REPÚBLICA DEL PERÚ

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

BOLETIN N°8

ESTUDIO GEODINAMICO DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE

(DEPARTAMENTO: LIMA)

Lima - Perú
Febrero 1985

REPÚBLICA DEL PERÚ

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

BOLETIN N°8

ESTUDIO GEODINAMICO DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE

(DEPARTAMENTO: LIMA)

Lima - Perú
Febrero 1985

Página en blanco

CONTENIDO

Pag. N°

I .- INTRODUCCION 1

1.1 Ubicación y Accesibilidad 2

1.2 Clima 2

1.3 Vegetación 4

1.4 Aspectos Urbano, Social y Económico 4

II .- GEOMORFOLOGIA 6

2.1 Características Generales 6

2.2 Unidades Geomorfológicas 6

2.2.1 Cuenca Superior 6

2.2.1.1 Areas Glaciadas 7

2.2.1.2 Altiplano 7

2.2.2 Cuenca Media 7

2.2.3 Cuenca Inferior 8

2.2.3.1 Estribaciones Andinas 8

2.2.3.2 Pampa Costanera,Llano Aluvial, Cono de Deyección. 8

2.2.3.3 Ribera Litoral 9

2.3 Parámetros Geomorfológicos 10

2.3.1 Superficie 10

2.3.2 Perímetro 11

2.3.3 Forma de la Cuenca 11

2.3.4 Sistema de Drenaje 12

2.3.5 Elevación de los Terrenos 14

2.3.6 Rectángulo Equivalente 15

2.3.7 Declive de Alveos 19

2.3.8 Declividad de los terrenos 23

2.3.9 Coeficiente de torrencialidad 24

2.3.10 Coeficiente de Masividad 25

III .-RASGOS GEOLOGICOS 26

3.1 Generalidades 26

3.2 Estratigrafía 26

3.2.1 Zona Comprendida entre la Faja Costanera y el Flanco Occidental Andino 26

3.2.1.1 Formación Asia 26
3.2.1.2 Grupo Morro Solar 26
3.2.1.3 Formación Pamplona 28
3.2.1.4 Grupo Imperial 29
3.2.1.5 Grupo Quilmana 29
3.2.1.6 Formación Paracas 29
3.2.1.7 Formación Cañete 30
3.2.1.8 Cuaternario Aluvial 30
3.2.1.9 Cuaternario Fluvial 30
3.2.1.10 Cuaternario Coluvial 30
3.2.1.11 Cuaternario Marino 30
3.2.1.12 Cuaternario Eólico 31

3.2.2 Zona Oriental de la Cuenca, desarrollada en la parte media y alta del flanco occidental andino..... 31
3.2.2.1 Formación Condorsinga 31
3.2.2.2 Grupo Goyllarisquizga 31
3.2.2.3 Formación Chulec 32
3.2.2.4 Formaciones Pariahuanca-Chulec 32
3.2.2.5 Formación Pariatambo 32
3.2.2.6 Formación Jumasha 32
3.2.2.7 Formación Celendin 33
3.2.2.8 Formación Casapalca 33
3.2.2.9 Volcánico Tantara 33
3.2.2.10 Grupo Sacsaquero 33
3.2.2.11 Grupo Rímac 33
3.2.2.12 Volcánico Millotingo 34
3.2.2.13 Formación Huarochirí 34
3.2.2.14 Formación Castrovirreyna 34
3.2.2.15 Volcánico Caudalosa 34
3.2.2.16 Volcánico Auquivilca 35
3.2.2.17 Depósitos Glaciares 35
3.2.2.18 Depósitos Fluvio-glaciares 35
3.2.2.19 Depósitos Fluvio-aluviales 35
3.2.2.20 Depósitos Aluviales 35
3.2.2.21 Depósitos Coluviales 36

3.3 Rocas Intrusivas 36
3.4 Rasgos Estructurales 36
3.4.1 Zona Estructural Costanera 36
3.4.2 Zona Estructural Andina 37
3.5 Geología Económica 39
3.5.1 Depósitos Metálicos 39
3.5.2 Depósitos No-Metálicos 40

IV .-CARACTERISTICAS LITOLOGICAS 41
4.1 Formaciones Superficiales ; Unidad I 41
4.1.1 Depósitos Eólicos 41
4.1.2 Depósitos Marinos 41
4.1.3 Depósitos Coluviales 41
4.1.4 Depósitos Aluviales 42
4.1.5 Depósitos Fluviales 42
4.1.6 Depósitos Glaciares y Fluvio-glaciares 42
4.2 Sustrato 42
4.2.1 Unidad II - Volcánicos 42
4.2.2 Unidad III- Volcánico-Sedimentario 43
4.2.3 Unidad IV - Sedimentarios 44
4.2.4 Unidad V - Intrusivos 46

V .- HIDROLOGIA 47
5.1 Generalidades 47
5.2 El Río Cañete 47
5.3 Pluviometría 48
5.3.1 Análisis Pluvimétricos-Ley de Probabilidades 50
5.3.2 Interpretación de Resultados 61
5.4 Registro de Caudales 61
5.5 Interpretación de las Curvas de Frecuencia de las descargas - máximas y mínimas del río Cañete 67
5.6 Cálculo del volumen escurrido medio anual 69

VI .-HIDROGEOLOGIA 72
6.1 Características Generales 72
6.1.1 Calidad del Agua 73

6.2 Aguas Subterráneas 74
6.3 Carta de Hidroisohipsas 74
6.4 Carta de Isoprofundidades..... 75
6.5 Filtraciones en Canales y Acequias 75
6.6 Evolución de los niveles 82
6.7 Interpretación Geotécnica 82

VII.-GEODINAMICA EXTERNA 83
7.1 Generalidades 83
7.2 Flujos Hídricos 83
7.2.1 Huaycos 84
7.2.2 Aluviones 86
7.3 Inestabilidad de Taludes 86
7.4 Inundaciones 88
7.5 Daños por erosión 89
7.6 Daños por colmatación 90

VIII.-SISMICIDAD Y RIESGO SISMICO 91
8.1 Aspectos Tectónicos Generales 91
8.2 Aspectos Tectónicos Superficiales 91
8.3 Distribución Espacial de la Sismicidad 91
8.4 Sismos Fuertes y Destructores, Periodo 1586-1974 94
8.5 Tsunamis con influencia en el litoral de la Cuenca del Río Cañete 94
8.6 Grandes Terremotos Progenitores de Tsunamis en la Costa Peruana - Area Lima - Cuenca del Río Cañete 95
8.7 Intensidades 100
8.8 Aceleraciones 104
8.9 Frecuencia Sísmica 106
8.10 Periodo de Retorno 107
8.11 Riesgo Sísmico 107
8.12 Comportamiento de las Unidades Litológicas ante los movimientos sísmicos 110
8.13 Correlación entre las Condiciones Geológicas Estructurales y la Sismicidad Instrumental 112
8.14 Influencia de la Sismicidad en Centros Poblados y Obras de Ingeniería 113

IX .- RESUMEN DE LA EVALUACION GEODINAMICA Y SEGURIDAD FISICA DE LOS CENTROS POBLADOS Y LAGUNAS MAS IMPORTANTES DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE 114
9.1 Centros Poblados 114
9.1.1 San Vicente 114
9.1.2 Imperial 114
9.1.3 Nuevo Imperial 114
9.1.4 Langla 115
9.1.5 Lunahuana 115
9.1.6 Romani 116
9.1.7 Pacaran 116
9.1.8 Zuñiga 117
9.1.9 Llangas Rinconada-San Miguel 117
9.1.10 Huangascar 118
9.1.11 Chocos 118
9.1.12 Madean 119
9.1.13 Viñac 119
9.1.14 Catahuasi 119
9.1.15 Canchan 120
9.1.16 Putinza 120
9.1.17 Calachota 121
9.1.18 Puente Anco 121
9.1.19 Cusi-Urca 121
9.1.20 Yauyos 122
9.1.21 Laraos 122
9.1.22 Miraflores 123
9.1.23 Alis 123
9.1.24 Tomas 124
9.2 Lagunas
9.2.1 Laguna de Ticllacocha 124
9.2.2 Laguna de Piscococha 125
9.2.3 Laguna de Chuspicocha 125
9.2.4 Laguna de Paucarcocha 125
9.2.5 Laguna de Pilicocha 126
9.2.6 Laguna de Mullococha 126
9.2.7 Laguna de Llongote 126

9.2.8 Otras lagunas 126

X .- INTERPRETACION GEOTECNICA DE LOS TERRENOS 127
10.1 Aspectos Generales-Metodología 127
10.2 Problemas Investigados 127
10.2.1 Problemas tipo Geomorfológico-Geodinámico 127
10.2.2 Problemas tipo Hidrológico 127
10.2.3 Problemas tipo Lito-estructural 127
10.2.4 Problemas tipo Geotécnico 128
10.3 Evaluación Constructiva de los Terrenos 128
10.3.1 Terrenos con Condiciones Constructivas Favorables 128
10.3.2 Terrenos con Condiciones Constructivas Aceptables 128
10.3.3 Terrenos con Condiciones Constructivas Desfavorables 129
10.3.4 Terrenos con Condiciones Constructivas Muy - Desfavorables 130

XI .- INGENIERIA GEOLOGICA 131
11.1 Plan de tratamiento y/o Medidas Correctivas 131
11.1.1 Alternativas de Solución 131
11.1.1.1 Control a nivel de cauce 131
11.1.1.2 Control a nivel de ladera 136
- Medidas correctivas en la infraestructura vial 138
- Medidas correctivas de conservación de suelos 138
- Medidas mecánicas para la conservación del suelo, laderas y cárcavas.... 140
11.2 Recursos Hídricos 140
11.2.1 Uso Agrícola 140
11.2.2 Recursos Hidroeléctricos 144
11.3 Transporte Vial 144

CONCLUSIONES 148
RECOMENDACIONES 152

BIBLIOGRAFIA 154
- RELACION DE GRAFICOS 170
- RELACION DE CUADROS 171
- RELACION DE MAPAS 171
- RELACION DE FOTOGRAFIAS 171
PARTICIPACION 172

PROLOGO

Debido a la fuerte actividad dinámica a que se halla sometido nuestro territorio, consecuencia del estado de juventud de la Cordillera Andina y de su ubicación dentro del área de interacción de la Placa Continental Sudamericana y de la Placa de Nazca, se producen con periodos anuales de frecuencia fenómenos geodinámicos que no solamente cambian la morfología superficial, sino, que al interrumpir el normal desenvolvimiento de las actividades, crea graves problemas a la economía nacional, constituyéndose en elementos de frenaje de nuestro desarrollo.

Como referencia de estos fenómenos geodinámicos podemos citar los sismos de 1970 y 1974, el embalse del río Mantaro en 1974; los aludes aluviones que con cierta periodicidad tienen su origen en nuestras áreas glaciares; las inundaciones de áreas de cultivo en los valles de la Costa y Cuenca Amazónica; las contaminaciones y depresiones de la napa freática en los valles costeros. La rehabilitación de las obras y ciudades afectadas por estos fenómenos requieren de la inversión de fuertes sumas de dinero.

En el país existen estudios de estos fenómenos, los cuales tienen la particularidad de ser muy puntuales; más aún, en mucho de los casos, están referidos a fenómenos ya producidos.

Tendiente a tener un conocimiento integral y racional de comportamiento geodinámico del país, que pueda traducirse en un "Mapa de Zonación Geodinámica", la Dirección de Geotecnia del INGEMMET se ha trazado el propósito de abarcar el estudio geodinámico por cuencas fluviales, en razón de la importancia de los centros poblados y obras de infraestructura que en ellas se ubican.

Por esta razón, creemos que este informe titulado "Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Cañete" será un documento que junto con otras disciplinas interesadas, nos permitirán preveer o disminuir efectos de fenómenos que por su magnitud son desastrosos para la economía nacional.

DIRECCION DE GEOTECNIA.

1.0 INTRODUCCION

El presente trabajo se llevó a cabo dentro del programa de Estudios de Cuencas que realiza la Dirección de Geotecnia del INGEMMET. El estudio de la "Evaluación Geodinámica de la Cuenca del Río Cañete", tuvo por objeto estudiar y conocer el comportamiento geodinámico externo e interno de la cuenca así como las implicancias o consecuencias de éstos, sobre los centros poblados, terrenos de cultivo, vías de comunicación y otras obras de ingeniería civil, que se ubican dentro de su ámbito. Para ello, se ha efectuado, en base a los estudios, antecedentes históricos y tipología de los fenómenos geodinámicos, la zonificación y evaluación de las áreas de la cuenca de acuerdo a su comportamiento frente a los procesos geodinámicos, estableciéndose al mismo tiempo el plan de tratamiento o medidas correctivas para disminuir o atenuar la incidencia de estos fenómenos naturales.

El trabajo de campo se llevó a cabo en el año de 1980, iniciándose en el mes de Junio y completándose en Febrero de 1981 con un total de 65 días de campo.

En Gabinete se realizó el procesamiento, análisis, evaluación y clasificación de la información básica de campo, procediendo luego a la elaboración de los mapas y a la redacción del informe final. Se ha preparado 3 mapas a la escala 1 : 100,000 y 2 planos a escala 1 : 40,000.

Se espera que los resultados obtenidos en este documento, sean de utilidad, para el mejor conocimiento y aprovechamiento de la cuenca del río Cañete.

1.1 UBICACION Y ACCESIBILIDAD .-

La cuenca del río Cañete forma parte de las provincias de Cañete y Yauyos pertenecientes al Dpto. de Lima; con una extensión de 6,148 Km^2, una longitud de 203 Km., un ancho promedio de 30 Km. y una altitud media de 3,900 m.s.n.m.

Geográficamente se encuentra entre las coordenadas :

11° 58' y 13° 09' Latitud Sur
75° 31' y 76° 31' Longitud Oeste.

Limita por el Sur con la cuenca del Río San Juan, por el Norte con la cuenca del río Omas y por el Este con la cuenca del río Mantaro.

La cuenca del río Cañete se extiende desde el nivel del mar hasta la línea de cumbres de la cordillera occidental de los Andes, que constituye la divisoria continental, cuyos puntos más altos son :

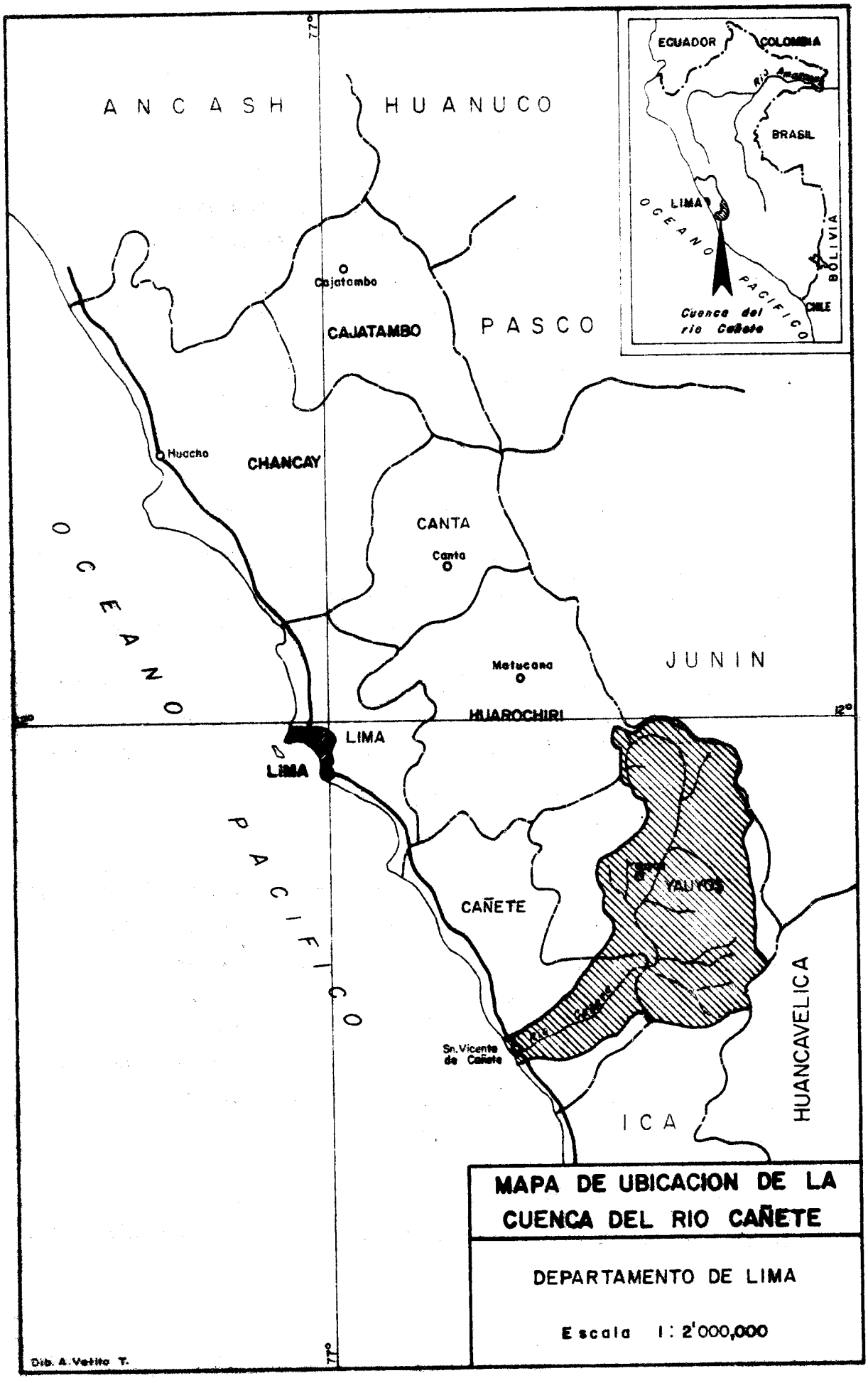
Ndo. Llongote 5,780 m.s.n.m., Ndo. Quepala Punta 5,422 m.s.n.m. Ndo. Ticlla 5,897 m.s.n.m., Ndo. Ancovilca 5,467 m.s.n.m., Jatupauca 5,420 m.s.n.m. etc.

El área de estudio está conectada con la Capital de la República y las principales poblaciones de la costa sur mediante la Carretera Panamericana en un tramo de 149 Km., de Lima a San Vicente de Cañete.

Otra vía principal es la que atravieza longitudinalmente la cuenca hasta la localidad de Huancayo, en el Dpto. de Junín, mediante un recorrido de 295 Km. de carretera, afirmada en su mayor parte, enlazando los pueblos de Lunahuaná, Pacarón, Zúñiga, Yauyos, Alís, Tomas, Huancayo; además, a partir de esta troncal, están comunicados los pueblos de Huangascar, a 3 Km. de Madean; y de Chocos; Putinza a 4 Km. de Miraflores; y la mina Zatanás a 5 Km. de Huancayo. Esta cuenca se comunica con la del Mantaro, vía Huancayo-Viñac.

