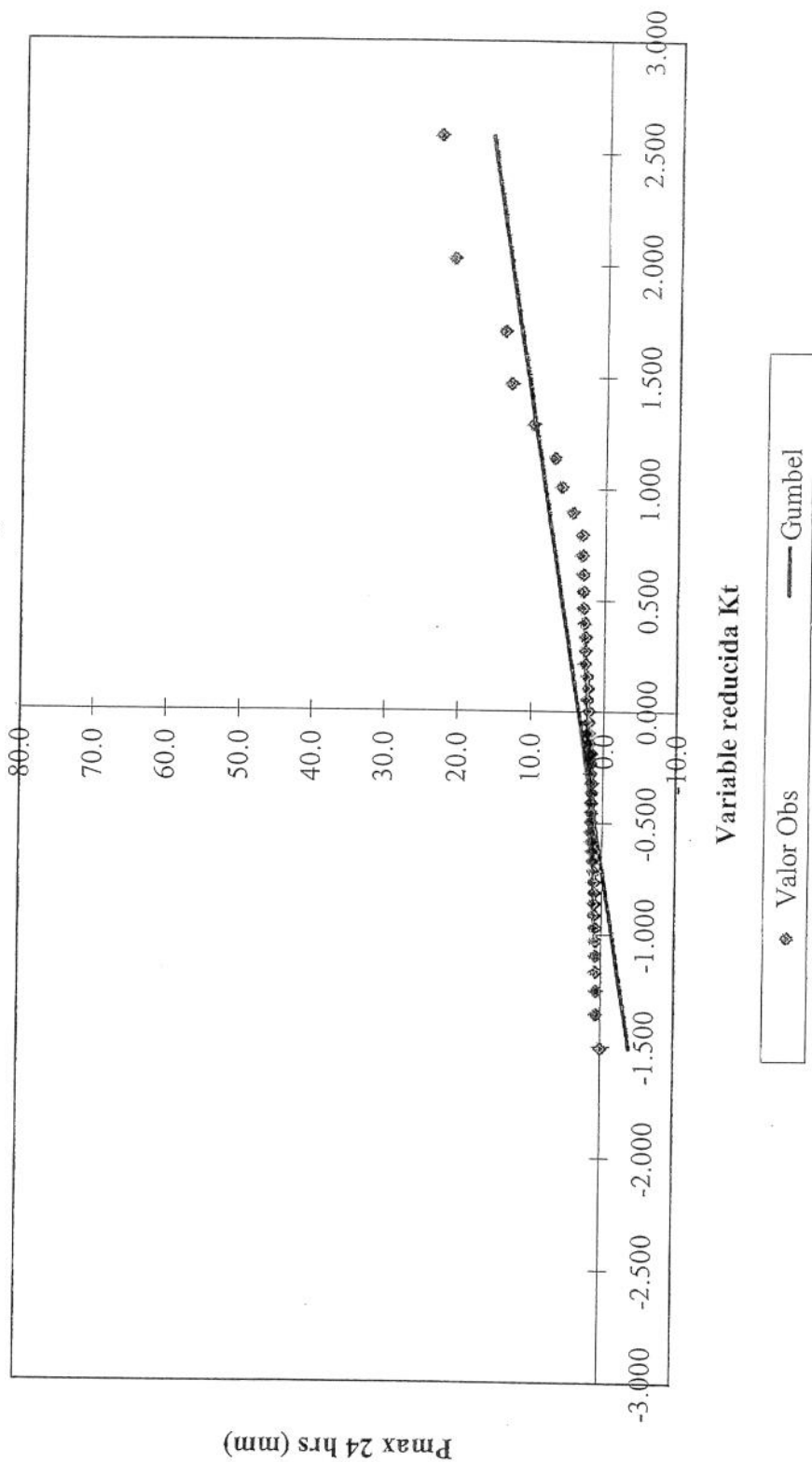
Análisis de Distribución Log Normal

Orden	Período de retorno (T)	Probabilidad de excedencia (P)	Variable reducida (Kt)	Valor Observado (mm)	Valor Esperado (mm)
1	49.00	2.04%	2.046	23.0	14.0
2	24.50	4.08%	1.742	21.0	10.5
3	16.33	6.12%	1.545	14.0	8.7
4	12.25	8.16%	1.394	13.0	7.6
5	9.80	10.20%	1.270	10.0	6.8
6	8.17	12.24%	1.163	7.0	6.1
7	7.00	14.29%	1.068	6.0	5.6
8	6.13	16.33%	0.981	4.5	5.2
9	5.44	18.37%	0.901	3.2	4.8
10	4.90	20.41%	0.827	3.1	4.5
11	4.45	22.45%	0.757	3.0	4.2
12	4.08	24.49%	0.690	3.0	3.9
13	3.77	26.53%	0.627	2.9	3.7
14	3.50	28.57%	0.566	2.7	3.5
15	3.27	30.61%	0.506	2.6	3.3
16	3.06	32.65%	0.449	2.6	3.1
17	2.88	34.69%	0.393	2.6	3.0
18	2.72	36.73%	0.338	2.3	2.8
19	2.58	38.78%	0.285	2.2	2.7
20	2.45	40.82%	0.232	2.2	2.6
21	2.33	42.86%	0.180	2.0	2.4
22	2.23	44.90%	0.128	2.0	2.3
23	2.13	46.94%	0.077	2.0	2.2
24	2.04	48.98%	0.026	1.9	2.1
25	1.96	51.02%	-0.026	1.6	2.0
26	1.88	53.06%	-0.077	1.6	1.9
27	1.81	55.10%	-0.128	1.6	1.8
28	1.75	57.14%	-0.180	1.5	1.7
29	1.69	59.18%	-0.232	1.5	1.7
30	1.63	61.22%	-0.285	1.5	1.6
31	1.58	63.27%	-0.338	1.5	1.5
32	1.53	65.31%	-0.393	1.5	1.4
33	1.48	67.35%	-0.449	1.5	1.4
34	1.44	69.39%	-0.506	1.4	1.3
35	1.40	71.43%	-0.566	1.3	1.2
36	1.36	73.47%	-0.627	1.2	1.1
37	1.32	75.51%	-0.690	1.1	1.1
38	1.29	77.55%	-0.757	1.1	1.0
39	1.26	79.59%	-0.827	1.0	0.9
40	1.23	81.63%	-0.901	1.0	0.9
41	1.20	83.67%	-0.981	1.0	0.8
42	1.17	85.71%	-1.068	0.9	0.8
43	1.14	87.76%	-1.163	0.8	0.7
44	1.11	89.80%	-1.270	0.7	0.6
45	1.09	91.84%	-1.394	0.7	0.6
46	1.07	93.88%	-1.545	0.6	0.5
47	1.04	95.92%	-1.742	0.6	0.4
48	1.02	97.96%	-2.046	0.2	0.3