1.2 CLIMA

En la cuenca del río Cañete se ha diferenciado 4 tipos climáticos predominantes que corresponden a :


ANCASH
HUANUCO
PASCO
JUNIN
HUANCAVELICA
ICA
CAÑETE
LIMA
CAJATAMBO
CHANCAY
CANTA
HUAROCHIRI
Cajatambo
Huacho
Canta
Matucana
San Vicente de Cañete
YAUYOS
OCEANO PACIFICO
77°
12°
ECUADOR
COLOMBIA
BRASIL
BOLIVIA
CHILE
Cuenca del rio Cañete
MAPA DE UBICACION DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE
DEPARTAMENTO DE LIMA
Escala 1 : 2'000,000
Dib. A. Vallito T.

Muy Seco y Semi-Cálido : Este clima se localiza en toda la región costera de la cuenca hasta una altitud aproximada de 2,000 m.s.n.m. Se caracteriza por su escasa o casi nula precipitación pluvial, con temperaturas que varían de 23.6°(Febrero) y 16.3° (Agosto) teniendo un promedio anual de 19°C. Es frío en el invierno, con un alto porcentaje de humedad cuyo promedio mensual fluctúa de 81% en verano a 87% en invierno.

Seco y Templado : Este patrón climático se localiza entre los 2,000 y 3,000 m.s.n.m., caracterizado por la presencia de lluvias con un promedio que varía entre 200 y 450 mm. que ocurren entre Diciembre y Abril.- Las temperaturas descienden, a veces hasta los 0°C, dando lugar a las heladas. La temperatura promedio anual es de 12° C.

Sub-Húmedo y Frío : Se localiza entre los 3,000 y 4,000 m.s.n.m. Este patrón climático se caracteriza por tener un promedio de precipitación anual entre 500 y 800 mm. La temperatura media anual alcanza a 11°C.

Pluvial y Frígido : Sobre niveles superiores a los 4,000 m.s.n.m. Predomina un clima excesivamente húmedo y frígido caracterizado por la presencia de intensas lluvias (1,000 mm. de promedio anual) con temperaturas muy frías (3°C promedio anual).

1.3 VEGETACION

En la cuenca alta se desarrollan pastos naturales como el Ichu, así como varias especies de Calamagrostis y Festuca, bosques residuales de - Polylepis sp. que son importantes como fijadores de suelos. También - bosques de quinual y Quishuar.

En la cuenca baja se aprecian plantas de los géneros Ginerium y acasia, molles, salix, cantua, solomun. En las zonas cercanas al mar se tienen la "grama salada" (Distich Spicata), salicornia fructicosa y totorales.

1.4 ASPECTO URBANO, SOCIAL Y ECONOMICO

En el área del valle del Río Cañete se encuentra concentrada casi el -

65% de la población de la cuenca. El censo de 1961 arrojó 80,023 habitantes de los cuales 53,200 vivían en el valle; en el censo de 1968 (CORMAN) en el valle vivían 66,035 habitantes. La proyección del grupamiento poblacional total de la cuenca para el año 1980 (CORMAN-ONERN) da un total de 90,825 habitantes.

Los servicios de sanidad en el valle son proporcionados principalmente en San Vicente (3 hospitales). La educación se imparte en el valle en sus niveles : primaria, secundaria y superior (Escuela Normal - Mixta de Cañete).

Los servicios de agua potable son proporcionados en casi todas las poblaciones del valle, pero sólo en San Vicente se trata el agua antes de su distribución.

Todos los centros poblados del valle cuentan con servicios eléctricos (uso doméstico, comercial y alumbrado público).

En la campaña agrícola 1968-1969 (ONERN) el área total de producción fue de 30,559 Ha. La producción agrícola del valle para dicha campaña, fue de 252,232 T.M., valorizadas en casi 615 millones de soles, correspondiente a cultivos de algodón, papa, maíz, naranja y hortalizas. En el aspecto pecuario, la producción lechera fue de 8,810 T.M. con un valor de 40 millones de soles, y la producción de carne fué de 811 T.M. con un valor de más de 28 millones de soles. La actividad avícola produjo 711 T.M. en huevos y carne, con un valor total de más de 22 millones de soles.

También produce aceite de pepita de algodón, alimentos concentrados para ganado a base de pasto y cáscara de algodón, coronta de maíz, harina de alfalfa, etc.

En el aspecto minero-metálico en el año 1967 ascendió a más de 300,000 T.M. lo que representó el 4.5% de la producción minera nacional, con un valor de 400 millones de soles.

Los principales centros poblados de la cuenca son :

San Vicente, Imperial, Nvo. Imperial, Pacarán, Lunahuaná, Yauyos, Yauricocha, Tomas, Alís, etc.

2.0 GEOMORFOLOGIA

2.1 CARACTERISTICAS GENERALES

El relieve general de la cuenca del río Cañete presenta un cuadro morfológico típico de las cuencas costeras, es decir,con una hoya hidrográfica alargada, de fondo profundo y pronunciada pendiente de su cauce.
En la parte alta de la cuenca los terrenos son ondulados con depresiones topográficas lagunares, resultado de la actividad glaciar, cuyas aguas drenan a los valles principales. En las cabeceras de los afluentes del río Cañete se encuentra una morfología accidentada de valles profundos y estrechos encañonamientos, con pendientes de 35°a 50°, a veces con saltos y tramos de cauce de fuerte pendiente. En los sectores intermedios los flancos tienen pendientes entre 40° y 45° con procesos de erosión diferencial dada la diversidad litológica de los afloramientos rocosos. Aproximándose a la llanura aluviónica, las laderas de los cerros tienen pendientes de 18° a 20° y el fondo del valle está rellenado de materiales fluviales y los provenientes de huaycos, con desarrollo de terrazas fluviales de espesores variables.
Por último, la llanura aluvial está caracterizada por la acumulación de materiales de acarreo, formando un manto fluvio-aluvial de granulometría variada.

2.2 UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

La cuenca del río Cañete se puede dividir morfológicamente en 3 grandes unidades, que presentan características propias, que guardan estrecha relación con la litología, clima y altitud. (Mapa N°2-5)
Todas estas unidades han sido modeladas por procesos geomorfológicos en los que han jugado papel importante : la denudación y deposición, a través de agentes modeladores tales como ríos, quebradas, glaciares, aguas subterráneas, lluvias, vientos, etc. Los indicados procesos y sus agentes están actuando concomitantemente con los movimientos epirogénicos.

2.2.1 CUENCA SUPERIOR (I) .-

La cuenca alta del río Cañete se extiende desde la divisoria con-

tinental hasta aproximadamente los 4,000 m.s.n.m. y se ha dividido en dos sub-unidades :

2.2.1.1 Areas Glaciadas (I_A) : Esta sub-unidad está comprendida entre los 4,800 y 5,800 m.s.n.m.; está constituido por un conjunto de nevados y lagunas de origen glaciar.
Dentro de esta subunidad se presenta la divisoria continental que se alinea en dirección NO-SE, siendo sus nevados importantes los de Llongote, Quepala Punta, Ticlla, Aucovilca, Jatunpauca, etc. Estos muestran un continuo ascenso del nivel de nieves que indica un proceso de desglaciación.
Su morfología es abrupta con pendientes que oscilan entre 35° y 50° representando el 3% del área de la cuenca.

2.2.1.2 Altiplano (I_B) : Esta sub-unidad está comprendida entre los 4,000 y 4,800 m.s.n.m. La topografía muestra pendientes moderadas presentando formas de típico modelado glaciar y fluvioglaciar; como son valles en forma de "U", circos glaciares, depósitos morrénicos y depósitos fluvioglaciares. También es notorio la presencia de extensas áreas pantanosas, originadas por el afloramiento de manantiales y el deshielo glaciar, originando turberas y pastizales. La estabilidad natural de esta-unidad es buena, no alterándose mayormente por la actividad del hombre. En las zonas de turberas y pantanos la estabilidad disminuye notoriamente. Esta unidad representa el 60% del área total de la cuenca.

2.2.2 CUENCA MEDIA (II)

Esta unidad se puede definir entre los 1000 a 4000 m.s.n.m. en la que está comprendida parte del valle del Río Cañete y su red tributaria, teniendo como límites las estribaciones del frente andino y el borde del altiplano. Ocupa casi el 32% del área de la -

cuenca y se caracteriza por mostrar una topografía abrupta con pendientes de 30° a 50°, y cadenas de cerros continuos que van incrementándose en altitud,de Oeste a Este.

Dentro de esta unidad existen relictos de antiguas superficies de erosión, ya sea como superficies suavemente onduladas ó cumbres concordantes.

Las condiciones de estabilidad son variadas, observándose fenómenos geodinámicos como derrumbes y erosiones (en Mallao, Carhuay, Chocos Cacra) y deslizamientos (Madeau, Cusi, Urco). En las áreas aledañas al río Cañete y cursos principales se producen erosión de riberas y fenómenos de huaycos que descienden de algunas quebradas.

2.2.3 CUENCA INFERIOR III

En esta unidad morfológica se pueden diferenciar 3 sub-unidades, comprendidos entre los 0 a 1,000 m.s.n.m. y representa el 7.5% del área de la cuenca.

2.2.3.1 ESTRIBACIONES ANDINAS III_A .- Unidad comprendida entre los 400 a 1000 m.s.n.m., tiene una topografía intermedia,con pendientes naturales entre los 10° a 30°. Son zonas relativamente estables, produciéndose fenómenos de erosión fluvial en época de crecidas, huaycos y fuerte meteorización, facilitado por su notable aridez. Esta unidad comprende a la cadena de cerros bajos que se levantan al este de las pampas costaneras de la cuenca (Pampa Clarita) y se extienden por ambos lados del valle, aumentando progresivamente en altitud y relieve, representa el 2.7% del área total de la cuenca.

2.2.3.2 PAMPA COSTANERA, LLANO ALUVIAL, CONO DE DEYECCION (III_B).-

Esta unidad se extiende entre los 10 a 400 m.s.n.m., su topografía es moderada, con zonas planas y localmente conalgunas colinas y cerros bajos. Sus pendientes naturales-

son del orden de 0° a 10° y representa el 4.3% del área total de la cuenca.

Esta sub-unidad por lo general se considera estable, siendo importante señalar la relativa inestabilidad de los depósitos naturales sueltos y heterométricos; áreas inundables, zonas de erosión fluvial y áreas de afloramiento de la napa freática. Está vinculada al llano aluvial y al cono de deyección del río Cañete. Se desarrolla a lo largo de una faja, limitada al oeste por el litoral y el este por los primeros cerros de los contrafuertes andinos.

Su ancho promedio es de 11 Km.; aguas abajo de la localidad de Concon el valle se ensancha involucrando a los abanicos de las quebradas Anapan, Venturosa, etc.

Los abanicos aluviales son las zonas más extensas e importantes del valle y está constituido por la deposición de los materiales de acarreo (detritus de rocas volcánicas, intrusivas y volcánico-sedimentario) transportados por los cursos de agua a través de las quebradas circundantes al llano aluvial. Las principales unidades fisiográficas de esta unidad son : terrazas, playones del río, cauce reciente, aluvial reciente con huellas del cauce antiguo y áreas de moderada inclinación.

2.2.3.3 RIBERA LITORAL (III_C) .- La altitud estimada de esta sub-unidad varía entre 0 y 10 m.s.n.m., con una topografía llana y pendientes inferiores a 1°. Corresponde a la línea de costa, orientada en sentido SO-NE, desde Chacarilla (Playa Iguana) hasta la ex-hacienda Sta. Barbara, y representa el 0.8% del área total de la cuenca.

Esta unidad se ha desarrollado por procesos de erosión y sedimentación marina. Se reconocen en esta zona las unidades fisiográficas siguientes : playas de cantos rodados, áreas planas con arenas profundas y playas de arenamiento reciente.

2.3 PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS

El efecto común de las acciones recíprocas entre el suelo, factores geológicos, agua y vegetación, es el escurrimiento o corriente de agua. Los efectos netos de estas acciones sobre el escurrimiento, pueden ser apreciados y valorizados.

La determinación de los parámetros geomorfológicos trata de establecer las relaciones entre el comportamiento del régimen hidrológico de la cuenca del río Cañete y las características geomorfológicas de la misma. Para determinar estos parámetros se han requerido mediciones de aspectos lineales de la red de drenaje; del área de la cuenca, del relieve y de las pendientes, para luego ser usados con ciertos índices geodinámicos é hidrológicos que determinan el cambio constante y la variación en la forma de la cuenca.

Los parámetros geomorfológicos mas usados son :

2.3.1 SUPERFICIE

De los cuales se ha escogido :

2.3.1.1 Area Total de la Cuenca .- Se considera a toda el área del terreno cuyas precipitaciones son evacuadas por el sistema común de cauces del río Cañete, comprendida desde la divisoria de aguas, hasta su desembocadura en el mar.
Planimetrando se obtiene :

$$A = 6{,}148 \text{ Km}^2$$

2.3.1.2 Area de la Cuenca de Recepción .- Es el área de la cuenca donde ocurre la mayor cantidad promedio de precipitación que para el caso del Río Cañete, está determinada desde la estación de aforo de SOCSI, hacia aguas arriba.

$$Ac = 5{,}822.2 \text{ KM}^2 \quad (94.7\% \text{ del área})$$

2.3.1.2 Area de la Cuenca Húmeda .- Es la superficie de la cuenca que comprende todas aquellas zonas cuya precipitación media anual está por encima de los 200 mm. En la cuenca se-

tienen estaciones que pasan este rango como son : Yauyos,- Carania, Siria, Sunca, Yauricocha, etc.

$$Ah = 4{,}518.8 \text{ Km}^2 \quad (73.5\% \text{ del área})$$

2.3.2 PERIMETRO

El perímetro de la cuenca tiene influencia en el tiempo de con - centración. Según E. Remenieras el tiempo de concentración, es- el tiempo necesario para que una gota de agua que cae en el punto más alejado de la cuenca, llegue a la desembocadura.

$$P = 469 \text{ Km.}$$

2.3.3 FORMA DE LA CUENCA

Este parámetro determina la distribución de las descargas a lo- largo del Río Cañete y es, en gran parte, responsable de las características de las crecientes que presentan las mismas. Se expresa en los siguientes parámetros :

2.3.3.1 Coeficiente de Compacidad .- Constituye una relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de igual área.

Si este valor se acerca a la unidad, entonces la cuenca se aproxima a la forma circular y habrá mayor oportuni - dad de crecientes, trayendo como consecuencia mayores - probabilidades de ocurrencia de inundaciones, erosiones, huaycos, etc.

$$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} = \frac{469}{78.41} \times 0.28 = 1.67$$

Kc = Coeficiente de compacidad (Indice de Gravelius)
P = Perímetro
A = Area

Kc = 1.67

El valor de 1.67 nos indica que nuestra cuenca es alargada y las crecientes se limitan a la época de avenidas, acumulándose el agua de crecidas en las partes bajas de la cuenca, que es característica común de los ríos de la costa.

2.3.3.2 Factor de Forma .- Este parámetro es la relación entre el ancho medio de la cuenca y la longitud del curso de agua más largo (el río Cañete).

$$Ff : \frac{Am}{L} = \frac{A/L}{L} = \frac{A}{L^2} = \frac{6,148}{51,529} = 0.12$$

$$Am = \frac{6,148}{227} = 27.08$$

Am = Ancho medio = 27.08
A = Area (6148 Km^2)
L = Longitud del río Cañete (227 Km)

2.3.4 SISTEMA DE DRENAJE

El sistema de drenaje está dado por el curso principal y sus tributarios, de acuerdo a la bifurcación de éstos.

2.3.4.1 Grado de Ramificación .- Este parámetro se realizó asignándole un orden a cada una de las bifurcaciones en forma creciente, desde el inicio en la divisoria continental hasta llegar al curso principal. De acuerdo a esto, la cuenca del río Cañete es de 5° orden. Esto nos indica que en esta cuenca la actividad climática es primordial, tanto como la tectónica.

2.3.4.2 Densidad de Drenaje .- Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua (efímeros, intermitentes y perennes) de la cuenca y el área total de la misma.

$$Dd = \frac{Li}{A} = \frac{4,033.7 \text{ Km.}}{6,148 \text{ Km}^2} = 0.66 \text{ Km/Km}^2$$

Dd = densidad de drenaje
Li = Largo total de los cursos de agua.
A = Area

$$Dd = 0.66 \text{ Km/Km}^2$$

Este valor nos indica que las precipitaciones en la cuenca influirán inmediatamente sobre las descargas de los ríos, favorecido por el material poco resistente del subsuelo, escasa vegetación (en las zonas de aridez) y por la topografía abrupta. El valor más alto de este parámetro puede pasar de 1.

2.3.4.3 Extensión media de escurrimiento superficial .- Este parámetro nos indica la distancia media (en línea recta) que el agua precipitada tendrá que escurrir para llegar al lecho de un curso de agua.

$$ES = \frac{A}{4Li} = \frac{6.148}{4\ (4,033.7)} = 0.38 \text{ Km.}$$

ES = 380 mts.
ES = Extensión media de escurrimiento superficial.
Li = Largo total de los cursos de agua.
A = Area

Esta distancia nos indica que la lluvia precipitada en la cuenca recorrerá 380 mts. antes de llegar al lecho de un curso de agua.

2.3.4.4 Frecuencia de ríos .- Este parámetro relaciona el total de los cursos de agua con el área total de la cuenca.

$$Fr = \frac{N^\circ \text{ de ríos}}{A} = \frac{1,380}{6,148} = 0.22 \text{ ríos/Km}^2$$

Fr = Frecuencia de ríos
A = Area

$$Fr = 0.22 \text{ ríos/Km}^2$$

Se deduce de este parámetro, que en la cuenca del río Cañete hay 0.22 ríos por Km^2.

2.3.5 ELEVACION DE LOS TERRENOS .-

Estos estudios se realizan con referencia al nivel del mar y es - otra característica que representa la declividad de la cuenca.

2.3.5.1 Altitud Media de la Cuenca : Planimetrando, se obtiene - el siguiente cuadro :

Cota más baja m.s.n.m.	Cota más alta m.s.n.m.	Area Parcial Si (Km^2)	Altitud media de c/área parcial (Hi) m.s.n.m.	Hi. Si
0	1,000	460.4	500	230.20
1000	2,000	455.4	1,500	683.10
2000	3,000	615.1	2,500	1,537.75
3000	4,000	928.3	3,500	3,249.05
4000	5,896	3,688.8	4,948	18,252.18
		$\leq$ 6,148.0		$\leq$ 23,952.28

$\bar{H}$ = Altitud media de la cuenca.

$$\bar{H} = \frac{\sum hi.Si}{A} = \frac{23,952.28}{6,148} = 3,900 \text{ m.s.n.m.}$$

$$\bar{H} = 3,900 \text{ m.s.n.m.}$$

Este parámetro nos indica que en la cuenca del río Cañete las áreas predominantes pasan de los 4,000 m.s.n.m. (60%) trayendo como consecuencia la variación climática, en relación a las cuencas adyacentes (presencia de nevados, mayor cantidad de precipitaciones, nevadas);también es notoria la actividad erosiva de la cuenca, así como la meteorización.