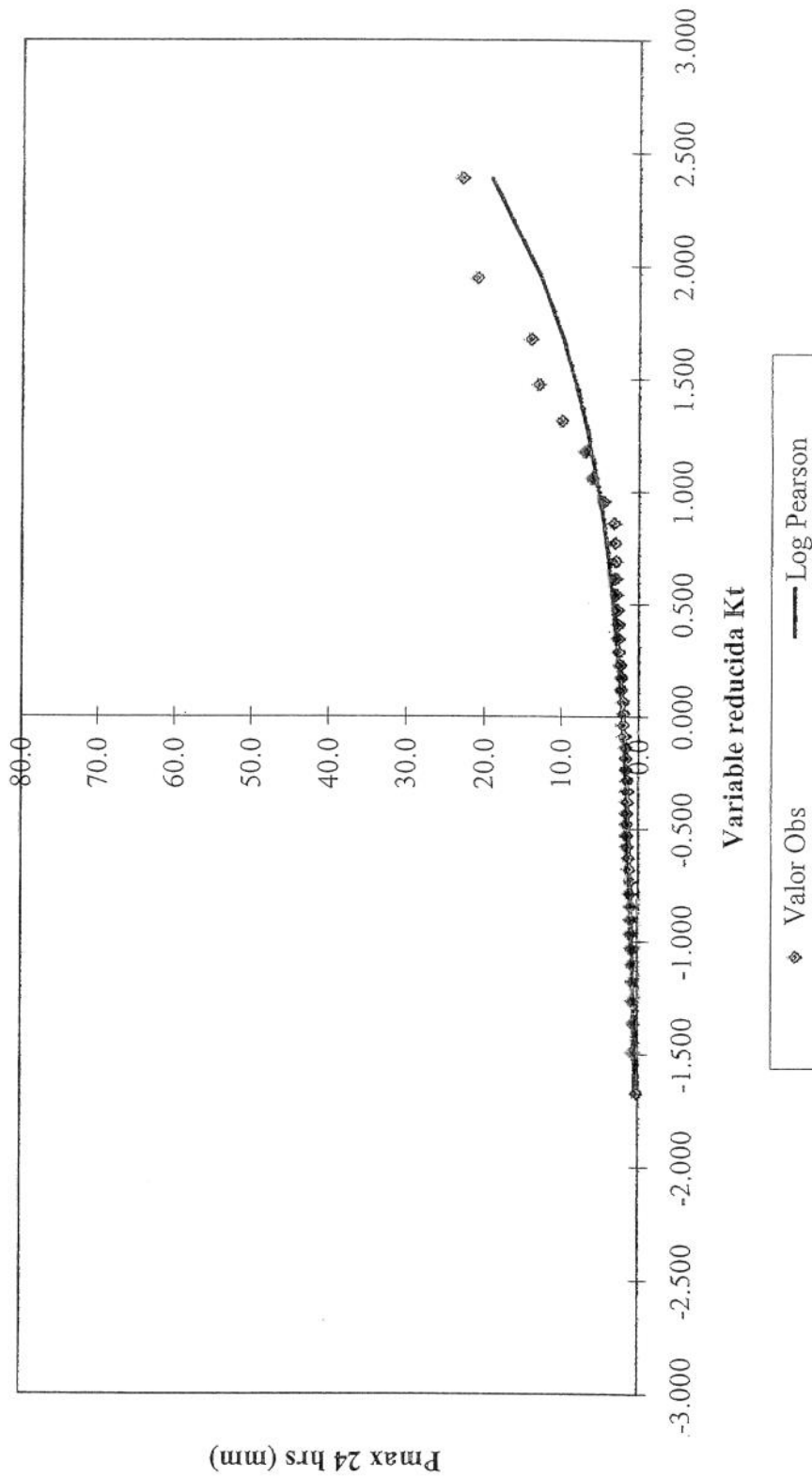
Media	3.46
Desv. Est.	4.85
Cs	2.90

T (años)	P	Kt	P24 (mm)
1.02	97.96%	-2.046	0.30
5	20.00%	0.841	4.52
10	10.00%	1.282	6.83
20	5.00%	1.645	9.61
50	2.00%	2.054	14.09
100	1.00%	2.327	18.19
150	0.67%	2.475	20.90
200	0.50%	2.576	22.98
500	0.20%	2.879	30.50

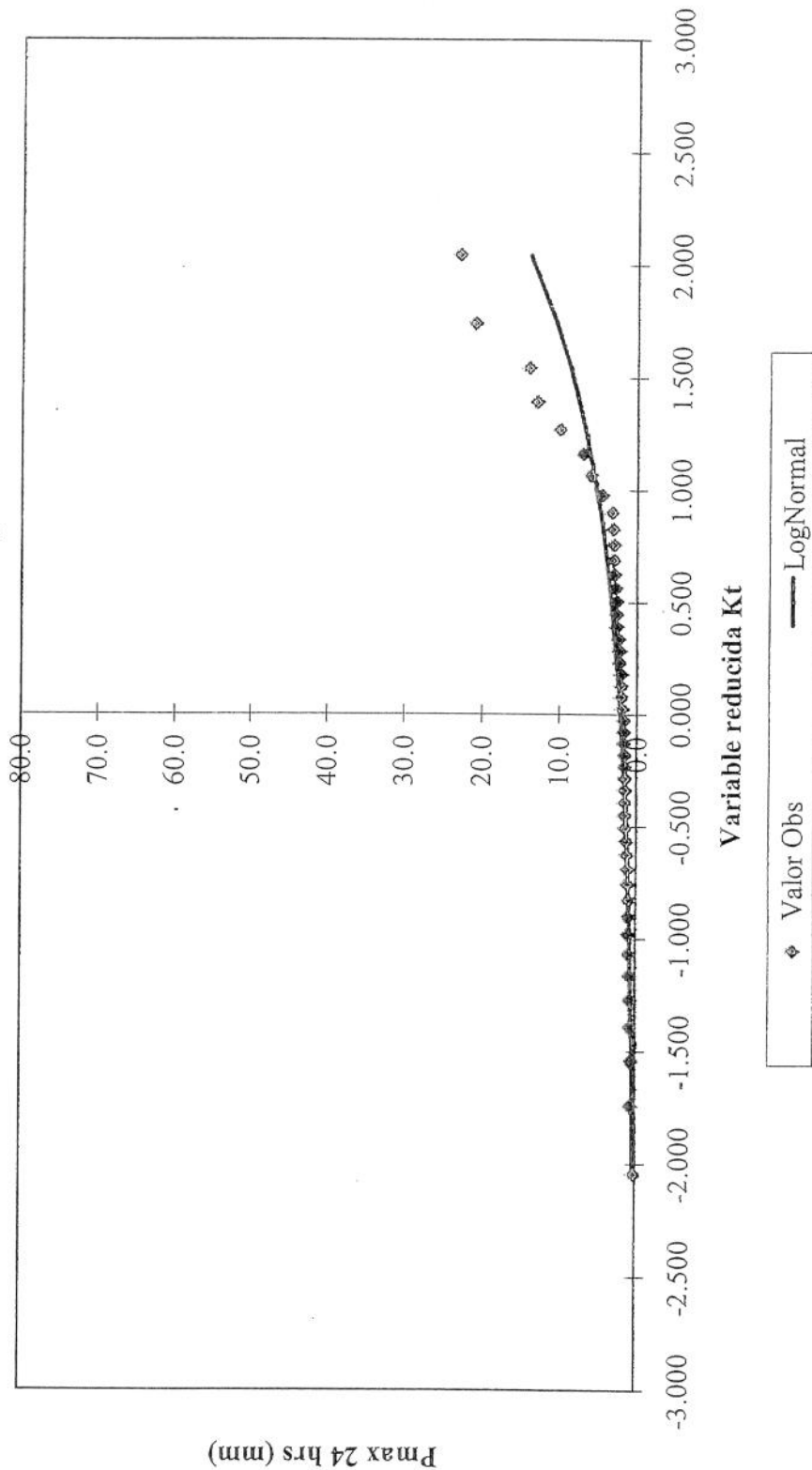
Estación Cañete- Ajuste Estadístico de Gumbel Valores máximos serie completa



Estación Cañete- Ajuste Estadístico LogPearson Valores máximos serie completa



Estación Cañete - Ajuste Estadístico LogNormal Valores máximos serie completa



ANEXO D ANÁLISIS DE AVENIDAS

TABLA DE CONTENIDO

<u>SECCIÓN</u>	<u>PÁGINA</u>
TABLA DE CONTENIDO	I
1.0 ANÁLISIS DE AVENIDAS	1
1.1 Tormenta de Diseño	2
1.2 Tiempo de Concentración.....	2
1.3 Número de Curva (CN)	2
1.4 Cálculo de Avenidas	4
1.5 Hidráulica Fluvial	4
1.6 Transporte de Sólidos.....	5

LISTA DE TABLAS

Tabla D-1	Hidrógrafo de Precipitación
Tabla D-2	Hidrógrafo de caudales

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Hidrograma de Precipitación
Figura 2	Hidrógrafo de caudales

1.0 ANÁLISIS DE AVENIDAS

Se ha realizado un cálculo de avenidas en las cuatro cuencas ubicadas en el ámbito de la planta de licuefacción ubicada en Pampa Melchorita. El punto de control tomado para el análisis de avenidas ha sido en la desembocadura de cada una las vegas en la carretera Panamericana Sur. Las características de cada una de estas cuencas se presentan a continuación:

Parámetro	Quebrada Culebrillas	Pampa Cañete	Pampa Melchorita	Pampa Cinco Cruces
Área (km ²)	84,8	67,7	5,3	27,0
Altura Media (msnm)	550	250	180	250
Precipitación Media Anual (mm)	30	22	20	22
P. Máxima en 24 horas (T=150 años)	44	36	36	36
Duración de la Tormenta (horas)	4	4	4	4
Número de Curva (CN)	63	63	63	63
Longitud Hidráulica Máxima (m)	27 000	11 000	3 500	9 000
Pendiente Promedio (m/m)	0,020	0,020	0,020	0,020
Tiempo de Concentración (horas)	3,0	2,0	0,75	1,50
Ancho de Cauce (m)	500	200	100	200

Para el cálculo de la lámina de escorrentía generada por la tormenta de diseño, se ha utilizado el método de las abstracciones del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS, por sus siglas en inglés, 1986). Este método utiliza como parámetro para el cálculo de las pérdidas durante la tormenta un número de curva adimensional (CN) estimado de acuerdo al grupo de suelo hidrológico y al tipo de cobertura existente en la cuenca.

La lámina de escorrentía o exceso de precipitación, para cada intervalo de tiempo definido, se ha transformado en caudal mediante el uso de Hidrograma Unitario Sintético 484 del SCS aplicado para el tiempo de concentración estimado para la cuenca.

Los supuestos empleados en el análisis de avenidas son de carácter conservador ante la ausencia de información que permita adoptar otra posición. Los supuestos conservadores del análisis están relacionados con la estimación del número de curva (CN) y la distribución escogida para la tormenta de diseño.

1.1 Tormenta de Diseño

Debido a la inexistencia de registros en la zona, el hidrograma de precipitación en 24 horas, ha sido desarrollado conservadoramente en base a una tormenta de cuatro horas de duración e intensidad constante, apropiada para representar las tormentas de la costa.

El período de retorno seleccionado para el cálculo del caudal máximo de avenidas fue de 150 años, por lo que se utilizará como parámetro de entrada el valor de la precipitación máxima en 24 horas para el mismo período de retorno. Este período de retorno es consistente con el criterio de diseño para estructuras de control de aguas en presas intermedias con poca probabilidad de pérdida de vidas o baja amenaza (Chow, 1 987).

El hidrograma de tormenta utilizados como dato de entrada para el cálculo del hidrograma de caudales distribuyen la profundidad de la lluvia total en 24 horas para un período de retorno de 150 años de acuerdo a una intensidad constantes en cuatro horas. Según las recomendaciones de la World Meteorological Organization (1994), no se ha considerado ningún factor de reducción por efectos de área en aquellas cuencas que presenta un área menor a 25 km², es decir, se ha trabajado con la suposición que la lámina de lluvia generada por la tormenta es constante sobre toda el área de la cuenca. El hidrograma de precipitación en 24 horas se muestra en la Tabla D-1.

1.2 Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración es el tiempo requerido por una gota de agua escurrida para llegar del punto más alejado de la cuenca hasta el punto de control, y es de importancia en el cálculo del caudal pico pues representa el instante en que toda la cuenca está contribuyendo al caudal máximo. El tiempo de concentración en la cuenca se ha calculado mediante la fórmula de Kirpich (1940):

$$tc = 0.0078L^{0.77} S^{-0.385}$$

Donde:

tc: tiempo de concentración (min),

L: longitud hidráulica más larga en la cuenca (pies),

S: pendiente promedio (pies/pies).

1.3 Número de Curva (CN)

De acuerdo con la clasificación del SCS los suelos predominantes en la intercuenca Pampa Melchorita se enmarcan dentro del grupo de suelos del tipo A, es decir, suelos que presentan tasas

de infiltración de moderadas a bajas cuando se encuentran saturados. La textura de los suelos del tipo A es básicamente granular con una cantidad moderada de finos de alta potencia. El tipo de cobertura del suelo en la cuenca Pampa Melchorita se puede clasificar como entornos de desierto natural. Por lo tanto, para estas características, el número de curva estimado por el SCS corresponde a 63 (SCS, 1972).