2.3.4.2 CURVA HIPSOMETRICA Y POLIGONO DE FRECUENCIA DE ALTITUDES

En el Gráfico N°2 se presenta la curva hipsométrica de la cuenca del río Cañete.

La curva hipsométrica representa de cierto modo el relieve de la cuenca, presentando estas 3 zonas definidas de acuerdo a su pendiente.

ZONA A : representa a la cuenca alta (60% del área de la cuenca), se caracteriza por presentar una pendiente moderada, comprendida entre los 4,000 y 5,896 m.s.n.m.

ZONA B : representa a la cuenca media, caracterizada por presentar una pendiente más pronunciada de topografía agreste, con predominio de erosiones laterales y verticales, representa el 32.5% del área de la cuenca.

ZONA C : Zona comprendida entre los 0 a 1,000 m.s.n.m.- representa a la cuenca baja, está caracterizada por tener baja pendiente, comprende la cuenca baja. Representa el 7.5% del área de la cuenca.

2.3.6 RECTANGULO EQUIVALENTE .-

El rectángulo equivalente (Gráfico 3) es la representación geométrica de la cuenca en un rectángulo, del mismo perímetro, coefi-

CURVA HIPSOMETRICA Y POLIGONO DE FRECUENCIA DE ALTITUDES

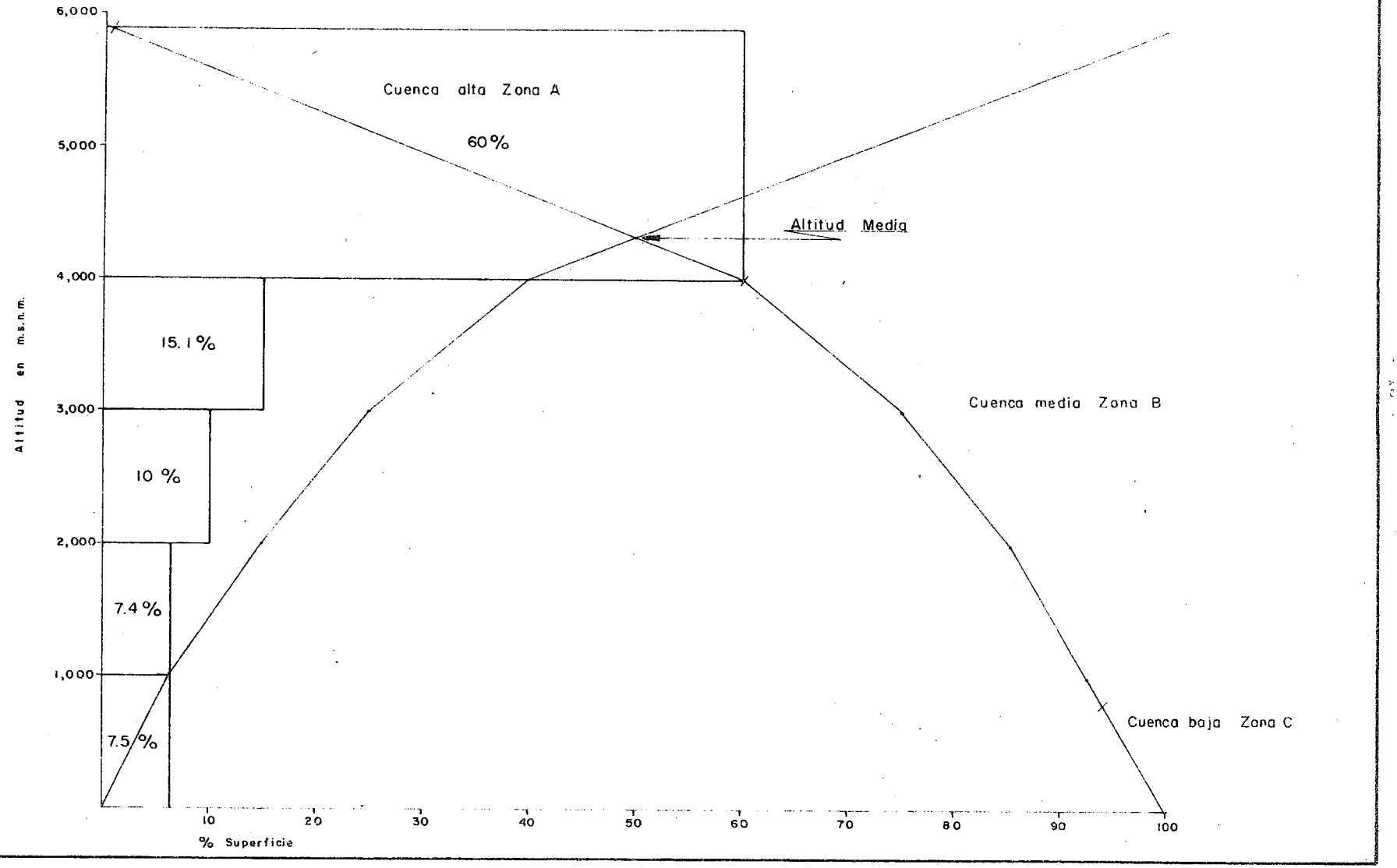
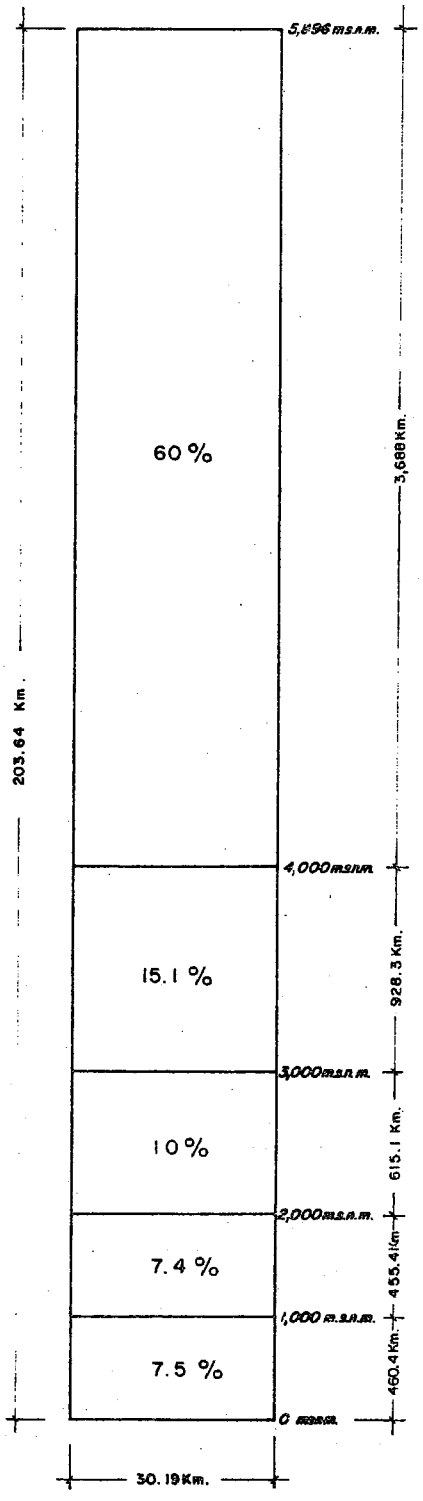


GRAFICO Nº 2

RECTANGULO EQUIVALENTE



Escala : 1/1'000,000

GRAFICO Nº 3

ciente de compacidad, idéntica repartición hipsométrica; las curvas de nivel son paralelas entre sí.

Cálculos :

L = lado mayor

l = lado menor

$$L = \frac{Kc\sqrt{A}}{1.12}\left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2}\right]$$

$$L = \frac{1.67\sqrt{6,148}}{1.12}\left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{1.67}\right)^2}\right]$$

$$L = 203.6 \text{ Km.}$$

$$l = \frac{Kc\sqrt{A}}{1.12}\left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2}\right]$$

$$l = \frac{1.67\sqrt{6,148}}{1.12}\left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{1.67}\right)^2}\right]$$

$$l = 30.14 \text{ Km.}$$

DISTRIBUCION ALTIMETRICA DEL AREA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE.

COTAS	Areas parciales. Km^2	%	Areas que estan debajo de la altitud. Km^2	%	Areas que estan sobre la altitud Km^2	%
0-1000	460.4	7.5	460.4	7.5	5,687.6	92.5
1000-2000	455.4	7.4	915.8	14.9	5,232.2	85.1
2000-3000	615.1	10.0	1,530.9	24.9	4,617.1	75.1
3000-4000	928.3	15.1	2,459.2	40.0	3,688.8	60.0
4000-5896	3,688.8	60.0	6,148.0	100.0	0	0

2.3.7 DECLIVE DE ALVEOS .-

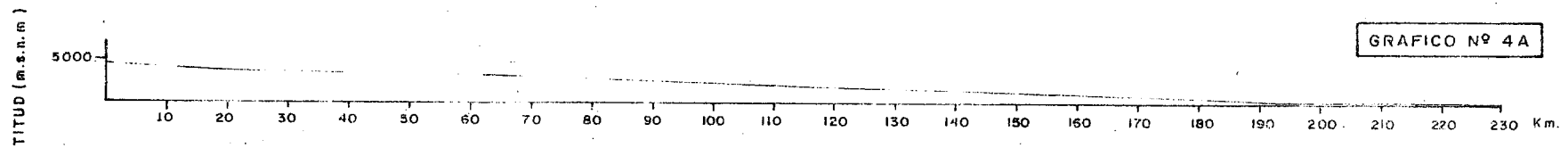
El agua de escorrentía que recorre los lechos fluviales discurre con una velocidad que depende directamente de la pendiente o declividad de éstos. Para determinar esta característica se utilizan los siguientes parámetros.

2.3.7.1 Perfil Longitudinal .- Para la mejor determinación del perfil longitudinal del río Cañete, se ha dividido el curso del río en tramos, determinándose las pendientes parciales (Gráfico 4A).

T R A M O	DISTANCIA Km.	PENDIENTE %
Lag.Ticllacocha (naciente) - Tanta 4,850 m.s.n.m. 4,270 m.s.n.m.	18	3.22
Tanta - Huancaya 3,550 m.s.n.m.	45	1.60
Huancaya - Magdalena 2,350 m.s.n.m.	46	2.61
Magdalena - Catahuasi 1,150 m.s.n.m.	48	2.50
Catahuasi - Lunahuaná 450 m.s.n.m.	30	2.33
Lunahuana - Litoral 0 m.s.n.m.	40	1.12

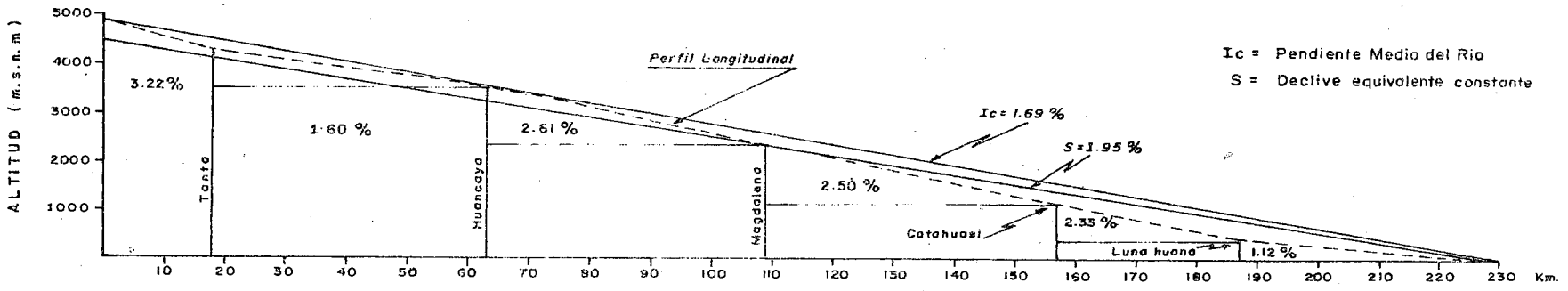
PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO CAÑETE

GRAFICO Nº 4A



Esc. H. : 1/1'000,000
V : 1/750,000

COTAS	LONG. PARCIAL DEL RIO. Km.	LONG. ACUMULADA DEL RIO. Km.
4850 – 4270	18	18
4270 – 3550	45	63
3550 – 2350	46	109
2350 – 1150	48	157
1150 – 450	30	187
450 – 00	40	227



Ic = Pendiente Media del Rio
S = Declive equivalente constante

Esc. H. : 1/1'000,000
V. : 1/125,000

GRAFICO Nº 4B

Dib. A. Velito T.

2.3.7.2 Pendiente Media del Río .-

La pendiente media del río está dada por los puntos extre - mos del río Cañete entre la naciente y el litoral. (Gráfico- 4 B).

$$Ic = \frac{Hm - Hmi}{1{,}000\ L} = \frac{4{,}850 - 0}{1{,}000 \times 227} = 2{,}14\%$$

Hm = altitud máxima
Hmi = altitud mínima
L = longitud del río
Ic = 2.14%

2.3.7.3 Declive Equivalente Constante .-

Este parámetro se basa en el perfil longitudinal del río Ca- ñete. Este método es basado en el tiempo de traslado, varía en toda la extensión del río con la inversa de la raíz cua - drada de la declividad (Gráfico 4 B).

$$S = \frac{1}{Tm^2}$$

S = declive equivalente constante.

Tm = Tiempo medio de traslado

$$Tm = \frac{\leq (1 \times t)}{L}$$

1 = longitud parcial
T = recíproco de la raíz cuadrada de cada una- de las declividades parciales del perfil - longitudinal.
L = Longitud más larga del río.

COTAS + Alta	COTAS + baja	Dif. de elevación (m)	Long. del tramo (l) m	Distancias acumuladas	Declividad m/m' (S)	$\sqrt{S}$	$T=1/\sqrt{S}$	l x t
4850	4270	580	18,000	18,000	0.032	0.179	5.587	100,566
4270	3550	720	45,000	63,000	0.016	0.126	7.936	357,120
3550	2350	1200	46,000	109,000	0.026	0.161	6.211	285,706
2350	1150	1200	48,000	157,000	0.025	0.158	6.329	303,792
1150	450	700	30,000	187,000	0.023	0.151	6.622	198,660
450	0	450	40,000	227,000	0.011	0.105	9.524	380,960
			$\leq$ 227,000					$\leq$ 1'626,804

$$Tm = \frac{1'626,804}{227,000} = 7.166$$

$$S = \frac{1}{7.1662} = \frac{1}{51.35} = 0.0195$$

$$S = 1.95\%$$

2.3.8 DECLIVIDAD DE LOS TERRENOS

Este parámetro influye directamente en el escurrimiento superficial controlando en gran parte su velocidad y afectando al tiempo que el agua de lluvia demora en concentrarse en los lechos fluviales que forman la red de drenaje de la cuenca. Con este parámetro se calcula la pendiente de la cuenca. Emplearemos el método del Indice de pendiente.

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \times \sum \frac{Bi \ (an - an\text{-}1)}{1000}$$

an, an-1 = Valor de las cotas de las N curvas de nivel consideradas.

Bi = Fracción de la superficie total de la cuenca comprendidas entre las cotas an y an-1.

L = Longitud del lado mayor del rectángulo (Km)

Bi = B1, B2, B3, B4.

0 ---------- 1000	$\frac{460.4}{6,148.0}$	=	0.08	= B_1
H_1 H_2				
1000 --------- 2000	$\frac{455.4}{6,148.0}$	=	0.07	= B_2
H_2 H_3				
2000 --------- 3000	$\frac{615.1}{6,148.0}$	=	0.10	= B_3
H_3 H_4				
3000 --------- 4000	$\frac{928.3}{6,148.0}$	=	0.15	= B_4
H_4 H_5				
4000 --------- 5896	$\frac{3,688.8}{6,148.0}$	=	0.60	= B_5
H_5 H_6				

Δ Hi

$$\Delta H_1 = H_1 - H_2 = 1000 - 0 = 1000$$
$$\Delta H_2 = H_3 - H_2 = 2000 - 1000 = 1000$$
$$\Delta H_3 = H_4 - H_3 = 3000 - 2000 = 1000$$
$$\Delta H_4 = H_5 - H_4 = 4000 - 3000 = 1000$$
$$\Delta H_5 = H_6 - H_5 = 5896 - 4000 = 1896$$

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{203.64}} \left[\sqrt{\frac{0.08 \times 1000}{1000}} + \sqrt{\frac{0.07 \times 1000}{1000}} + \sqrt{\frac{0.10 \times 1000}{1000}} + \sqrt{\frac{0.15 \times 1000}{1000}} + \sqrt{\frac{0.60 \times 1896}{1000}} \right]$$

$I_p = 0.1674 \qquad I_p = 16.74\%$

2.3.9 COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD

Este parámetro nos indica la distribución de los cursos de agua de primer orden (torrenteras) en la cuenca.

$$CT = \frac{N1}{A} = \frac{106}{6,148} = 0.017$$

CT = Coeficiente de torrencialidad

A = Area de la cuenca.

N_1 = N°de cursos de agua de primer orden.

C_T = 0.017 ríos/Km^2

La infiltración predomina en el altiplano (4,000-4800 m.s.n.m.); el escurrimiento superficial, el intemperismo físico y mecánico

y la erosión vertical predominan en las cabeceras del valle.

2.3.10 COEFICIENTE DE MASIVIDAD

Este índice nos muestra la relación entre la altitud media de la cuenca y el área de la misma.

$$Cm = \frac{\bar{H}}{A} = \frac{3,900}{6,148} = 0,63 \text{ m/Km}^2$$

C_m = Coeficiente de masividad.

$\bar{H}$ = Altura media de la cuenca

Cm = 0.63 m/Km^2

Este coeficiente denudacional, como se le llama también, nos proporciona un índice de erosión. Cuanto más llano es el terreno, - mas bajo es el valor y cuanto más abrupto, el valor es más alto,- tendiendo a 1.

Los parámetros geomorfológicos calculados son índices auxiliares- valiosos, que en conjunción con otros factores como, clima, vegetación, hidrología, litología, etc, nos proporcionan datos valiosos del comportamiento geomorfológico-geodinámico de la cuenca,- cuyo conocimiento es indispensable para proponer las medidas co - rrectivas necesarias, tanto para el diseño de obras hidráulicas,- carreteras, drenajes, así como de las medidas técnicas antierosivas.

3.0 RASGOS GEOLOGICOS

3.1 GENERALIDADES

Según los levantamientos geológicos realizados en el área (F. Mégard y H. Salazar) nos revela que las rocas sedimentarias que conforman la secuencia estratigráfica de la cuenca, son principalmente calizas, areniscas, lutitas e intercalaciones de material volcánico con sedimentos finos, cuyas edades oscilan entre el Jurásico inferior y el Cuaternario - Reciente. Gráfico N°5.