El número de curva CN estima los valores de abstracción o infiltración inicial (I_a) en base a un porcentaje de la capacidad de retención máxima (S) de los suelos en la cuenca. La infiltración inicial (I_a) consiste principalmente de interceptación, infiltración y retención superficial antes que comience la escorrentía. La retención máxima (S) es la infiltración que ocurre luego que la escorrentía comienza. Esta infiltración posterior está controlada por la tasa de transmisión o la capacidad de almacenamiento de agua en el perfil del suelo, aquel que sea el factor limitante.

El cálculo de la abstracción inicial (I_a) y la retención máxima (S) está dado por las siguientes ecuaciones expresadas en unidades inglesas como:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

$$I_a = 0.2S$$

Para el número de curva seleccionado de 63, la retención máxima se calcula en 5,87 pulgadas (152,11 mm), la abstracción inicial (I_a) es igual a 1,19 pulgadas (30,4 mm). Esto quiere decir que la escorrentía solo comienza luego de un período de abstracción inicial en el cual el suelo ha retenido 30,4 mm de agua precipitada sobre la cuenca. Una vez que se ha superado este período el exceso de precipitación se convierte en escorrentía superficial.

La lámina de escorrentía calculada mediante este método se puede estimar mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

Donde:

- Q: lámina de escorrentía (mm);
- P precipitación (mm);
- S retención máxima de la cuenca (mm);
- I_a : abstracción inicial (mm).

Por lo tanto, para una precipitación de 36 mm la lámina de escorrentía generada para una cuenca caracterizada con número de curva (CN) igual a 63 es de 0,20 mm. Es decir el coeficiente de escorrentía estimado para la duración total de la tormenta es de 0,005.

Para una precipitación de 44 mm la lámina de escorrentía generada para una cuenca caracterizada con número de curva (CN) igual a 63 es de 1,12 mm. Es decir el coeficiente de escorrentía estimado para la duración total de la tormenta es de 0,025.

1.4 Cálculo de Avenidas

Para el desarrollo del hidrograma de caudales para las cuencas modeladas se ha empleado el Hidrograma Sintético 484 del SCS para transformar el exceso de precipitación (precipitación luego de pérdidas) en caudales máximos para intervalos de 0,08 horas (5 minutos). El cálculo de las avenidas ha sido desarrollado con el programa Sistema de Modelación Hidrológica desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros Hidrológicos del Ejército de los Estados Unidos de Norteamérica (HEC-HMS). El resumen de los resultados se presenta a continuación:

Parámetro	Quebrada Culebrillas	Pampa Cañete	Pampa Melchorita	Pampa Cinco Cruces
Área (km ²)	84,8	67,7	5,3	27,0
Caudal Pico para 150 años de Retorno (m ³ /s)	10,22	3,17	0,43	1,27
Rendimiento Unitario Pico (m ³ /s/km ²)	0,12	0,05	0,08	0,05

Estos caudales se generarían sólo durante el instante pico de la tormenta, el cual se estima que no duraría más de 30 minutos (ver hidrograma de caudales en la Tabla D-2).

1.5 Hidráulica Fluvial

Para determinar las condiciones de flujo (profundidad y velocidad) en las quebradas evaluadas se ha utilizado la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{A \times R^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

Donde:

- Q: Caudal (m³/s),
- A: Area mojada (m²),
- R: Radio hidráulico (m)
- S: Pendiente promedio (m/m)
- n: Coeficiente de rugosidad de Manning

La fórmula de Manning ha sido utilizada para determinar la profundidad del flujo necesaria para conducir el caudal de diseño en base a los parámetros hidráulicos de cada cuenca.

El área mojada del flujo ha sido determinada en base a la multiplicación del ancho del cauce por la profundidad del flujo. El radio hidráulico ha sido aproximado a un valor igual a la profundidad del flujo, lo cual es una buena aproximación cuando se trata de cauces cuya relación ancho/profundidad es grande. La pendiente promedio ha sido estimada en base a las características hidráulicas de la cuenca (ver la Tabla 3-3). El número de Manning ha sido estimado en 0,030; aplicable según Chow (1994) para corrientes naturales en planicies, limpias, rectas, sin montículos ni pozos profundos.

De acuerdo con los cálculos hidráulicos empleando un ancho de cauce de 500 m en la quebrada Culebrillas, la profundidad del flujo (tirante) resultante sería de alrededor de 3 cm para un caudal de 10,22 m³/s, en una pendiente de 0,020.

Para la Pampa Cañete, considerando un ancho de cauce de 200 m, el tirante del flujo para un caudal de 3,17 m³/s en una pendiente de 0,020; sería también de alrededor de 3 cm.

Para la Pampa Melchorita, considerando un ancho de cauce de 100 m; la profundidad de flujo para un caudal pico de 0,43 m³/s en una pendiente de 0,020; sería de alrededor de 1,5 cm.

Para la Pampa Cinco Cruces, considerando un ancho de cauce de 200 m; el tirante del flujo para un caudal de 1,27 m³/s en una pendiente de 0,020; sería también de menos de 2 cm.

1.6 Transporte de Sólidos

Cuando el agua fluye a través de un canal natural o artificial se produce una fuerza de corte sobre el fondo del lecho, lo cual ocasiona el arrastre o erosión de las partículas que conforman la base del canal.

Bajo condiciones promedio de flujo (eventos normales), el arrastre no es significativo, pues el lecho del cauce ha alcanzado ya su condición de equilibrio en la cual solo las partículas que resisten la acción erosiva del agua permanecen en el cauce. Sin embargo, cuando se producen las avenidas extremas el valor de la fuerza cortante sobre el fondo supera los valores promedio generándose lo que se denomina el arrastre de fondo.

Al tamaño máximo de la partícula que es susceptible de ser removida bajo una condición específica de flujo se le denomina diámetro crítico, y puede ser calculado mediante la siguiente expresión (Schoklitsch, 1934):

$$d_c = \frac{\gamma \times R_h \times S}{0.076 \times (\gamma_s - \gamma)}$$

Donde:

dc: Diámetro crítico (m),

γ : Peso específico del agua (1 000 kg/m³),

γ_s : Peso específico del sólido (2 650 kg/m³),

Rh: Radio hidráulico del flujo (m), y

S: Pendiente longitudinal del fondo (m/m).

Se ha calculado el diámetro crítico que puede ser removido del fondo de la quebrada Pampa Melchorita durante la ocurrencia de la avenida de 150 años. El caudal de 0,43 m³/s cuando escurre sobre un cauce de base 100 m y una pendiente de fondo de 0,020 genera en la sección promedio de la quebrada un radio hidráulico de 0,03 m. Por lo tanto, utilizando la fórmula de Schoklitsch la avenida de 150 años tiene la capacidad para erosionar en Pampa Melchorita las partículas de hasta 0,01 m de diámetro.

GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.