Las rocas igneas, intrusivas y extrusivas, ocupan el sector central de la cuenca. Las rocas intrusivas pertenecen al Batolito Andino Costanero, - constituido por granitos, granodioritas, dioritas, tonalitas, etc. Las rocas igneas volcánicas están representados por andesitas riolíticas, - tufos y cenizas, etc. Estructuralmente se han generado en el sector - Andino una serie de estructuras (fallas, pliegues, sobre-escurrimientos) con rumbo NO-SE.

3.2 ESTRATIGRAFIA

3.2.1 ZONA COMPRENDIDA ENTRE LA FAJA COSTANERA Y EL FLANCO OCCIDENTAL - ANDINO.

JURASICO SUPERIOR CRETACEO

3.2.1.1 FORMACION ASIA (Js-a) .- Compuesta por una serie clástica basal, con predominio de lutitas con intercalaciones de areniscas finas y ocasionalmente horizontes calcáreos y - volcánicos. Afloran en la zona interna del Batolito Costanero, entre el valle de Omas y Cañete, en forma de afloramientos aislados. En el área de Pacarán se han reconocido exposiciones de areniscas y lutitas pizarrosas.
Yace sobre el Gr. Morro Solar, con una potencia $\pm$ de 500- metros. Edad probable : Berriasiano.

3.2.1.2 GRUPO MORRO SOLAR (Ki-m) .- Consiste en una secuencia - alternada de cuarcitas, lutita pizarrosa y areniscas con-

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE CUENCA DEL RIO CAÑETE

EDAD		FAJA COSTANERA Y FLANCO OCCIDENTAL ANDINO		PARTE MEDIA Y ALTA DEL FLANCO OCCIDENTAL ANDINO		ROCAS INTRUSIVAS CRETACEO SUP. AL TERCIARIO	
CUATERNARIO	RECIENTE	Depósitos eólicos	Q – c	Depósitos coluviales	Q – col		
		Depósitos marinos	Q – m	Depósitos aluvial	Q – al		
		Depósitos fluviales	Q – fl	Depósitos fluviales	Q – fl		
		Depósitos coluviales	Q – col	Depósitos fluvio-glaciares	Q – fg		
		Depósitos aluviales	Q – al	Depósitos glaciares	Q – g		
	PLEISTOCENO	Formación Cañete	Qpl – c				
TERCIARIO	SUPERIOR			Volcánico Auquivilca	Ts – a	Riodacita	T – rda
				Volcánico Caudalosa	Ts – vc	Adamelita	T – a
				Formación Castrovirreyna	Ts – c	Micro granito y granito adamelita	Tmgr/a
				Formación Huarochirí	Ts – h	Granito adamelita	Ti-gr/ad
	MEDIO			Volcánico Millotingo	Tm – vm	Granodiorita tonalita	Ti/gd/to
				Grupo Rimac	Tim-s / Tim-r	Diorita	Ti – di
	INFERIOR	Formación Paracas	Ti – pa	Grupo Sacsaquero		Tonalita Diorita	KTi/To/gd
				Volcánico Tantará	Ti – vT		
CRETACEO	SUPERIOR			Formación Casapalca	KsTi – c		
				Formación Celendín	Ks – ce		
				Formación Jumasha	Ks – j		
		Grupo Quilmaná	Ks – q	Formación Pariatambo	Ks – pt		
	INFERIOR			Formación Pariahuanca	Ki – ph		
		Grupo Imperial	Ki – i	Formación Chúlec	Ki – ch		
		Formación Pamplona	Ki – p				
		Grupo Morro Solar	Ki – m	Grupo Goyllarisquisga	Ki – g		
		Formación Asia	Js – a				
JURASICO				Formación Condorsinga	Ji – c		

GRAFICO Nº 5

escasas unidades de caliza; en el sector de Pacaran y Zuñiga se le encuentra suprayaciendo a la Formación Asia y está afectada por diques, sills y pequeños stoks de microdioritas y andesitas. Tiene una potencia de 1,400 m., de edad Valanginiano y correlasionable a la serie clástica de Lima.

En el sector de Pacaran y Zuñiga se han reconocido 3 miembros : De la base al techo.

- Cuarcitas en capas de 20 cm. a 1 m., intercaladas con lutitas pizarrosas y areniscas en capas horizontales de 1- a 6 m. Yace concordantemente sobre lutitas pizarrosas con ocasionales intercalaciones de arenisca cuarcítica y arenisca fina. Potencia 250 m.
- Lutitas friables con ocasionales horizontes delgados, de arenisca cuarcítica (300 m.). Encima se sucede 200 metros de areniscas cuarcíticas en capas delgadas a medias y 50 cm. a 1 m. de areniscas y lutitas pizarrosas. Termina este miembro con una secuencia de 400 metros de lutitas pizarrosas con algunas capas de 20 cm. a 1 m. de cuarcitas y areniscas finas en lajas.
- Cuarcitas blanquecinas y en la parte superior areniscas-cuarcíticas con capas de 50 cm. a 1 m. En la parte media tenemos algunas capas de 50 cm. de margas y calizas, en capas delgadas. Potencia de 450 m.

3.2.1.3 FORMACION PAMPLONA (Ki-P) .- En el valle de Cañete, cerca a Pacaran y Zuñiga, aflora la formación Pamplona con una potencia de 350 m., afectada, en parte, por fallamientos; compuesta por una secuencia de calizas, margas y lutitas margosas, ocasionalmente capas lenticulares de yeso de 10 cm. Esta formación está en relación transicional, por el techo, con la Formación Imperial. Edad Valanginiano superior.

3.2.1.4 GRUPO IMPERIAL (Ki-i) .- Secuencia formada por calizas marmolizadas alternando con calizas silicificadas en capas delgadas, y medianas, con pequeñas intercalaciones de horizontes de lutitas y limolitas. Aflora en el valle de Cañete en los alrededores de Imperial y en el área de Picamaran. Yace debajo del Grupo Quilmaná, con una edad Aptiano Inf.-Albiano Inf. a medio.

3.2.1.5 GRUPO QUILMANA (Ks-q) .- Potente secuencia constituida por rocas volcánico-sedimentarias. Consta de 2 miembros :

- El miembro inferior, yace concordante sobre las calizas del Grupo Imperial, consiste en una secuencia alternante de lutitas, lutitas pizarrosas laminares, calizas silicificadas y margas en capas delgadas y bandeadas, intercaladas también con horizontes delgados de limolitas y areniscas; teniendo como base toda esta serie sedimentaria dos bancos de 40 m. cada uno de derrames volcánicos.
- Sobre la serie ya mencionada yace en aparente concordancia una secuencia de rocas volcánicas (derrames andesíticos y-dacíticos), alternados ocasionalmente con unidades lenticulares de rocas calcáreas silicificadas y marmolizadas, intercaladas con lutitas y margas. Edad : Albiano Medio - Cretáceo Superior.

TERCIARIO

3.2.1.6 FORMACION PARACAS (Ti-pa) .- Aflora en el cerro Candela en San Vicente de Cañete y en el cerro cerca a la Hda. Montejato. Consiste en una secuencia de areniscas, areniscas calcáreas en capas de 30 cm., alternando con horizontes de lutitas. No se conoce el piso y el techo está cubierto por la formación Cañete. Edad : Eoceno Superior.

CUATERNARIO

3.2.1.7 FORMACION CAÑETE (Q-pl-c) .- Conjunto litológico de conglomerados semiconsolidados de cantos redondeados y subredondeados de composición variada, de matriz areno limosa. Aflora en la cumbre del cerro Candela, en las lomas cerca a la Hda. Montejato, Pampa Clarita, así como en la Pampa Cinco Cruces al SE de San Vicente.

3.2.1.8 CUATERNARIO ALUVIAL (Q-al) .- Comprende el cono de deyección del río Cañete, formando terrazas que se extienden desde el nivel actual del río hasta ± 30 metros de altura.

El material aluvial consiste en gravas, arenas y limos arcillosos mal clasificados, las gravas y cantos son de contorno sub-redondeados y redondeados de composición variada, con una potencia que varía de unos pocos metros en las playas de inundación del río Cañete hasta unos 60 m. en las terrazas del valle del mismo río.

3.2.1.9 CUATERNARIO FLUVIAL (Q-Fl) .- Estos depósitos se encuentran formando el cauce principal y actual del río Cañete. Predominan las gravas y cantos hasta de 60 cm., así como arena y arcillas mal clasificadas.

3.2.1.10 CUATERNARIO COLUVIAL (Q-cl) .- Estos son depósitos formados por gravas y bloques subangulosos con matriz arcillo-arenosa y gravilla.

Forman los llamados depósitos de pie de monte, cono de escombros y depósitos de ladera de los valles.

3.2.1.11 CUATERNARIO MARINO (Q-m) .- Formado por terrazas de poca altura y dep. de playa (arenas, gravas) que pueden ser invadidas nuevamente por el mar.

3.2.1.12 CUATERNARIO EOLICO (Q-e) .- Se presentan estos depósitos en las pampas costaneras de la cuenca, formando dunas del tipo barcanas, como en la pampa Clarita al SE de Cañete.

3.2.2 ZONA ORIENTAL DE LA CUENCA, DESARROLLADA EN LA PARTE MEDIA Y ALTA DEL FLANCO OCCIDENTAL ANDINO
JURASICO INFERIOR - CRETACEO

3.2.2.1 Formación Condorsinga (Ji-c) .- Consiste en una secuencia de calizas nodulares, aflora en la parte central - este del cuadrángulo de Yauyos al NOrte de la laguna - de Cochahuachaco (C° Titimina), de Edad Sinemuriano Superior.

3.2.2.2 Grupo Gollarizquizga (Ki-g) .- Esta secuencia formada por areniscas, cuarcitas, lutitas y algunas calizas. - En el área de Yauyos-Yauricocha (SE del Cuadrángulo de Yauyos), se han reconocido las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz. Edad Valonginiano - Aptiano. Toda esta secuencia se halla plegada y fallada.

Formación Chimú (Ki-chi) .- Secuencia de areniscas, - de más de 500 metros, con cuarcitas en capas medianas, - ocasionalmente delgadas y gruesas, intercaladas con algunas unidades de lutitas; con una topografía abrupta - en la que destaca el cañón entre Yauyos y Tomas.

Formación Santa (Ki-s) .- Consiste en aproximadamente 100 metros de capas delgadas de caliza con algunas capas de lutita calcárea.
En la cuenca se han mapeado estas rocas en el cuadrángulo de Yauyos, entre Yauyos y Tomas.

Formación Carhuaz (Ki-ca) .- Potente secuencia, de más de 500 metros, de areniscas y cuarcitas, intercaladas con

lutitas y areniscas. Se les ubica en la parte central del cuadrángulo de Yauyos, así como también al NE del mismo cuadrángulo.

3.2.2.3 Formación Chulec (Ki-chu) .- Secuencia calcárea arenosa, de areniscas calcáreas con intercalaciones margosas. La diferencia de competencia entre las capas dan por intemperismo formas topográficas escalonadas. La estratificación generalmente es en capas delgadas y medianas,- ocasionalmente hasta capas de 3 m. Esta formación, tiene una potencia de 400 m., y es de edad Albiano medio. Se ubica al NE del cuadrángulo de Tupe.

3.2.2.4 Formaciones Pariahuanca-Chulec (Kim-ch-ph) .- En la secuencia plegada del área de Yauyos-Yauricocha se ha reconocido una potente secuencia calcárea, de calizas en- capas delgadas, medianas y algunas gruesas; ocasional - mente intercaladas con horizontes de margas y lutitas; con una potencia de 500 m. Edad : del Meso-Albiano al- Albiano Inferior.

3.2.2.5 Formación Pariatambo (Ki-pt) .- Calizas en capas delgadas y medianas con horizontes de caliza nodular, intercaladas ocasionalmente con margas, lutitas y chert., aflora esta secuencia plegada al NW del cuadrángulo de- Yauyos y al NE del Cuadrángulo de Tupe; Edad : parte - media del Albiano medio.

3.2.2.6 Formación Jumasha (Ks-J) .- Calizas en capas delgadas- a medianas de 300 mts. de potencia, alternando con caliza nodular, ocasionalmente brechosas y capas margosas.- Aflora en el área de Vilca,al NW del cuadrángulo de Yauyos, así como el NE del cuadrángulo de Tupe. Edad Albiano Superior - Conniaciano.

3.2.2.7 Formación Celendín (Ks-ce) .- Esta secuencia aflora al-SE de Tomas (parte central del cuadrángulo de Yauyos),- consiste en lutitas y calizas, formación que tiene poca resistencia a la erosión; Edad Conniaciano - Santoniano.

3.2.2.8 Formación Casapalca KsTi-C .- Consiste en una secuencia de areniscas, limolitas rojizas; con intercalaciones de arenisca guijarrosa y conglomerado calcáreo cuarcítico en capas de 5 mt,con una potencia de ± 800 mts., Aflora al SE de Tomas, area de Yauricocha.

TERCIARIO

3.2.2.9 Volcánico Tantará (Ti-Vt) .- Compuesta de derrames andesíticos, riodacíticos, dacíticos de textura porfirítica y a veces afanítica, con seudoestratificación en bancos medianos a gruesos; en forma secundaria y esporádica intercalan flujos de brecha, andesita y dacita, flujos andesíticos y riolíticos. Esta secuencia cubre extensas áreas del NE del Cuadrañgulo de Lunahuaná, parte occidental y Norte del Cuadrángulo de Tupe, así como al SW-del Cuadrángulo de Yauyos.

3.2.2.10 Grupo Sacsaquero (Tim-S) .- En el cuadrángulo de Tupe - se tiene exposiciones de un miembro sedimentario piroclástico, así como intercalaciones piroclásticas. La - característica de este grupo es su carácter lenticular que permite que la litología cambie a corta distancia,- tanto en sentido vertical y lateral.

3.2.2.11 Grupo Rímac (Tim-r) .- Este grupo está formado por rocas andesíticas , flujos de brecha, andesitas tufáceas o tufos andesíticos, con ocasionales intercalaciones de-sedimentos de areniscas tufáceas.
Este grupo es equivalente al grupo Sacsaquero. Se le - encuentra en la cuenca al NE y al SE del cuadrángulo de

Huarochirí, rodeando a la laguna de Piticocha.
Se han diferenciado 3 miembros : el miembro inferior - ($Tim\text{-}r^{vs}$) con predominio de rocas volcánico-sedimentarias Hacia la parte media y superior ($Tim\text{-}r^{st}$) intercalan unidades predominantemente sedimentario tufáceas,con arenisca limolítica y tufos redepositados .
En la parte más superior ($Tim\text{-}r^{t}$) se encuentran tufos - riolíticos y dacíticos.

3.2.2.12 Volcánico Millotingo (Tm-vm) .- Formado por derrames andesíticos y riodacíticos, ocasionalmente traquiandesíticos, formando diques y cuerpos; intercalados también - con horizontes de andesita tufácea y flujos de brecha - volcánica. Edad Oligoceno, se encuentran al NE y SE del Cuadrángulo de Huarochirí, también rodeando a la laguna- de Ticllacocha,naciente del río Cañete.

3.2.2.13 Formación Huarochirí (Ts-h) .- Formado por rocas sedi - mentarias tufáceas, consistentes en unidades de tufos - riolíticos y riodacíticos sucedidos por una alternancia- de unidades de areniscas y limolitas tufáceas, aglomerados y ocasionalmente con horizontes de tufos, andesitas- tufáceas y bancos traquiandesíticos. Es equivalente a - la formación Castrovirreyna y la serie superior con la - formación Auquivilca. Se le ubica al NE y SE del cua - drángulo de Huarochirí.

3.2.2.14 Formación Castrovirreyna (Ts-c) .- Secuencia sedimentaria piroclástica con areniscas, calizas, tufos, brechas- tufáceas y coladas de lavas,que afloran con gran exten - sión en las cabeceras de los tributarios orientales del río Cañete.

3.2.2.15 Volcánico Caudalosa (Ts-Vc) .- Conjunto de rocas volcánicas con algunas intercalaciones lenticulares de piro - clásticos y areniscas tufáceas. Se encuentra estas ro - cas en la parte central y sur este del cuadrángulo de Tupe.

3.2.2.16 Volcánico Auquivilca (Ts-a) .- Conjunto estratigráfico - compuesto por rocas piroclásticas en la base y depósitos - lacustres en la parte media, intercalados con caliza gris - en capas delgadas, hasta laminosas; ocasionalmente brecha- tufácea. Se le ubica en las cercanías del cerro Huamanri- payoc, cabeceras del río Tambo.

CUATERNARIO

3.2.2.17 Depósitos Glaciares (Q-g) .- Depósitos formados por el material morrénico antiguo y reciente, se encuentran en las- cabeceras de los valles glaciares y en las inmediaciones - de las lagunas (Pilicocha, Paucarcocha, Pomacocha, Yillaco cha, Llongote, etc.). Compuesta predominantemente por - fragmentos rocosos de composición volcánica, subredondea - dos y angulosos, dentro de una matriz arcillosa o areno ar cillosa.

3.2.2.18 Depósitos Fluvio-glaciares (Q-fg) .- Estas acumulaciones - se sitúan en las partes bajas de las laderas de los cerros que bordean las lagunas, como depósitos caóticos y consis- ten en grava, arena y arcilla.

3.2.2.19 Depósitos Fluvio-aluviales (Q-fal) .- Son acumulaciones- detríticas provenientes de la acción intermitente del agua y de la gravedad, las cuales han sido transportadas a tra vés de cortas distancias. Compuestas por una mezcla de - componentes heterométricas como gravas, cantos, fragmentos de rocas sub-redondeados, arenas y arcillas.

3.2.2.20 Depósitos Aluviales (Q-al) .- Estos depósitos se encuen- tran en el curso medio a inferior de los ríos de la cuen ca. Se encuentran formando terrazas aluvionales en las - márgenes del lecho del río.

Depósitos Coluviales (Q-col) .- Formados por acción de la gravedad y algo de agua. Se acumulan principalmente en la base de las laderas y en la parte inferior de los conos de talud, acumulaciones de derrumbes y masas deslizantes.

3.3 ROCAS INTRUSIVAS

Las rocas intrusivas constituyen un conjunto de rocas que cubren una gran extensión en la cuenca. Los afloramientos se extienden desde Caltopa, hasta unos 10 Km. al Norte del Puente Auco, constituyendo parte del Batolito Andino de la Costa. Es de edad cretáceo-terciario. Esta masa ígnea presenta intrusiones menores (Stoks, diques, etc.).
Afloramientos menores de rocas intrusivas aparecen en las áreas cercanas al litoral y en la parte superior de la cuenca.
Entre las rocas intrusivas predominantes son las de composición intermedia,como la granodiorita, diorita y tonalita, así como también cuarzolatita porfídica, diorita cuarcífera.
A la altura de Vitis y Huancaya, aflora un cuerpo intrusivo clasificado como granodiorita. En el límite Nor-oriental de la cuenca (Cerro Caja-Real) aflora un stock de tonalita porfídica. La composición de las intrusiones menores es de andesita, microdiorita y aplita. Estas rocas se presentan generalmente diaclasadas, muy fracturadas y con disyunción esferoidal.

3.4 RASGOS ESTRUCTURALES .

La cuenca puede ser estudiada en dos zonas : la costanera y la andina, separadas por una gran masa ígnea, teniendo ésta una participación activa en el desarrollo tectónico y estratigráfico de la cuenca.

3.4.1 Zona Estructural Costanera .- Zona donde han ocurrido principalmente esfuerzos de tensión que han dado lugar a la formación de fallas de menor intensidad que comprometen especialmente a las rocas que van del Jurásico Superior al Cretáceo (desde la formación Asia al Grupo Quilmaná). También es característico la presencia del material volcánico del terciario.

3.4.2 Zona Estructural Andina .- Ubicada en la parte alta de la cuenca y comprende desde la divisoria continental hasta las localidades de Miraflores, Laraos y Lincha. Presenta gran número de plegamientos y fallamientos longitudinales (siguen el rumbo de los estratos), originados principalmente por esfuerzos de compresión, generados en dirección NE-SO, disturbando unidades litológicas del Jurásico Inferior, Cretáceo y Terciario. Entre los rasgos estructurales más característicos se tienen :

3.4.2.1 Sinclinorio de Yupanca .- Plegamiento desarrollado a ambos lados de la Qda. del mismo nombre, al pie de los nevados Uman y Ancovilca, afectando a rocas de las formaciones, Chulec, Pariatambo, Jumasha y Casapalca. El rumbo general es SE - NO.

3.4.2.2 Anticlinorio de Huishcapuclio .- Se le ubica al este del sinclinorio de Yupanca, constituida por una serie de pliegues longitudinales, afectando rocas del cretáceo medio, este anticlinorio está muy deformado observándose fallas inversas y/o sobreescurrimiento. Este anticlinorio está limitado por el este por la falla de Vilca. Su rumbo general es SE-NO.

3.4.2.3 Plegamiento Yauricocha-Laraos-Tomás .- Entre las localidades mencionadas se tiene una serie de estructuras plegadas longitudinalmente, acompañados por fallas inversas, pliegues volcados y sobreescurrimientos; así como también un stock de Tonalita y granito relacionado con la mineralización de Yauricocha. Aguas arriba de su confluencia con el río Cañete, el río Alis corta su valle muy encañonado entre rocas del cretáceo medio a superior. Los pliegues en este sector son muy apretados. A 3 Kms. aguas arriba de Alis se encuentra una

falla inversa muy parada que pone en contacto areniscas cuarcíticas neocomianas con calizas del Jumasha. A - guas arriba el río Alis corta a estas calizas en el cañon de Olan (con paredes verticales de más de 1,000 metros). Las unidades rocosas que constituyen pequeños-mantos sobreescurridos han sido plegados tardíamente - formando el anticlinal de Olan y el sinclinal de Tomás, ambos de rumbo NO-SE; mas al Este la intensidad de la-deformación disminuye rápidamente.

Hacia el Norte de la localidad de Tomás, se han desarrollado un grupo de pliegues que han afectado rocas del - cretáceo medio, estructuras que se han generado en sentido longitudinal y con rumbo NO-SE. Estos plegamien - tos están estrechamente relacionados con la mineralización de los alrededores de Tomás (Mina Dinamarca). A 4 Kms. al Norte de la localidad de Tomás se desplaza una-falla de sobreescurrimiento con dirección NO-SE, que se une con la falla de Vilca a la altura de la Qda. Tambomachay.

3.4.2.4 Fallamiento Yanacocha - Quimsacocha .- Esta falla de - sobreescurrimiento que se extiende desde las inmediaciones de la laguna de Yanacocha hasta el C° Quimsacocha;- disturbando en su formación rocas del cretáceo inferior, desplazandose éstas hacia arriba sobre las rocas del - cretáceo medio, las que también se desplazan sobre las-rocas del cretáceo superior-terciario. La falla tiene-un rumbo general Este-Oeste.

3.4.2.5 Fallamiento Vilca .- Aproximadamente a 1 Km. al norte-de la localidad de Vilca, se ha identificado una falla-longitudinal de sobre-escurrimiento que originado por - esfuerzos de comprensión han perturbado a rocas del - cretáceo medio a superior.

3.5 GEOLOGIA ECONOMICA

La minería metálica es la de mayor importancia en la cuenca, tanto por el volúmen de producción como por el valor de la misma, pero su participación en el desarrollo de la cuenca es muy limitada, ya que su comercialización se realiza por la Oroya o Huancayo. Por lo tanto, su papel como factor de desarrollo sólo se deja sentir a nivel nacional.
La minería no-metálica presenta una gran variedad de depósitos como los materiales de ornamentación, materiales de construcción, arcillas y calizas.

3.5.1 Depósitos metálicos : El potencial minero metálico de la cuenca está principalmente circunscrito en la parte media y alta de la misma, ocurriendo principalmente en 3 zonas. Se tiene también otra zona en el área del C° Cospín a 9 Km. aguas arriba en la Qda. Picamaran.

3.5.1.1 Zona Minera entre Achin y Yauyos .- Relacionada a la masa intrusiva situada al norte de Yauyos; presenta mineralizaciones de plomo, zinc y plata; emplazados principalmente en rocas del cretáceo inferior y originadas probablemente por soluciones hidrotermales.
En la actualidad no hay trabajos mineros de importancia.

3.5.1.2 Zona Minera Central .- Se ubica entre las localidades de Miraflores, Vitis y Yauricocha; representada por una mineralización polimétalica, formados a partir de soluciones hidrotermales, provenientes de los intrusivos que afloran en la zona. Esta zona presenta el mejor potencial minero de la zona. En la actualidad están operando las minas de Yauricocha y Dinamarca.

3.5.1.3 Zona Minera Caja Real .- Esta zona se localiza en la zona NE de la cuenca, con mineralización de plomo, plata, zinc y cobre. La mineralización es hidrotermal, relacionada al intrusivo que aflora en el C° Caja Real. La zona posiblemente presente un buen potencial minero. La mina Llipina-

en la actualidad se encuentra en face de estudio.

3.5.2 Depósitos No- Metálicos : La explotación de estos depósitos ofrecen amplias espectativas económicas dado su volumen y facilidad de acceso. Por lo tanto es recomendable realizar estudios de rentabilidad.

3.5.2.1 Materiales Ornamentales .- Granitos en la ex-Hda. Ungará, Lucmo, cerca a Lunahuaná, etc. También son importantes las granodioritas y dioritas, cerca a los poblados de: Jacalla, Pacaran, Cacra, Anco, Tupe, Huayllampi, Calachote, etc.

3.5.2.2 Materiales de Construcción .- En la planicie aluvial del río Cañete, así como en los cauces de los principales cursos de agua, se localizan depósitos de gravas, arena, gravillas que pueden ser utilizados como áridos. Tanto las areniscas como las cuarcitas, reducidos a bloques, pueden ser utilizados en la construcción, principalmente en las partes media y alta de la cuenca, como en : Condoray, San Lorenzo, Lucmo, Caltopa, cerca a la Hda. San Isidro, a Imperial, Herboy Bajo, Sta. Barbara; todos en el valle; así como también en Pacaran, Zuñiga, San JUan, Cotahuasi, Capillucas, Ate. Anco, etc.

3.5.2.3 Arcillas .- Se han localizado estos depósitos en el Cerro Candela y en los cerros Ungará, también en dos planicies en la carretera Cañete-Yauyos.

3.5.2.4 Calizas .- Las calizas forman parte de las formaciones Pamplona, Imperial, Jumasha, etc., su distribución es amplia dentro de la zona. Es recomendable estudiarlas con fines industriales. El C° Puyhuan Punta, Lag. Totorococha, Lag. Punchaococha, Qda. Miraflores, Alis, C° Yaulipampa, etc., presentan reservas de arcillas.

4.0 CARACTERISTICAS LITOLOGICAS

Tomando como base el plano geológico de la cuenca, se ha elaborado el plano-litológico,de acuerdo a la naturaleza de las rocas de cada formación, habiéndosele dividido en dos grandes grupos : (Mapa 1-5).

4.1 FORMACIONES SUPERFICIALES - UNIDAD I .-

Se incluyen en esta unidad las formaciones pertenecientes al cuaternario (Q) reciente. Son depósitos poco consolidados, de extensión y espesor - variables. Su morfología plana y la proximidad a los cursos de agua - han provocado asentamientos poblacionales, de allí su importancia.

4.1.1 DEPOSITOS EOLICOS (Ie) .-

Constituidos por arenas de grano fino. Se les encuentra a lo largo de la faja costanera,principalmente en el sector de Pampa Clarita, en forma de dunas y médanos. Estos depósitos dan origen a - suelos transportados, arenosos, de profundidad y permeabilidad variables, capacidad de carga baja, plasticidad nula y napa freática profunda.

4.1.2 DEPOSITOS MARINOS (Im) .-

Depósitos que ocupan una extensión muy limitada, se localizan en el litoral y está constituido por gravas, rodados y arenas de grano - medio a fino. Dan origen a suelos principalmente arenosos, salobres, profundos y muy permeables. No son aparentes para cimientos.

4.1.3 DEPOSITOS COLUVIALES (I col) .-

Son depósitos sueltos, encontrándose en las bases de las laderas y en la parte inferior de los conos de talud, son producto de derrumbes, masas deslizantes así como también depósitos originados por - gravedad. Dan orígenes a suelos transportados de composición heterogénea, de profundidad variable y permeabilidad de moderada a alta. En estos depósitos los fragmentos se acumulan sin cohesión y-

sin clasificación granulométrica.

4.1.4 DEPOSITOS ALUVIALES (I al) .- Formados por arenas, gravas, arcillas y conglomerados seudoconsolidados. Estos depósitos constituyen el área agrícola del valle, son de gran irregularidad litológica, bastante heterométricas; constituyen suelos transportados profundos, sus condiciones de drenaje son medianas existiendo normalmente niveles acuíferos a poca profundidad.

4.1.5 DEPOSITOS FLUVIALES (Ifl) .- Formados por arena, grava, limo y arcilla. Es un conjunto litológico heterogéneo e inconsolidado, ligado al cauce actual del río Cañete y a su área de inundación. La granulometría de estos depósitos es decreciente a medida que se aproxima al litoral (mar). Estos depósitos forman suelos transportados heterogéneos, de extensión muy limitada y de potencia y permeabilidad variables. El nivel freático en estos depósitos está muy cerca a la superficie.

4.1.6 DEPOSITOS GLACIARES Y FLUVIO-GLACIARES (Ig-fg) .- Formados por clastos angulosos a sub-redondeados, de gravas, arenas y limos. Estos depósitos provienen de la trituración, fricción y fragmentación de las rocas volcánicas y sedimentarias que predominan en las cabeceras de la cuenca, por acción del hielo y fusión de las nieves. Estos depósitos se encuentran en las inmediaciones de las lagunas, así como en las partes bajas de las laderas que bordean dichas lagunas. Forman suelos transportados, arenosos y arcillo-arenosos de profundidad y permeabilidad variables.

4.2 SUSTRATO

Dentro de este grupo están incluidas rocas más o menos consolidadas, que agrupan los diferentes tipos de roca (sedimentarias, metamórficas, intrusivas y volcánicas).

4.2.1 UNIDAD II-VOLCANICOS .- En esta unidad se agrupan a todas las rocas exclusivamente compuestas de derrames volcánicos (andesíticos-

dacíticos, riolíticos, flujos de brecha tufáceas, tufos andesíticos, areniscas y limolitas tufáceas. En general estas rocas forman depósitos residuales, arenosos y areno-arcillosos de profundidad y permeabilidad variables y parcialmente calcáreos. Sus condiciones geotécnicas por lo general son buenas, cambiando éstas con la presencia de flujos de brecha, tufos, areniscas y limolitas tufáceas, etc. A esta unidad pertenecen las formaciones Millotingo, los pisos superior e inferior del grupo Rímac, los pisos medio y superior de la formación Huarochirí, los volcánicos Tantará, el piso inferior del volcánico Sacsaquero y la formación Caudalosa.

4.2.2 UNIDAD III - VOLCANICO SEDIMENTARIO .-

En esta unidad se reconocen 5 sub-unidades.

4.2.2.1 Sub-Unidad III_A .- En esta unidad los volcánicos (tufos, brechas tufáceas y coladas de lavas) están intercalados con areniscas, calizas, lutitas.
A este grupo pertenece la formación Castrovirreyna. Dan origen a suelos residuales, arenosos y areno-arcillosos de profundidad y permeabilidad variable.

4.2.2.2 Sub-Unidad III_B .- Los volcánicos (andesitas principalmente) en esta sub-unidad están intercaladas con lutitas areniscas, horizontes calcáreos y lutitas pizarrosas. A este grupo pertenece la formación Asia y Morro Solar.
Estas rocas dan origen a suelos residuales, principalmente arenosos y areno-arcillosos de profundidad y permeabilidad variables.

4.2.2.3 Sub-Unidad III_C .- Los volcánicos (piroclásticos y ocasionalmente brecha tufácea) están intercalados con calizas.- La formación Auquivilca pertenece a este grupo. Estas rocas nos dan suelos arenosos y arcillo-arenosos, profundos y permeabilidad variable.

4.2.2.4 Sub-Unidad III_D .- Las rocas volcánicas (derrames andesíticos y dacíticos) están intercalados con una secuencia alternante de lutitas, lutitas pizarrozas, calizas silicificadas y margas, así como pequeños horizontes de limolitas y areniscas. A este grupo pertenece la formación Quilmaná. Originan suelos residuales arenosos y arcillosos de permeabilidad y profundidad variables y un PH - principalmente básico.

4.2.2.5 Sub-Unidad III_E .- Los volcánicos en esta unidad están intercaladas con tufos, areniscas y areniscas tufáceas.- Los tufos pueden ser riolíticos y riodacíticos. Se agrupan en esta sub-unidad, el miembro inferior de la formación Huarochirí y los miembros superiores del Grupo Sacsaquero.

4.2.3 UNIDAD IV : SEDIMENTARIAS .-

Esta unidad está dividida en 3 grupos, de acuerdo a la predominancia litológica, por lo tanto tendremos :

4.2.3.1 Sub-Unidad IVA .- Este grupo litológico está compuesto principalmente por areniscas; también bancos de cuarcitas intercaladas con lutitas.
A esta sub-unidad pertenece el grupo Gollarisquizga, - principalmente las formaciones Chimú y Carhuas. Dan origen a suelos residuales y arcillo-arenosos de profundidad y permeabilidad variable, predominantemente ácidos.- Las lutitas y limolitas disminuyen las condiciones geotécnicas de este grupo, así como también el buzamiento - hacia la pendiente.
En este grupo tenemos 3 sub-grupos, clasificados según - la predominancia de una u otra roca.

Grupo IV A - 1 .- Este grupo está formado por areniscas

calcáreas y lutitas; a este grupo pertenece la formación - Paracas.

Grupo IV - A - 2 .- Formado por areniscas, limos y conglomerados, algo calcáreos. Estas rocas generan suelos residuales arenosos y areno arcillosos; poco profundos y permeabilidad variable. A este grupo pertenece la formación- Casapalca.

Grupo IV - A - 3 .- Formado por cuarcitas, lutitas, areniscas y calizas. Este grupo forma suelos residuales arenosos fundamentalmente de poco desarrollo. El grupo Morro Solar pertenece a esta formación.

4.2.3.2 Sub-Unidad IV_B .- Este grupo está compuesto principalmente por lutitas y calizas. Originan suelos residuales arcillo arenosos de profundidad y permeabilidad variable. A este- grupo pertenece la formación Celendín.

4.2.3.3 Sub-Unidad IV C .- Litológicamente formado por calizas, - forman suelos residuales arcillosos, así como areno-arcillosos de profundidad y permeabilidad variables, principalmente básicos. La permeabilidad puede ser favorecida por- la estratificación y el fracturamiento.
Las formaciones Santa, Pariatambo, Condorsinga, Jumasha - pertenecen a este grupo. Localmente pueden tener intercalaciones de lutitas y margas.
A esta sub-unidad se le puede encontrar también intercalada con areniscas y lutitas como se verá en los siguientes- grupos :

Grupo IV C-1 .- Grupo formado por calizas intercaladas con lutitas; ocasionalmente con margas, lutitas margosas o yeso. A este grupo pertenecen las formaciones Pamplona, Pariatambo, Pariahuanca y el Grupo Imperial.

Grupo IV C-2 .- Formado principalmente por calizas y areniscas ocasionalmente margas. La formación Chulec pertenece a este grupo.

4.2.3.4 Sub-Unidad IV_D .- Formado principalmente por conglomerados interdigitados por lentes de areniscas friables. Este conjunto forma suelos residuales, de composición heterogénea, pedregosos, permeables y profundidad variable, la formación Cañete pertenece a esta sub-unidad.

4.2.4 UNIDAD V ; INTRUSIVOS .-

Esta unidad está formada por las rocas intrusivas que afloran en la cuenca. Pueden ser de composición granítica, granodiorítica, tonalítica, diorita cuarcífera, microgranitos, dacita o tonalita porfirítica. Afloran principalmente en la parte central de la cuenca. Se encuentran intensamente diaclasadas, fracturadas y meteorizadas, presentándose básicamente la disyunción esferoidal en escamas.

En esta unidad también se incluye a las rocas filonianas, que aparecen aisladamente en la zona (andesitas, microdioritas, aplitas). Los cuerpos intrusivos (tonalitas principalmente) se encuentran vinculados con la mineralización de la cuenca.

Los intrusivos ácidos (graníticos) han originado suelos residuales arenosos y arcillo arenosos de profundidad variable con restos de la roca madre. Las rocas intermedias (dioritas) han originado suelos residuales arcillosos y areno-arcillosos, de profundidad variable (terrenos más fértiles).

5.0 HIDROLOGIA

5.1 GENERALIDADES

En este capítulo detallaremos y evaluaremos el potencial hídrico de la cuenca del río Cañete, teniendo en cuenta el agua precipitada, agua de escorrentía, así como el agua subterránea.

La cuenca del río Cañete tiene una extensión de 6,148 Km^2, de los cuales el 73.5% (4,518.8 Km^2) pertenece a la cuenca húmeda.

El valle del río Cañete cuenta con el agua necesaria, en forma exclusiva, de la escorrentía del río; en la cuenca no existen obras de regulación y la explotación del agua subterránea es mínima.