Jorge Tovar Pacheco
Gerente de Proyecto

JT/rc

TABLAS Y FIGURAS

Tabla D-1 : Hidrograma de Precipitación

Culebrillas:

 $P_{24,T}$ (mm) =

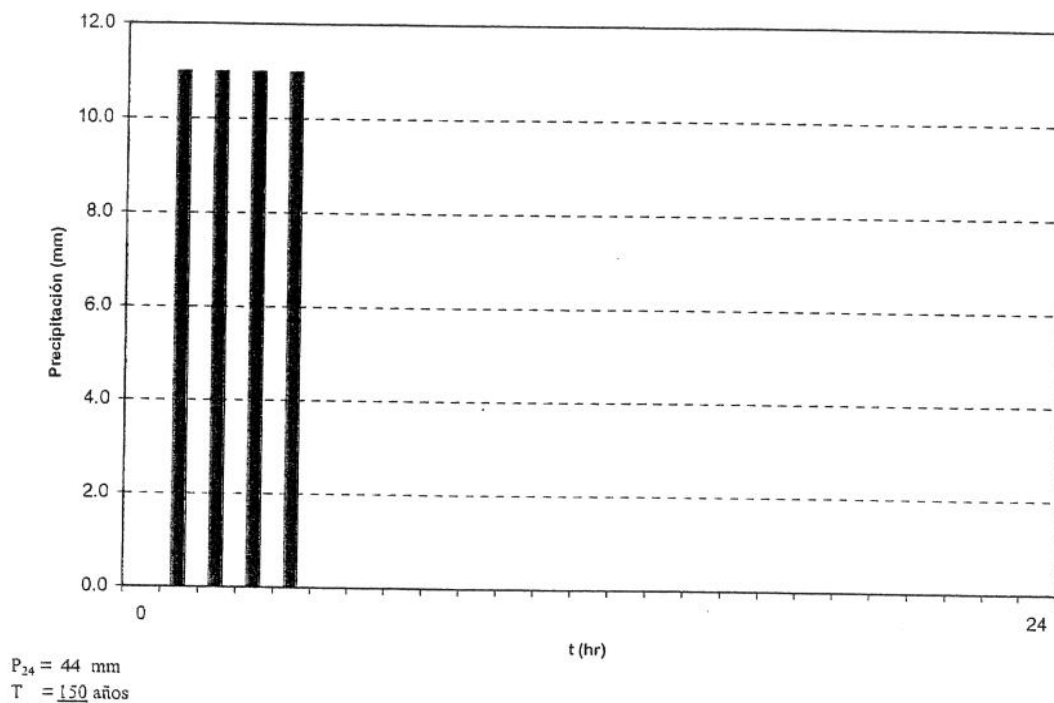
T (años) =

Cañete, Melchorita, Cinco Cruces:

 $P_{24,T}$ (mm) = 36T (años) = 150

t (hr)	Pacum (mm)	Pt (mm)	Pacum (mm)	Pacum (mm)	Pt (mm)
0.00	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
1.00	11.000	11.00	0.004	9.000	9.00
2.00	22.000	11.00	0.006	18.000	9.00
3.00	33.000	11.00	0.006	27.000	9.00
4.00	44.000	11.00	0.006	36.000	9.00
5.00	44.000	0.00	0.006	36.000	0.00
6.00	44.000	0.00	0.006	36.000	0.00
7.00	44.000	0.00	0.006	36.000	0.00
8.00	44.000	0.00	0.006	36.000	0.00
9.00	44.000	0.00	0.006	36.000	0.00
10.00	44.000	0.00	0.006	36.000	0.00
11.00	44.000	0.00	0.006	36.000	0.00
12.00	44.000	0.00	0.006	36.000	0.00
13.00	44.000	0.00	0.006	36.000	0.00
14.00	44.000	0.00	0.006	36.000	0.00
15.00	44.000	0.00	0.006	36.000	0.00
16.00	44.000	0.00	0.008	36.000	0.00
17.00	44.000	0.00	0.008	36.000	0.00
18.00	44.000	0.00	0.008	36.000	0.00
19.00	44.000	0.00	0.008	36.000	0.00
20.00	44.000	0.00	0.008	36.000	0.00
21.00	44.000	0.00	0.008	36.000	0.00
22.00	44.000	0.00	0.008	36.000	0.00
23.00	44.000	0.00	0.008	36.000	0.00
24.00	44.000	0.00	0.008	36.000	0.00
		44.00			36.00

Figura D-1
Hidrograma de Precipitación en 24 hrs - SCS Tipo II
Culebrillas



Hidrograma de Precipitación en 24 hrs - SCS Tipo II
Cañete, Melchorita, Cinco Cruces