El escurrimiento natural (superficial y subterráneo) se origina por las precipitaciones estacionales, que ocurren en la cuenca alta y el deshielo de los nevados. Se tiene también lagunas de origen glaciar, cuyos aportes contribuyen a mantener, relativamente, las descargas en épocas de estiaje. (Mapa N°2-5)

5.2 EL RIO CAÑETE

Se origina al Norte de la provincia de Yauyos, en la cordillera de Pichcahuajra, en el Nevado de Ticlla, en cuyas faldas occidentales se ubican las lagunas de Ticllacocha a 4,400 m.s.n.m., que recolecta las aguas de los glaciares de la cordillera ya mencionada. De la laguna de Ticllacocha sale con la denominación de río Cañete, recorre de Sur a Norte, penetrando luego a la laguna de Paucarcocha, cambiando de rumbo de NW a SE hasta Vilca, lugar donde cambia de rumbo para dirigirse hacia el Sur formando impotentes cañones (cañón de Olan) en la zona de Alis-Yauyos. Después de recibir las aguas del río Lincha-Cacra, a la altura de Catahuasi, el río toma una dirección sur-oeste, hasta su desembocadura.

En el Cuadro N°1 se presentan las características del río Cañete y sus tributarios.

CUADRO N° 1

NOMBRE	LONGIT. APROXIMADA(KM)	PENDIENTE(%)
Río Cañete	203	2.14
Río Siria-Alis	31	4.2
Qda. Miraflores	18	7.2
Río Laraos	22	8.4
Río Huantan	35	2.8
Río Yauyos	15	14.5
Qda. Pampas	22	12.1
Río Cacra.	42	7.9
Río Huangascar	43	8.0

5.3 PLUVIOMETRIA

En la cuenca del río Cañete se tienen registradas 13 estaciones, de las cuales solo 7 tienen datos de 12 a 35 años, el resto solo llega a 5 a - ños. El SENAMHI,en la actualidad;solo controla 4 estaciones (Carania-Yauyos, Cañete y Pacaran).

De los resultados de los análisis de la información,la intensidad de - las lluvias en la cuenca del río Cañete aumenta desde 20 mm. de prome - dio anual,en la costa,a 950 mm. de promedio anual en la cordillera.

El área de aporte efectivo de agua precipitada (cuenca húmeda) corres - pondería más o menos al área de la cuenca sobre los 2,500 m.s.n.m.

Los promedios anuales en cada estación demuestran en general que hay - una relación entre la altitud y la precipitación.

En el Cuadro N°2 se presentan la relación de observatorios metereológi cos que hay en la cuenca :

C U A D R O N° 2

RELACION DE OBSERVATORIOS METEOROLOGICOS EN LA CUENCA DEL RIO CAÑETE (*)

ESTACION	ALTITUD	COORDENADAS GEOGRAFICAS	PERIODO	PRES. PROM. ANUAL (mm.)	REGISTRO
Nuevo Imperial.	104	13°04'00" Lat.S 76°21'30" Long.W	1950-76	20	Climatológico.
Pacaran	710	12°52'20" Lat.S 76°03'20" Long.W	1965-76	17	Pluviométrico.
Catahuasi	1,369	12°48'00" Lat.S 75°53'30" Long.W	1964-68	29	Pluviométrico.
Huangascar	2,450	12°50'10" Lat.S 75°50'00" Long.W	1965-68	222	Pluviométrico.
Yauyos	2,871	12°27'30" Lat.S 75°55'00" Long.W	1964-77	478	Pluviométrico.
Huantan	3,272	12°27'48" Lat.S 75°49'00" Long.W	1964-68	599	Pluviométrico.
Colonia	3,379	12°38'05" Lat.S 75°53'40" Long.W	1964-68	418	Pluviométrico.
Vilca	3,772	12°06'45" Lat.S 75°49'00" Long.W	1964-68	1,053	Pluviométrico.
Carania	3,835	12°21'00" Lat.S 75°53'40" Long.W	1964-76	615	Pluviométrico.
Tanta	4,323	12°07'48" Lat.S 76°01'00" Long.W	1964-68	823	Pluviométrico.
Yauricocha	4,522	12°19'00" Lat.S 75°42'30" Long.W	1943-68	953	Pluviométrico.
Siria	3,680	12°14'10" Lat.S 75°44'07" Long.W	1947-67	710	Pluviométrico.
Sunca	3,845	12°16'30" Lat.S 75°42'10" Long.W	1945-67	765	Pluviometría.

(*) Datos SENAMHI.

De los gráficos 6-7 (Precipitaciones totales anuales) se puede deducir, aproximadamente, la periodicidad de las lluvias excepcionales, presentando, del año 1943-1977, 5 picos de máxima precipitación total anual, los años 1946, 1953, 1961, 1967, 1973.
Siendo la máxima registrado, en la estación de Vilca, el año 1967 (1660 mm.). La periodicidad promedio es de 7 años (cada 7 años se producen lluvias excepcionales). Este dato va a ser corroborado con el análisis de las curvas de frecuencia de las descargas (Cap. 5.5).
En los gráficos 8-9-10 se presentan los histogramas de las precipitaciones medias mensuales, tanto en la cuenca baja (Estación de Nuevo Imperial), cuenca media (Estación de Siria) y cuenca alta (Estación de Yauricocha). Es notorio, que por razones climáticas en la costa, las precipitaciones máximas ocurren en los meses de Mayo-Junio-Julio; mientras que en la sierra las precipitaciones máximas ocurren en los meses de Enero-Febrero-Marzo.
Es importante acotar que en la actualidad las estaciones de Viñac, Huancaya, Siria, Tomas, Sunca y Paucarcocha, están sin operar.

5.3.1 ANALISIS PLUVIOMETRICOS-LEY DE PROBABILIDADES

Para estos cálculos se han empleado las siguientes fórmulas :

Media : $\bar{X} = \frac{Xi}{N}$

N = N°de observaciones
Xi = Total anual (mm.)

Rango : R = Xi (max) - Xi (min.)

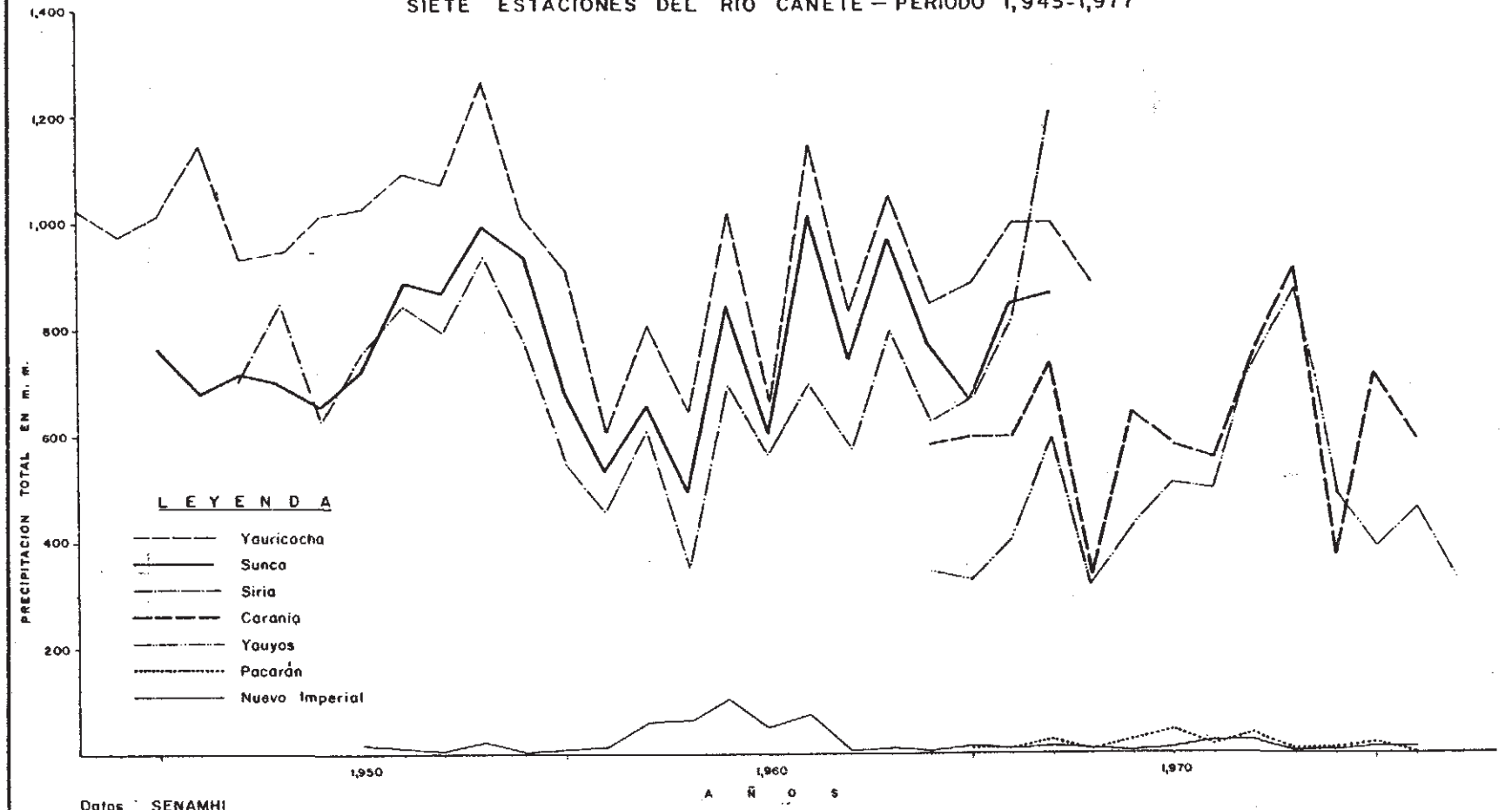
Desviación Standard :

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \frac{(Xi - \bar{X})^2}{N}}$$

Coeficiente de variabilidad :

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100$$

PRECIPITACIONES TOTALES ANUALES REGISTRADAS EN
SIETE ESTACIONES DEL RIO CAÑETE – PERIODO 1,943-1,977

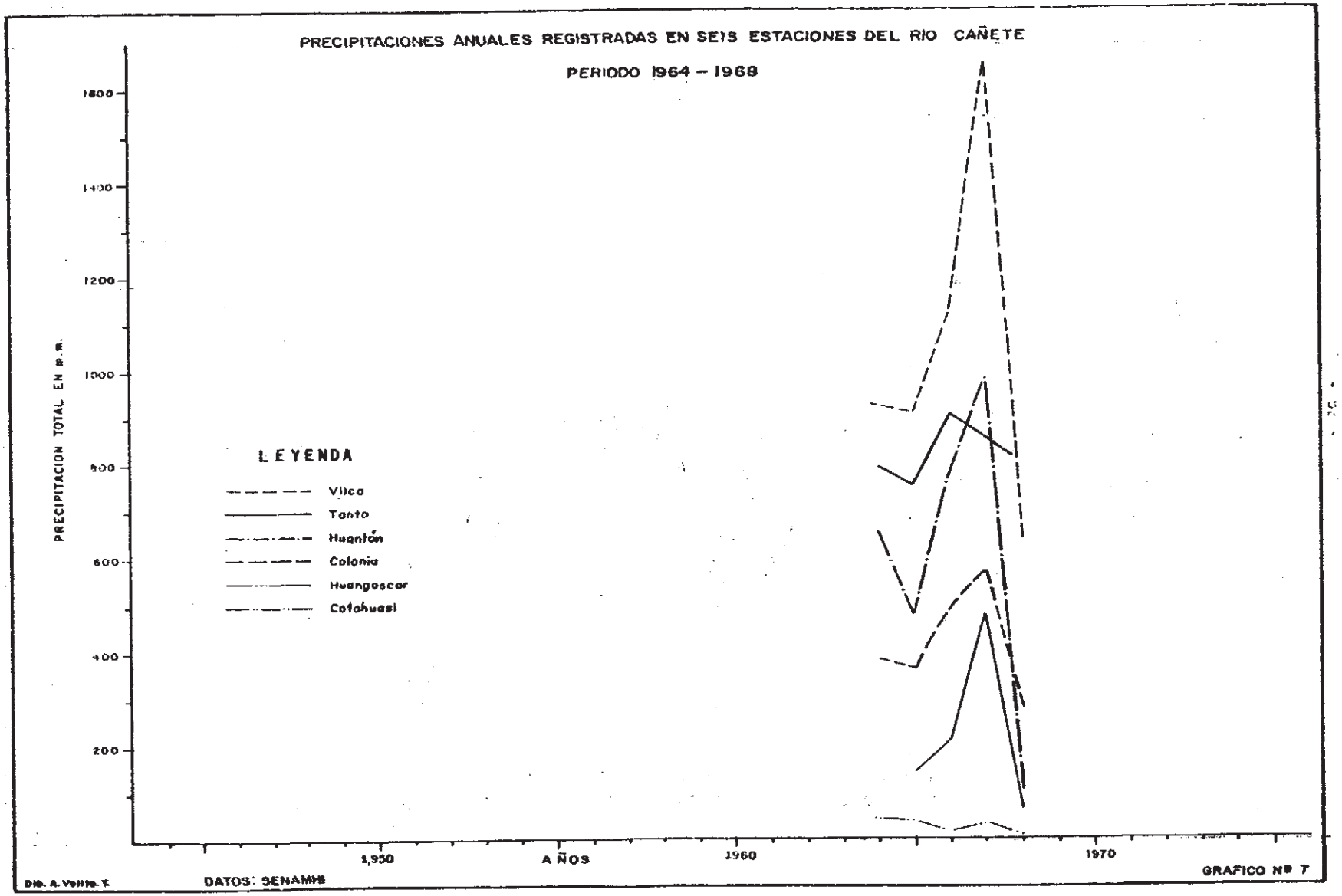


Datos : SENAMHI

GRAFICO Nº 6

PRECIPITACIONES ANUALES REGISTRADAS EN SEIS ESTACIONES DEL RIO CAÑETE

PERIODO 1964 – 1968



Dib. A. Vallejo T.

DATOS: SENAMHI

GRAFICO Nº 7

Con estos parámetros se procede a calcular para cada estación. Como modelo solo presentaremos los cálculos completos realiza - dos en la estación de Siria (Cuadro N°3).

5.3.1.1. Estación de Nuevo Imperial .- (Gráfico N°8)

N = 26 (Número de datos)
$\bar{X}$ = 20 mm. (precipitación media)
R = 76 mm. (Rango)
σ = 19.4 mm. (Desviación Standard)
V = 95% coeficiente de variabilidad.
- De $\bar{X} \pm \sigma$ tenemos que :

En la estación de Nuevo Imperial la desviación stan - dard es de 19,4 mm. anuales, o sea, que las precipitaciones en el área de influencia de esta estación pue - den ser 19,4 mm. mayores o menores que 20 mm. por año. Hay un 85% de probabilidades que ocurra una precipitación entre 1 y 39 mm. al año.

- De $\bar{X} \pm 2/3\sigma$ tenemos que :

Existe un 58% de probabilidades que en el área de in - fluencia de esta estación, se produzcan precipitacio - nes entre 9 mm. y 35 mm. anuales.

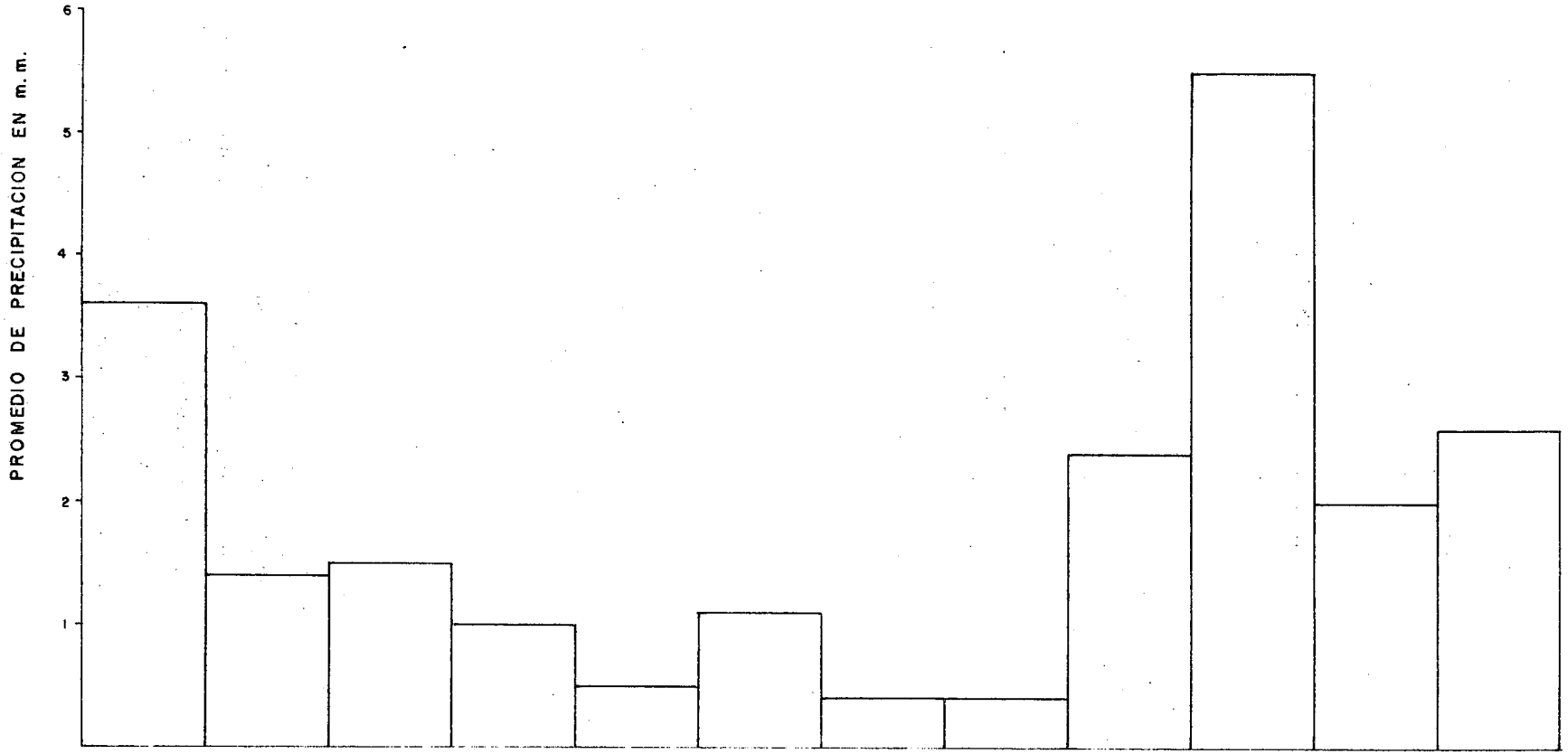
5.3.1.2 Estación de Pacaran .-

N = 12 σ = 13.1
$\bar{X}$ = 17 V = 76%
R = 40 mm.

- De $\bar{X} \pm \sigma$ tenemos que :

En la estación de Pacaran la desviación standard es de 13.01 mm. anuales, o sea que en el área de influencia- de esta estación, las precipitaciones pueden ser 13 mm mayores o menores que 17 mm. anuales. Por lo tanto - hay un 75% de probabilidades que ocurran precipitacio- nes entre 4 y 30 mm. anuales.

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL EN LA
ESTACION DE NUEVO IMPERIAL
PERIODO-1,950 A 1,975



Datos : SENAMHI

GRAFICO Nº 8

- De $\bar{X} \pm 2/3\sigma$ se tiene que :

En la estación estudiada hay un 42% de probabilidades que ocurran precipitaciones entre 8.4 y 25.6 mm. anuales.

5.2.1.3 Estación de Yauyos

N	=	14	σ	=	152.6 mm.
$\bar{X}$	=	478 mm.	V	=	32%
R	=	547 mm.			

- De $\bar{X} \pm \sigma$ se tiene :

En la estación de Yauyos y su área de influencia hay un 78% de probabilidades que ocurren precipitaciones entre 325.4 y 630.6 mm. al año.

- De $\bar{X} \pm 2/3\sigma$ se tiene que :

En el área de influencia de la estación de Yauyos hay un 50% de probabilidades que ocurre una precipitación entre 376.3 y 597.7 mm. al año.

5.3.1.4 Estación de Carania

N	=	13	σ	=	146.2 mm.
$\bar{X}$	=	615 mm.	V	=	24%
R	=	579 mm.			

- De $\bar{X} \pm \sigma$ tenemos :

En el área de influencia de la estación de Carania hay 77% de posibilidades que ocurran precipitaciones entre 468.8 y 761.2 mm. anuales.

- De $\bar{X} \pm 2/3\sigma$ se obtiene:

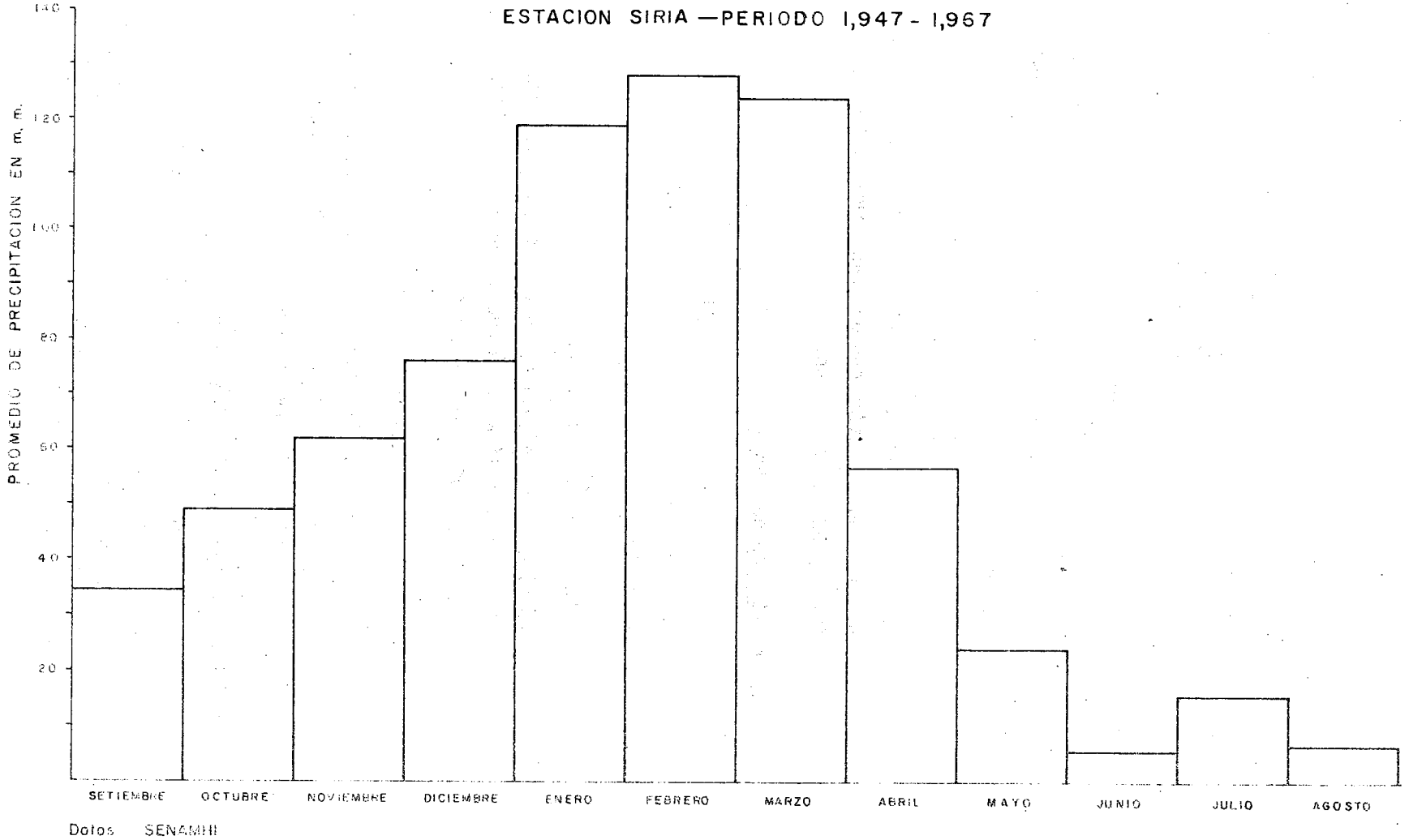
En el área de influencia de la estación de Carania hay un 54% de probabilidades que ocurran precipitaciones entre 517.6 y 712.5 mm. al año.

5.3.1.5 Estación de Siria (Gráfico N° 9)

CUADRO N° 3

AÑO	Xi	$(Xi - \bar{X})$	$(Xi - \bar{X})^2$
1947	702.4	- 7.6	57.8
48	845.6	135.6	18,387.4
49	629.3	80.7	6,512.5
1950	757.6	47.6	2,265.8
51	842.2	132.2	17,476.8
52	794.8	84.8	7,191.0
53	939.9	229.9	52,854.0
54	778.0	68.0	4,624.0
1955	553.6	-156.4	24,461.0
56	459.3	-250.7	62,850.5
57	607.0	-103.0	10,609.0
58	352.9	-357.1	127,520.4
59	695.4	-14.6	213.2
1960	564.4	-145.6	21,199.4
61	696.0	-14.0	196.0
62	579.4	-130.6	17,056.4
63	794.9	84.9	7,208.0
64	625.2	-84.8	7,191.0
1965	665.3	-44.7	1,998.1
66	813.5	103.5	10,712.2
67	1208.9	498.9	248,901.2
	Σ 14,905.6		Σ 649,485.7

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL EN LA
ESTACION SIRIA —PERIODO 1,947 - 1,967



Datos SENAMHI

GRAFICO Nº 9

N = 21
$\bar{X}$ = 710 mm.
R = 856 mm.

$\sigma = \sqrt{\frac{649,485.7}{21}}$

σ = 175.8 mm.
V = 25%

- De $\bar{X} \pm \sigma$ tenemos :

En el área de influencia de la estación de Siria hay un - 80.9% que ocurran precipitaciones entre 534.2 y 885.8 mm. anuales.

- De $\bar{X} \pm 2/3\,\sigma$ tenemos :

En el área de influencia de la estación en estudio hay un 57% de probabilidades que ocurran precipitaciones entre - 592.9 y 827.1 mm. al año.

5.3.1.6 Estación de Sunca

N = 23
$\bar{X}$ = 765 mm.
R = 409 mm.

σ = 139.6 mm.
V = 18%

- De $\bar{X} \pm \sigma$ se obtiene que :

En el área de influencia de la estación de Sunca hay un - 70% de probabilidades de que ocurran precipitaciones en - tre 625.4 y 904.6 mm. anuales.

- De $\bar{X} \pm 2/3\,\sigma$ tenemos que :

En el área de influencia de la estación en estudio hay un 43% de probabilidades de que ocurran precipitaciones en - tre 671.6 y 858.3 mm. al año.

5.3.1.7 Estación de Yauricocha (Gráfico N°10)

N = 26
$\bar{X}$ = 953 mm.
R = 537 mm.

σ = 152 mm.
V = 16%

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL EN LA ESTACION DE YAURICOCHA - PERIODO 1,943 - 1,968

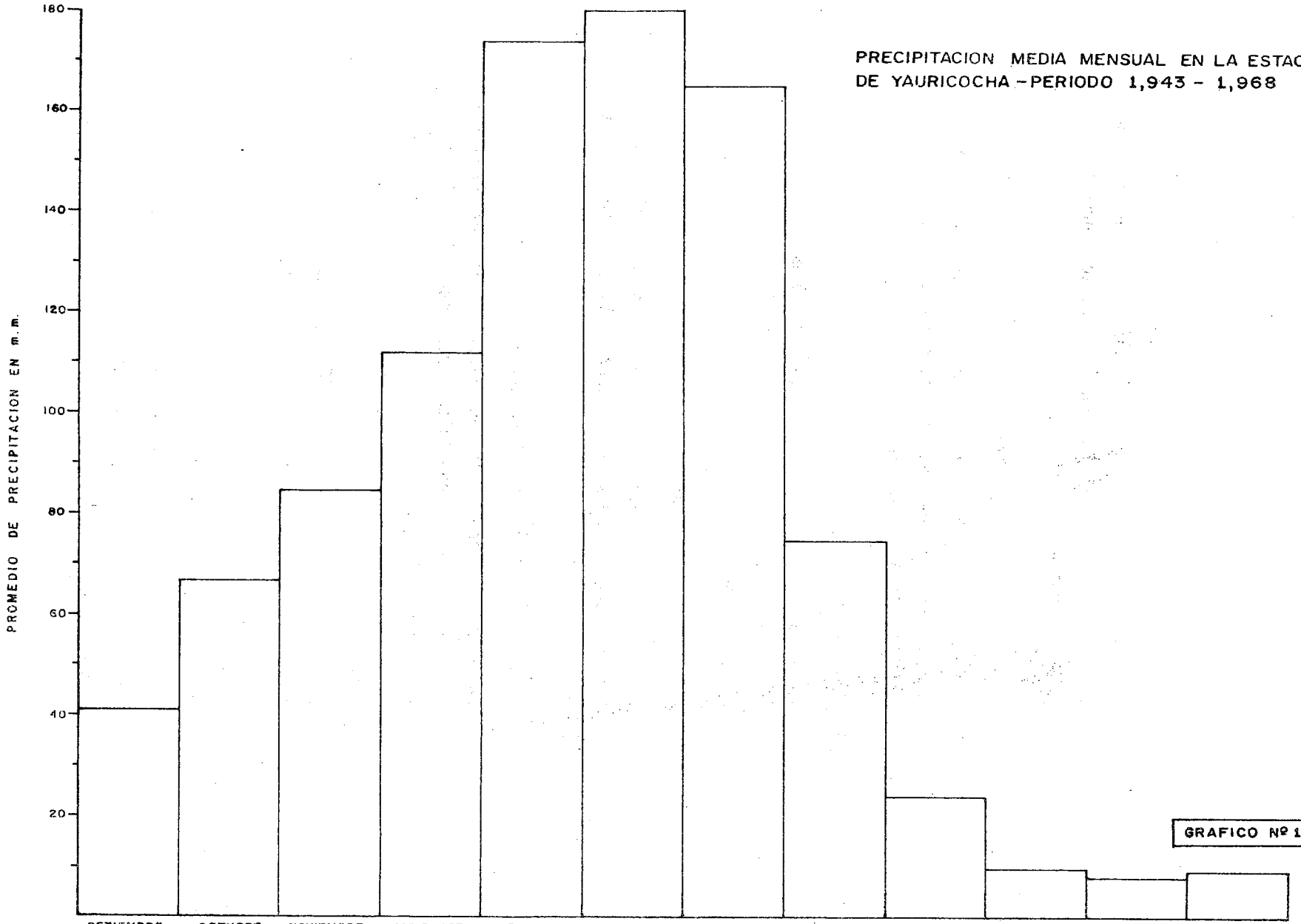


GRAFICO Nº 10

DATOS: SENAMHI

- De $\bar{X} \pm \sigma$ tenemos que :

En el área de influencia de la estación de Yauricocha hay un 77% de probabilidades de que se produzcan precipitaciones entre 801 y 1,105 mm.

- De $\bar{X} \pm 2/3\,\sigma$ se obtiene :

En el área de influencia de la estación en estudio hay un 58% de probabilidades de que ocurran precipitaciones entre 852 y 1054 mm. anuales.

5.3.1.8 Estación de Tanta

N = 5 σ = 53 mm.
$\bar{X}$ = 823 mm. V = 6%
R = 156 mm.

- De $\bar{X} \pm \sigma$ se obtiene :

En el área de influencia de la estación en mención hay un 60% de probabilidades de que ocurran lluvias entre 770 y 876 mm. anuales.

- De $\bar{X} \pm 2/3\,\sigma$ se tiene que :

Las probabilidades de que en el área de influencia de esta estación ocurran precipitaciones entre 788 y 858 mm. anuales son del 60%.

5.3.1.9 Estación de Vilca

N = 5 σ = 343
$\bar{X}$ = 1,053 mm. V = 32%
R = 1,027 mm.

- De $\bar{X} \pm \sigma$ se obtiene que :

En el área de influencia de la estación de Vilca, hay un 60% de probabilidades de que ocurran lluvias entre 710 y 1,396 mm. anuales.

- De $\bar{X} \pm 2/3 \sqrt{}$ se obtiene que :

En el área de influencia de la estación de Vilca, hay un 40% de probabilidades de que ocurran precipitaciones entre 824 y 1,282 mm. anuales.

5.3.2 INTERPRETACION DE RESULTADOS

En la cuenca del río Cañete, aproximadamente se tiene un promedio de precipitación de 590 mm. anuales. También se puede deducir aproximadamente, que en la cuenca del río Cañete hay un 87% de probabilidades de que se produzcan precipitaciones entre 133 y 914 mm. anuales.

En la cuenca baja la estación que menos precipitación registra es la de Pacaran (17 mm. anuales). Sobre los 3,000 m.s.n.m. hasta 4,000 m.s.n.m. la estación de menos registro es la de Colonia (418 mm.) y la de mayor registro es la de Vilca (1053 mm.). Sobre los 4,000 m.s.n.m., los registros son constantes con un promedio de 850 mm.

5.4 REGISTRO DE CAUDALES

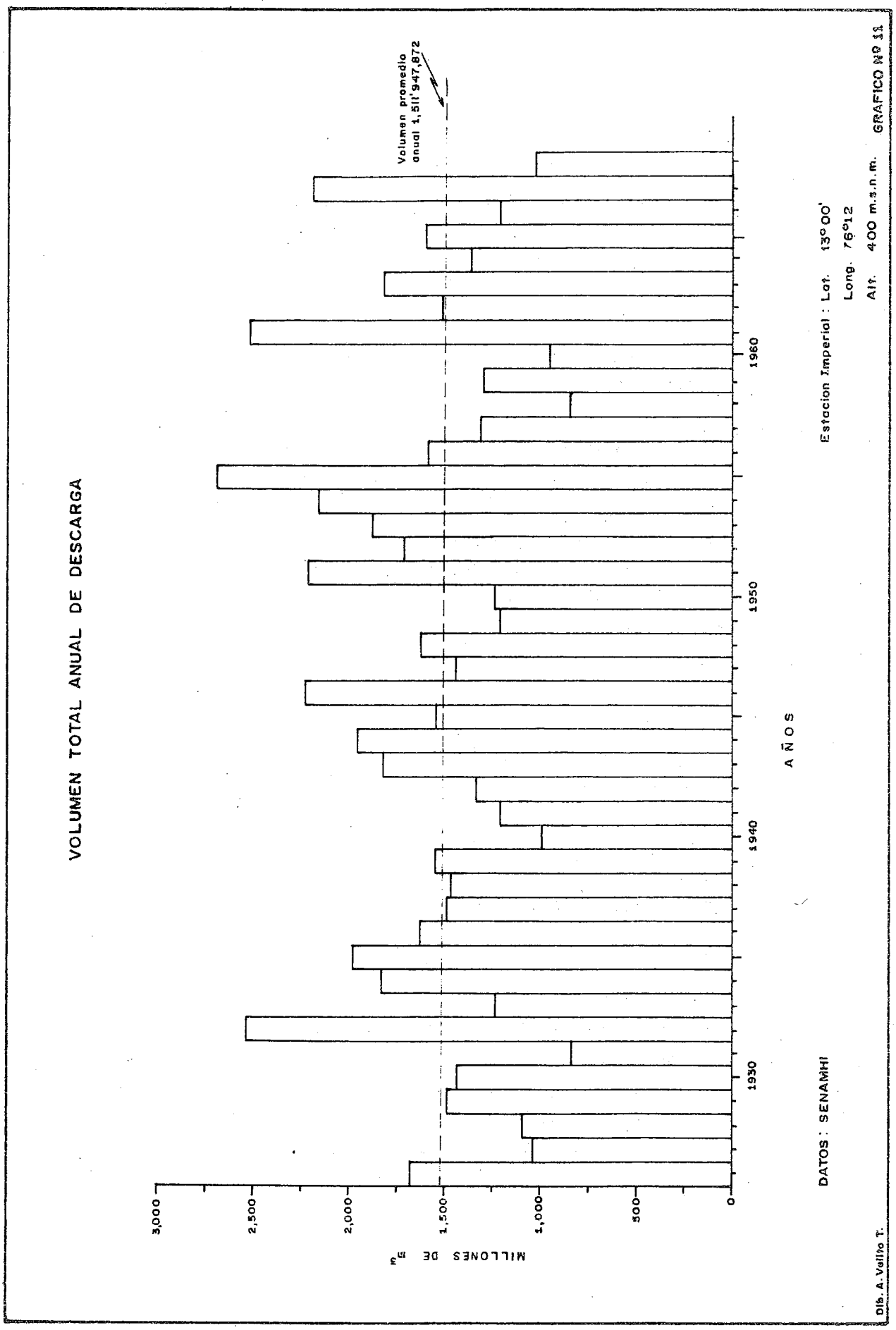
El río Cañete presenta un régimen irregular y de carácter torrentoso, siendo la descarga máxima anual 850 m^3/seg (1932) la mínima de 5.8 m^3/seg. (1960), con una media anual de 50.34 m^3/seg., equivalente a un volúmen medio anual de 1,511'947,872 m^3 (Gráficos 11-12) (Cuadro 4).

En la cuenca del río Cañete se tiene un 68% de probabilidades de que ocurran descargas medias anuales entre 36 y 64 m^3/seg. También se tiene que hay un 71% de probabilidades de que ocurran descargas máximas anuales entre 197 y 528 m^3/seg. y un 58% de probabilidades de que ocurran descargas mínimas anuales entre 9.2 y 1.6 m^3/seg.

El río Cañete dispone de una estación de aforos localizada a 20 m. aguas abajo del puente de Socsi, sobre la carretera Cañete-Lunahuaná.