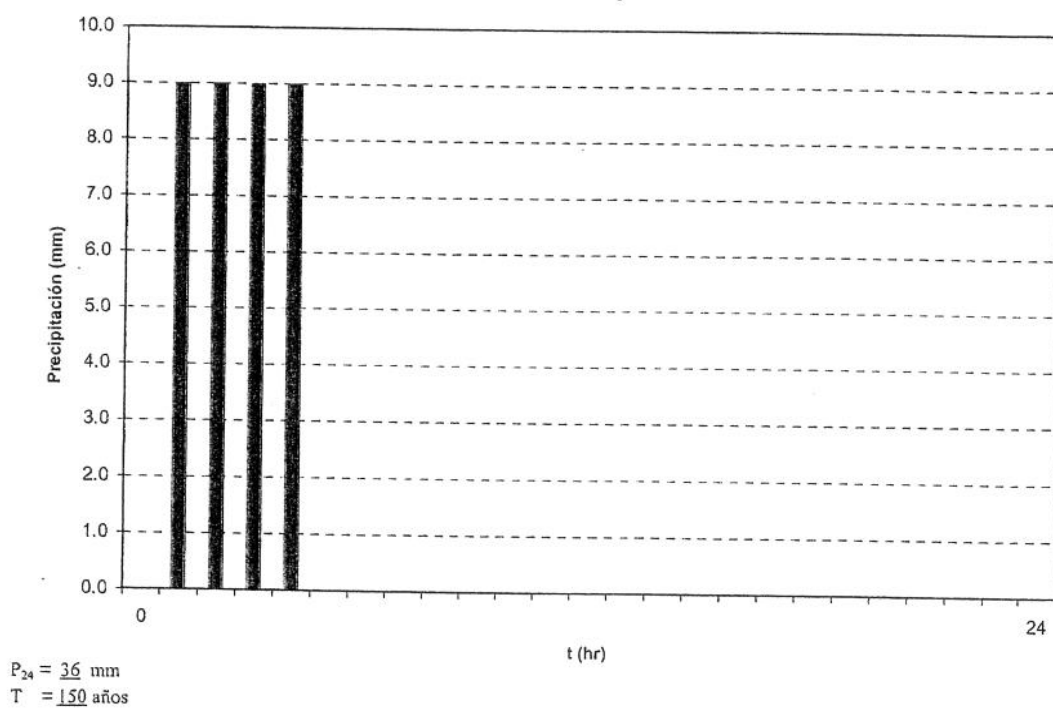


Tabla D-2 : Hidrográfo de Caudales (T=150 años) - Distribución SCS Tipo II

t (hr)	Q _{Culebrillas} (m ³ /s)	Q _{Cañete} (m ³ /s)	Q _{Melchorita} (m ³ /s)	Q _{Cinco Cruces} (m ³ /s)
0	0.000	0.000	0.000	0.000
5'	0.000	0.000	0.000	0.000
10'	0.000	0.000	0.000	0.000
15'	0.000	0.000	0.000	0.000
20'	0.000	0.000	0.000	0.000
25'	0.000	0.000	0.000	0.000
30'	0.000	0.000	0.000	0.000
35'	0.000	0.000	0.000	0.000
40'	0.000	0.000	0.000	0.000
45'	0.000	0.000	0.000	0.000
50'	0.000	0.000	0.000	0.000
55'	0.000	0.000	0.000	0.000
1h	0.000	0.000	0.000	0.000
1h 5'	0.000	0.000	0.000	0.000
1h 10'	0.000	0.000	0.000	0.000
1h 15'	0.000	0.000	0.000	0.000
1h 20'	0.000	0.000	0.000	0.000
1h 25'	0.000	0.000	0.000	0.000
1h 30'	0.000	0.000	0.000	0.000
1h 35'	0.000	0.000	0.000	0.000
1h 40'	0.000	0.000	0.000	0.000
1h 45'	0.000	0.000	0.000	0.000
1h 50'	0.000	0.000	0.000	0.000
1h 55'	0.000	0.000	0.000	0.000
2h	0.000	0.000	0.000	0.000
2h 5'	0.000	0.000	0.000	0.000
2h 10'	0.000	0.000	0.000	0.000
2h 15'	0.000	0.000	0.000	0.000
2h 20'	0.000	0.000	0.000	0.000
2h 25'	0.000	0.000	0.000	0.000
2h 30'	0.000	0.000	0.000	0.000
2h 35'	0.000	0.000	0.000	0.000
2h 40'	0.000	0.000	0.000	0.000
2h 45'	0.000	0.000	0.000	0.000
2h 50'	0.001	0.000	0.000	0.000
2h 55'	0.005	0.000	0.000	0.000
3h	0.013	0.000	0.000	0.000
3h 5'	0.028	0.000	0.000	0.000
3h 10'	0.052	0.000	0.000	0.000
3h 15'	0.090	0.000	0.000	0.000
3h 20'	0.143	0.000	0.000	0.000
3h 25'	0.218	0.002	0.000	0.000
3h 30'	0.316	0.010	0.001	0.001
3h 35'	0.444	0.029	0.004	0.004
3h 40'	0.607	0.068	0.013	0.012
3h 45'	0.810	0.135	0.030	0.027
3h 50'	1.061	0.242	0.061	0.054
3h 55'	1.364	0.402	0.105	0.097
4h	1.728	0.629	0.164	0.161
4h 5'	2.140	0.915	0.236	0.251
4h 10'	2.605	1.245	0.311	0.365
4h 15'	3.113	1.608	0.378	0.497
			0.422	0.641

Tabla D-2 : Hidrográfo de Caudales (T=150 años) - Distribución SCS Tipo II

t (hr)	Q _{Culebrillas} (m ³ /s)	Q _{Cañete} (m ³ /s)	Q _{Melchorita} (m ³ /s)	Q _{Cinco Cruces} (m ³ /s)
4h 20'	3.656	1.986	0.431	0.792
4h 25'	4.232	2.358	0.407	0.940
4h 30'	4.832	2.686	0.362	1.071
4h 35'	5.453	2.938	0.305	1.172
4h 40'	6.081	3.101	0.246	1.237
4h 45'	6.707	3.174	0.191	1.266
4h 50'	7.321	3.164	0.146	1.262
4h 55'	7.901	3.088	0.114	1.232
5h	8.440	2.960	0.089	1.180
5h 5'	8.918	2.783	0.070	1.110
5h 10'	9.323	2.567	0.054	1.024
5h 15'	9.651	2.334	0.042	0.931
5h 20'	9.905	2.091	0.033	0.834
5h 25'	10.077	1.844	0.025	0.735
5h 30'	10.182	1.604	0.020	0.640
5h 35'	10.219	1.387	0.015	0.553
5h 40'	10.191	1.207	0.012	0.481
5h 45'	10.108	1.058	0.009	0.422
5h 50'	9.965	0.929	0.007	0.371
5h 55'	9.783	0.817	0.006	0.326
6h	9.557	0.720	0.004	0.287
6h 5'	9.291	0.637	0.003	0.254
6h 10'	8.986	0.559	0.003	0.223
6h 15'	8.640	0.491	0.002	0.196
6h 20'	8.280	0.429	0.001	0.171
6h 25'	7.904	0.376	0.001	0.150
6h 30'	7.516	0.331	0.000	0.132
6h 35'	7.119	0.291	0.000	0.116
6h 40'	6.714	0.255	0.000	0.102
6h 45'	6.306	0.223	0.000	0.089
6h 50'	5.898	0.195	0.000	0.078
6h 55'	5.499	0.172	0.000	0.069
7h	5.113	0.151	0.000	0.060
7h 5'	4.746	0.132	0.000	0.053
7h 10'	4.409	0.116	0.000	0.046
7h 15'	4.104	0.102	0.000	0.041
7h 20'	3.826	0.090	0.000	0.036
7h 25'	3.574	0.079	0.000	0.032
7h 30'	3.346	0.069	0.000	0.028
7h 35'	3.132	0.061	0.000	0.024
7h 40'	2.934	0.053	0.000	0.021
7h 45'	2.748	0.047	0.000	0.019
7h 50'	2.576	0.042	0.000	0.017
7h 55'	2.416	0.037	0.000	0.015
8h	2.266	0.033	0.000	0.013
8h 5'	2.128	0.029	0.000	0.012
8h 10'	1.995	0.026	0.000	0.010
8h 15'	1.867	0.023	0.000	0.009
8h 20'	1.747	0.020	0.000	0.008
8h 25'	1.634	0.017	0.000	0.007
8h 30'	1.528	0.014	0.000	0.006
8h 35'	1.428	0.011	0.000	0.005

Tabla D-2 : Hidrográfo de Caudales (T=150 años) - Distribución SCS Tipo II

t (hr)	Q _{Culebrillas} (m ³ /s)	Q _{Cañete} (m ³ /s)	Q _{Melchorita} (m ³ /s)	Q _{Cinco Cruces} (m ³ /s)
8h 40'	1.334	0.009	0.000	0.004
8h 45'	1.247	0.006	0.000	0.003
8h 50'	1.167	0.004	0.000	0.002
8h 55'	1.094	0.003	0.000	0.001
9h	1.024	0.001	0.000	0.001
9h 5'	0.957	0.000	0.000	0.000
9h 10'	0.895	0.000	0.000	0.000
9h 15'	0.837	0.000	0.000	0.000
9h 20'	0.784	0.000	0.000	0.000
9h 25'	0.732	0.000	0.000	0.000
9h 30'	0.684	0.000	0.000	0.000
9h 35'	0.639	0.000	0.000	0.000
9h 40'	0.598	0.000	0.000	0.000
9h 45'	0.560	0.000	0.000	0.000
9h 50'	0.523	0.000	0.000	0.000
9h 55'	0.489	0.000	0.000	0.000
10h	0.458	0.000	0.000	0.000
10h 5'	0.429	0.000	0.000	0.000
10h 10'	0.402	0.000	0.000	0.000
10h 15'	0.376	0.000	0.000	0.000
10h 20'	0.352	0.000	0.000	0.000
10h 25'	0.330	0.000	0.000	0.000
10h 30'	0.309	0.000	0.000	0.000
10h 35'	0.289	0.000	0.000	0.000
10h 40'	0.271	0.000	0.000	0.000
10h 45'	0.253	0.000	0.000	0.000
10h 50'	0.237	0.000	0.000	0.000
10h 55'	0.222	0.000	0.000	0.000
11h	0.208	0.000	0.000	0.000
11h 5'	0.194	0.000	0.000	0.000
11h 10'	0.182	0.000	0.000	0.000
11h 15'	0.170	0.000	0.000	0.000
11h 20'	0.159	0.000	0.000	0.000
11h 25'	0.150	0.000	0.000	0.000
11h 30'	0.140	0.000	0.000	0.000
11h 35'	0.132	0.000	0.000	0.000
11h 40'	0.124	0.000	0.000	0.000
11h 45'	0.117	0.000	0.000	0.000
11h 50'	0.110	0.000	0.000	0.000
11h 55'	0.103	0.000	0.000	0.000
12h	0.097	0.000	0.000	0.000
12h 5'	0.092	0.000	0.000	0.000
12h 10'	0.087	0.000	0.000	0.000
12h 15'	0.082	0.000	0.000	0.000
12h 20'	0.077	0.000	0.000	0.000
12h 25'	0.071	0.000	0.000	0.000
12h 30'	0.066	0.000	0.000	0.000
12h 35'	0.062	0.000	0.000	0.000
12h 40'	0.057	0.000	0.000	0.000
12h 45'	0.052	0.000	0.000	0.000
12h 50'	0.047	0.000	0.000	0.000
12h 55'	0.042	0.000	0.000	0.000

Tabla D-2 : Hidrográfo de Caudales (T=150 años) - Distribución SCS Tipo II

t (hr)	Q _{Culebrillas} (m ³ /s)	Q _{Cañete} (m ³ /s)	Q _{Melchorita} (m ³ /s)	Q _{Cinco Cruces} (m ³ /s)
13h	0.038	0.000	0.000	0.000
13h 5'	0.034	0.000	0.000	0.000
13h 10'	0.029	0.000	0.000	0.000
13h 15'	0.025	0.000	0.000	0.000
13h 20'	0.022	0.000	0.000	0.000
13h 25'	0.018	0.000	0.000	0.000
13h 30'	0.014	0.000	0.000	0.000
13h 35'	0.011	0.000	0.000	0.000
13h 40'	0.009	0.000	0.000	0.000
13h 45'	0.006	0.000	0.000	0.000
13h 50'	0.004	0.000	0.000	0.000
13h 55'	0.002	0.000	0.000	0.000
14h	0.001	0.000	0.000	0.000
14h 5'	0.000	0.000	0.000	0.000
14h 10'	0.000	0.000	0.000	0.000
14h 15'	0.000	0.000	0.000	0.000
14h 20'	0.000	0.000	0.000	0.000
14h 25'	0.000	0.000	0.000	0.000
14h 30'	0.000	0.000	0.000	0.000
14h 35'	0.000	0.000	0.000	0.000
14h 40'	0.000	0.000	0.000	0.000
14h 45'	0.000	0.000	0.000	0.000
14h 50'	0.000	0.000	0.000	0.000
14h 55'	0.000	0.000	0.000	0.000
15h	0.000	0.000	0.000	0.000
15h 5'	0.000	0.000	0.000	0.000
15h 10'	0.000	0.000	0.000	0.000
15h 15'	0.000	0.000	0.000	0.000
15h 20'	0.000	0.000	0.000	0.000
15h 25'	0.000	0.000	0.000	0.000
15h 30'	0.000	0.000	0.000	0.000
15h 35'	0.000	0.000	0.000	0.000
15h 40'	0.000	0.000	0.000	0.000
15h 45'	0.000	0.000	0.000	0.000
15h 50'	0.000	0.000	0.000	0.000
15h 55'	0.000	0.000	0.000	0.000
16h	0.000	0.000	0.000	0.000
16h 5'	0.000	0.000	0.000	0.000
16h 10'	0.000	0.000	0.000	0.000
16h 15'	0.000	0.000	0.000	0.000
16h 20'	0.000	0.000	0.000	0.000
16h 25'	0.000	0.000	0.000	0.000
16h 30'	0.000	0.000	0.000	0.000
16h 35'	0.000	0.000	0.000	0.000
16h 40'	0.000	0.000	0.000	0.000
16h 45'	0.000	0.000	0.000	0.000
16h 50'	0.000	0.000	0.000	0.000
16h 55'	0.000	0.000	0.000	0.000
17h	0.000	0.000	0.000	0.000
17h 5'	0.000	0.000	0.000	0.000
17h 10'	0.000	0.000	0.000	0.000
17h 15'	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabla D-2 : Hidrográfo de Caudales (T=150 años) - Distribución SCS Tipo II

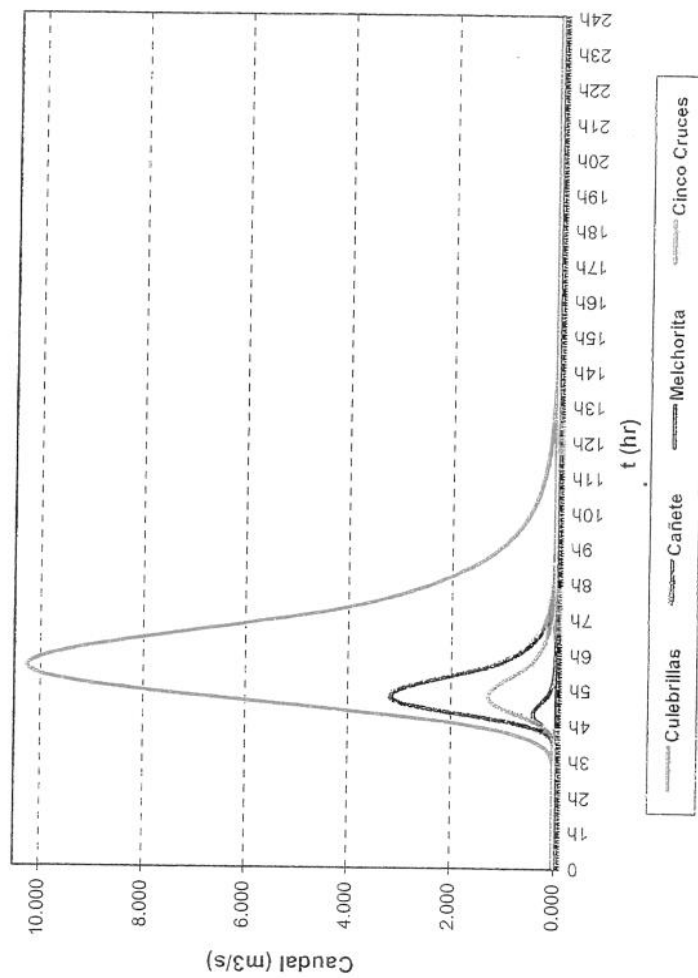
t (hr)	Q _{Culebrillas} (m ³ /s)	Q _{Cañete} (m ³ /s)	Q _{Melchorita} (m ³ /s)	Q _{Cinco Cruces} (m ³ /s)
17h 20'	0.000	0.000	0.000	0.000
17h 25'	0.000	0.000	0.000	0.000
17h 30'	0.000	0.000	0.000	0.000
17h 35'	0.000	0.000	0.000	0.000
17h 40'	0.000	0.000	0.000	0.000
17h 45'	0.000	0.000	0.000	0.000
17h 50'	0.000	0.000	0.000	0.000
17h 55'	0.000	0.000	0.000	0.000
18h	0.000	0.000	0.000	0.000
18h 5'	0.000	0.000	0.000	0.000
18h 10'	0.000	0.000	0.000	0.000
18h 15'	0.000	0.000	0.000	0.000
18h 20'	0.000	0.000	0.000	0.000
18h 25'	0.000	0.000	0.000	0.000
18h 30'	0.000	0.000	0.000	0.000
18h 35'	0.000	0.000	0.000	0.000
18h 40'	0.000	0.000	0.000	0.000
18h 45'	0.000	0.000	0.000	0.000
18h 50'	0.000	0.000	0.000	0.000
18h 55'	0.000	0.000	0.000	0.000
19h	0.000	0.000	0.000	0.000
19h 5'	0.000	0.000	0.000	0.000
19h 10'	0.000	0.000	0.000	0.000
19h 15'	0.000	0.000	0.000	0.000
19h 20'	0.000	0.000	0.000	0.000
19h 25'	0.000	0.000	0.000	0.000
19h 30'	0.000	0.000	0.000	0.000
19h 35'	0.000	0.000	0.000	0.000
19h 40'	0.000	0.000	0.000	0.000
19h 45'	0.000	0.000	0.000	0.000
19h 50'	0.000	0.000	0.000	0.000
19h 55'	0.000	0.000	0.000	0.000
20h	0.000	0.000	0.000	0.000
20h 5'	0.000	0.000	0.000	0.000
20h 10'	0.000	0.000	0.000	0.000
20h 15'	0.000	0.000	0.000	0.000
20h 20'	0.000	0.000	0.000	0.000
20h 25'	0.000	0.000	0.000	0.000
20h 30'	0.000	0.000	0.000	0.000
20h 35'	0.000	0.000	0.000	0.000
20h 40'	0.000	0.000	0.000	0.000
20h 45'	0.000	0.000	0.000	0.000
20h 50'	0.000	0.000	0.000	0.000
20h 55'	0.000	0.000	0.000	0.000
21h	0.000	0.000	0.000	0.000
21h 5'	0.000	0.000	0.000	0.000
21h 10'	0.000	0.000	0.000	0.000
21h 15'	0.000	0.000	0.000	0.000
21h 20'	0.000	0.000	0.000	0.000
21h 25'	0.000	0.000	0.000	0.000
21h 30'	0.000	0.000	0.000	0.000
21h 35'	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabla D-2 : Hidrográfo de Caudales (T=150 años) - Distribución SCS Tipo II

t (hr)	Q _{Culebrillas} (m ³ /s)	Q _{Cañete} (m ³ /s)	Q _{Melchorita} (m ³ /s)	Q _{Cinco Cruces} (m ³ /s)
21h 40'	0.000	0.000	0.000	0.000
21h 45'	0.000	0.000	0.000	0.000
21h 50'	0.000	0.000	0.000	0.000
21h 55'	0.000	0.000	0.000	0.000
22h	0.000	0.000	0.000	0.000
22h 5'	0.000	0.000	0.000	0.000
22h 10'	0.000	0.000	0.000	0.000
22h 15'	0.000	0.000	0.000	0.000
22h 20'	0.000	0.000	0.000	0.000
22h 25'	0.000	0.000	0.000	0.000
22h 30'	0.000	0.000	0.000	0.000
22h 35'	0.000	0.000	0.000	0.000
22h 40'	0.000	0.000	0.000	0.000
22h 45'	0.000	0.000	0.000	0.000
22h 50'	0.000	0.000	0.000	0.000
22h 55'	0.000	0.000	0.000	0.000
23h	0.000	0.000	0.000	0.000
23h 5'	0.000	0.000	0.000	0.000
23h 10'	0.000	0.000	0.000	0.000
23h 15'	0.000	0.000	0.000	0.000
23h 20'	0.000	0.000	0.000	0.000
23h 25'	0.000	0.000	0.000	0.000
23h 30'	0.000	0.000	0.000	0.000
23h 35'	0.000	0.000	0.000	0.000
23h 40'	0.000	0.000	0.000	0.000
23h 45'	0.000	0.000	0.000	0.000
23h 50'	0.000	0.000	0.000	0.000
23h 55'	0.000	0.000	0.000	0.000
24h	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura D-2

Hidrográfo para las Cuencas de Culebrillas, Cañete, Melchorita y Cinco Cruces - SCS Tipo II



$P_{24\text{Culebrillas}} = 44 \text{ mm}$
 $P_{24\text{Cañete, Melchorita, Cinco Cruces}} = 36 \text{ mm}$
 $T = 150 \text{ años}$
 $CN = 63$
 $Q_{\text{Culebrillas}} = 10.22 \text{ m}^3/\text{s}$
 $Q_{\text{Cañete}} = 3.17 \text{ m}^3/\text{s}$
 $Q_{\text{Melchorita}} = 0.43 \text{ m}^3/\text{s}$
 $Q_{\text{Cinco Cruces}} = 1.27 \text{ m}^3/\text{s}$