En años anteriores a 1964 el caudal se medía en la estación de Toma Imperial, a un kilómetro aguas abajo de Socsi.

Las aguas del río Cañete cubren en su totalidad los requerimientos de agua del valle, no existiendo obras de regulación ni derivaciones de otras cuencas que alteren su régimen natural.


VOLUMEN TOTAL ANUAL DE DESCARGA
Volumen promedio anual 1,511'947,872
MILLONES DE m³
3,000
2,500
2,000
1,500
1,000
500
0
1930
1940
1950
1960
AÑOS
Estacion Imperial : Lat. 13° 00'
Long. 76°12
Alt. 400 m.s.n.m.
GRAFICO Nº 11
DATOS : SENAMHI
Dib. A. Vallejo T.

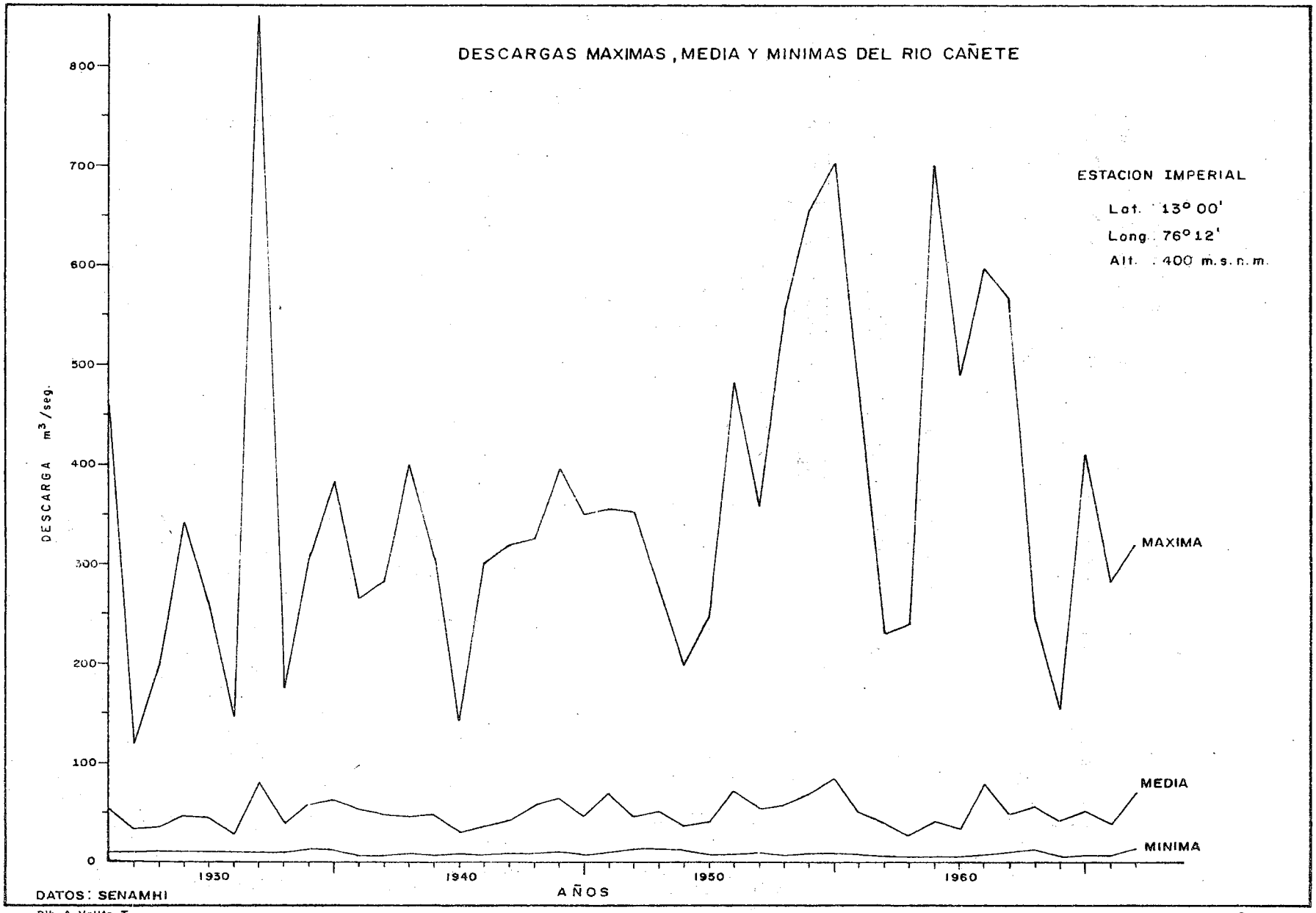


GRAFICO Nº 12

El comportamiento del río Cañete es el que caracteriza a la mayoría de los ríos de la Costa Peruana, con descargas torrentosas y de gran irregularidad, mostrando una concentración de sus descargas totales entre los meses de Diciembre a Abril, registrándose en el mes de Marzo la mayor concentración de descargas (Gráfico 13).

En el Cuadro N°4 se presenta la información de las descargas anuales del río Cañete.

CUADRO N° 4

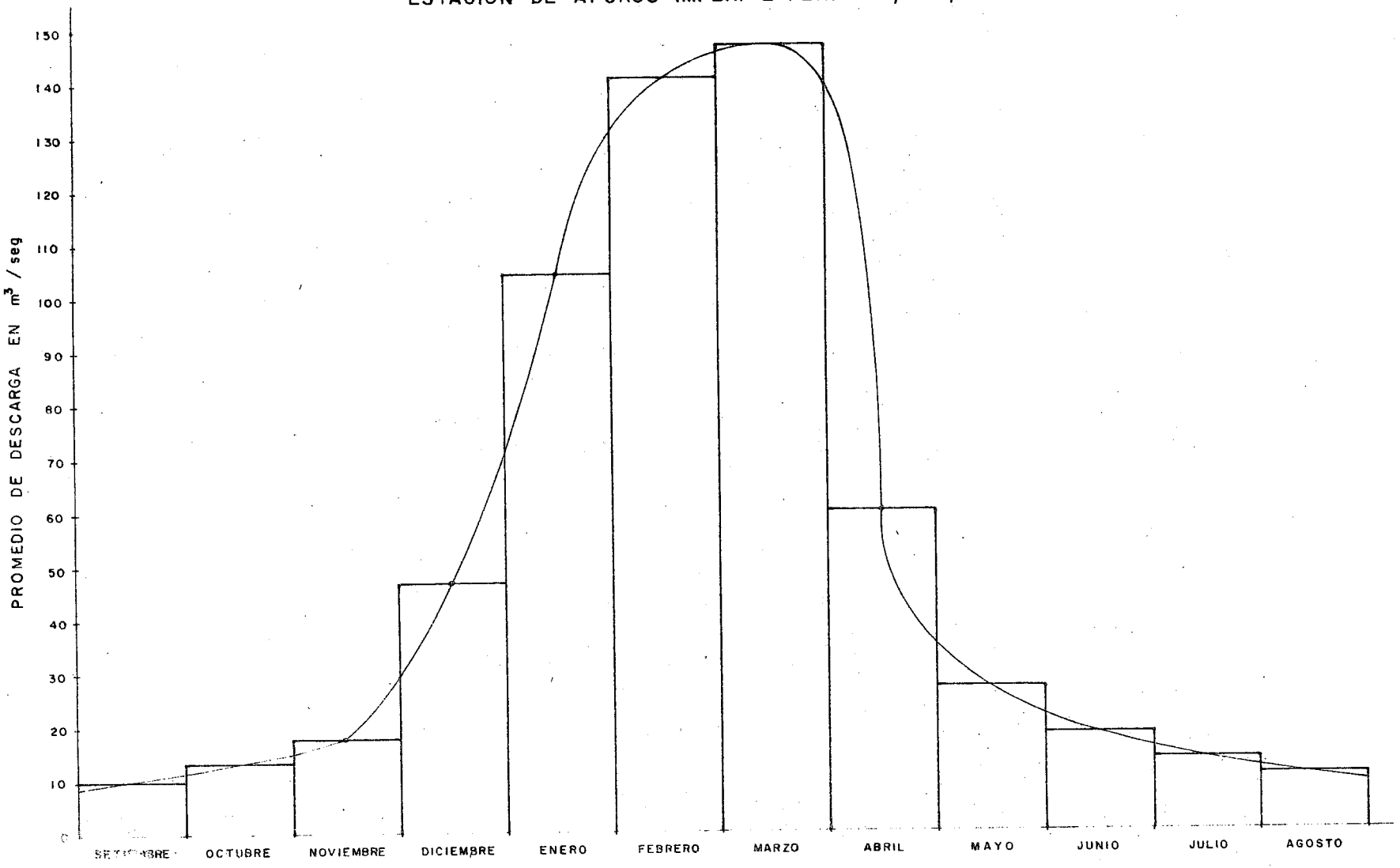
DESCARGAS ANUALES DEL RIO CAÑETE

AÑO	VOLUMEN TOTAL ANUAL M^3	DESCARGA MEDIA M^3/Seg.	DESCARGA MAXIMA M^3/seg.	DESCARGA MINIMA M^3/seg.
1926	1,668'643,200	52.91	455.00	10.00
1927	1,046'169,600	33.17	120.00	10.00
1928	1,089'738,880	34.46	198.00	11.45
1929	1,481'238,016	46.98	342.80	10.45
1930	1,458'455,760	46.25	263.40	11.40
1931	869'711,041	27.60	148.60	11.05
1932	2,535'113,840	80.17	850.00	10.00
1933	1,241'352,000	39.36	176.00	10.00
1934	1,844'057,664	58.47	305.00	12.00
1935	1,990'457,280	63.12	386.00	12.30
1936	1,645'141,534	52.02	265.00	8.38
1937	1,489'575,830	47.23	283.76	8.42
1938	1,468'376,553	46.56	401.99	9.21
1939	1,545'349,622	49.00	308.53	8.85
1940	994'417,603	31.45	141.28	9.33
1941	1,204'517,840	38.20	301.13	7.81
1942	1,370'076,006	43.44	319.22	9.45
1943	1,845'191,491	58.51	324.13	9.51
1944	1,951'488,976	61.71	396.55	10.24
1945	1,535'576,399	48.69	350.00	7.30
1946	2,310'928,000	70.77	354.00	10.40
1947	1,446'432,508	45.87	353.00	9.30

1948	1,623'517,171	51.34	279.00	9.70
1949	1,208'582,207	38.32	198.00	8.37
1950	1,283'185,843	40.69	244.74	7.42
1951	2,213'075,520	70.18	485.00	8.90
1952	1,717'422,048	54.31	360.00	9.54
1953	1,886'286,009	59.81	555.00	8.60
1954	2,153'945,952	68.30	657.00	9.57
1955	2,691'155,577	85.34	700.00	9.37
1956	1,590'580,526	50.30	470.00	7.78
1957	1,284'880,145	40.74	228.32	6.25
1958	848'406,800	26.90	240.99	6.92
1959	1,283'125,276	40.69	700.00	6.70
1960	1,078'732,856	34.11	488.75	5.80
1961	2,559'392,639	81.16	597.62	7.16
1962	1,572'867,763	49.80	566.24	9.04
1963	1,827'303,322	57.94	242.37	11.11
1964	1,369'689,005	43.31	153.06	8.30
1965	1,610'071,171	51.06	410.00	7.11
1966	1,218'567,974	38.64	280.002	7.55
1967	2,196'801,475	64.66	319.92	12.81
1968	1,032'488,640	32.74	154.00	9.24
--	--------	---	139.00	--
1970	1,691'591,040	53.64	408.00	6.14
1971	--------	---	430.00	--
1972	--------	---	900.00	--

En el cuadro anterior,es notorio que las descargas medias anuales, así como el volúmen promedio es superior a 1,500'000,000 de m^3 anuales, este promedio es apreciable en el gráfico 11; de este gráfico también se puede resaltar el máximo volúmen presentado, que es de 2,691'155,577 m^3 en el año 1955, así como el mínimo volúmen,que es de 848'406,800 m^3, en el año 1958. En el gráfico 12, se presenta las fluctuaciones anuales de las descargas,- tanto mínimas, medias y máximas.

DESCARGAS MEDIAS MENSUALES DEL RIO CAÑETE
ESTACION DE AFOROS IMPERIAL PERIODO 1,961-1,971



Datos : SENAMHI

GRAFICO Nº 13

El gráfico 13 nos da la fluctuación de las descargas mensuales y es notorio, como en todos los ríos de la Costa, que las máximas descargas se dan en los meses de Enero, Febrero y Marzo (época de avenidas).

5.5 INTERPRETACION DE LAS CURVAS DE FRECUENCIA DE LAS DESCARGAS MAXIMAS Y MINIMAS DEL RIO CAÑETE

Por lo expuesto en el capítulo 5.1, el río Cañete tiene excedentes de agua, que pueden ser aprovechados, tanto para fines de irrigación, como hidroeléctricos, ejecutándose nuevas obras de ingeniería. En este sentido, todo tipo de trabajo de investigación hidrológica es primordial y más aún, en el caso específico de los resultados interpretativos de las curvas de frecuencia de máximos y mínimos, son considerados importantes para la programación de los embalses periódicos de agua.

5.5.1 METODOLOGIA

Para elaborar estas curvas se ha usado el denominado Método Gráfico, donde cada registro de descarga es usado como probabilidad. Los valores se han hallado con la fórmula usada por la Geological Survey de los EE.UU., para la disposición del graficado o de dibujo.

$$T = (N + 1) / M = 1/P$$

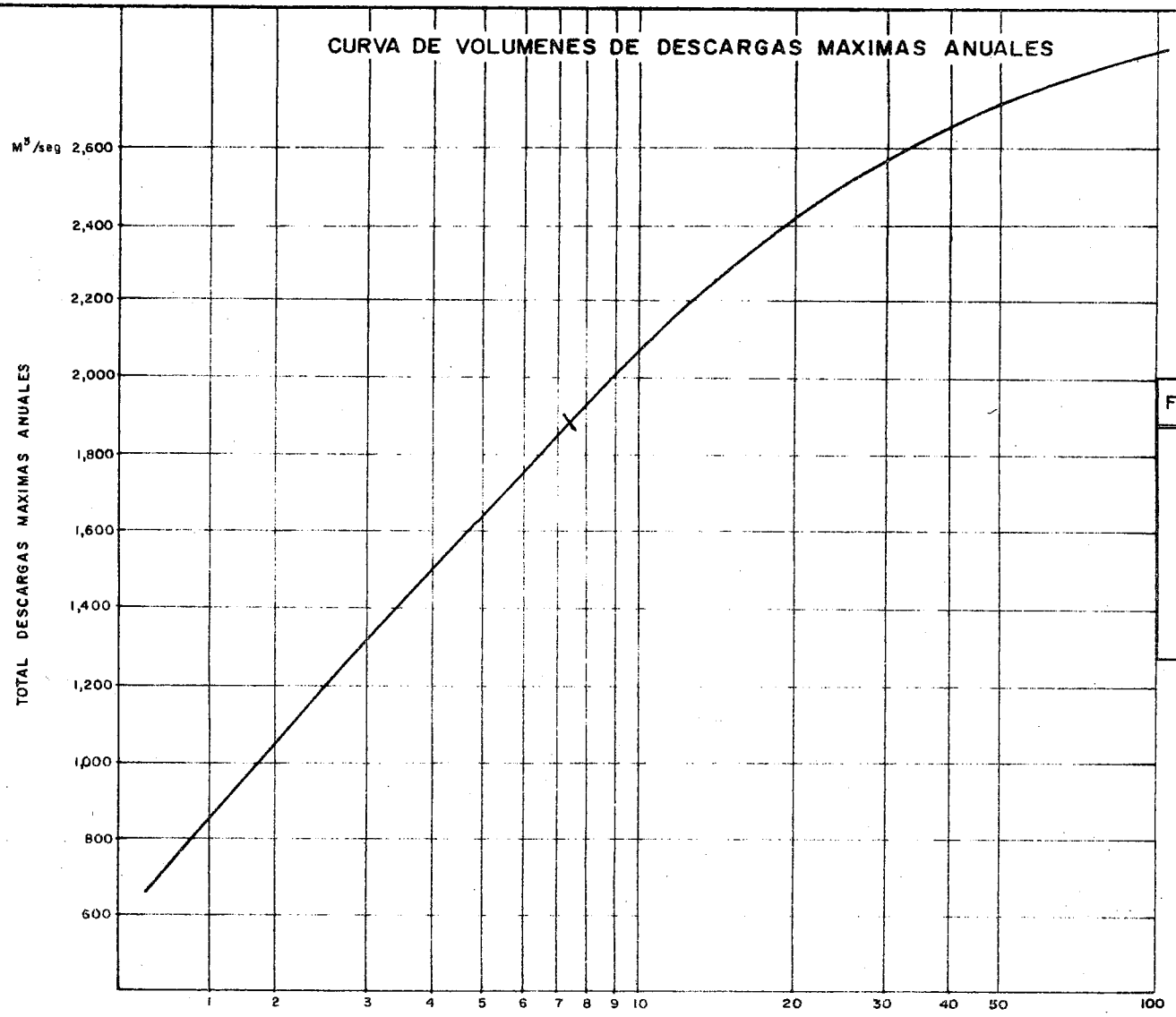
donde :

T = Intervalo de recurrencia en años.
P = Probabilidad de excedencia en cualquier año
N = Número de registros que se calculan.
M = Número de orden del registro dispuesto.

5.5.2 RESULTADO DE LA INTERPRETACION DE LA CURVA DE LAS MAXIMAS DESCARGAS EN UN AÑO.

Del análisis del gráfico N°14 nos es posible apreciar que la probabilidad de excedencia correspondiente a 1,880 m3/seg (total de las descargas máximas mensuales), en un año nos da un valor de -

CURVA DE VOLUMENES DE DESCARGAS MAXIMAS ANUALES



FRECUENCIA ANUAL	ANUAL M^3/seg
Cada año	600
5	1,640
7.3	1,880
15	2,280
30	2,560
50	2,760
100	2,840

Datos : SENAMHI

Dib. A. Vallto T.

GRAFICO Nº 14

probabilidad de excedencia de 14%, que es posible apreciar en el gráfico mencionado para un período de 7,3 años, que viene a ser el intervalo de recurrencia.

La probabilidad de no excedencia,también en un año será de 86%, por lo tanto,de acuerdo a la ley de multiplicidad de las probabilidades, la probabilidad de no excedencia en 7,3 años será de 33%.

La probabilidad que una o más descargas puedan exceder la descarga correspondiente a 7,3 años (1880 m^3/seg.) durante el intervalo recurrente de 7,3 años es de 67%.

Las frecuencias se muestran en el gráfico N°14.

CALCULOS :

$$P = \frac{1}{7,3} = 0,14 \ (14\%)$$

$$100 - 14 = 86\%$$

$$(0,86)^{7,3} = 0,33 \ (33\%)$$

$$100 - 33 = 67\%$$

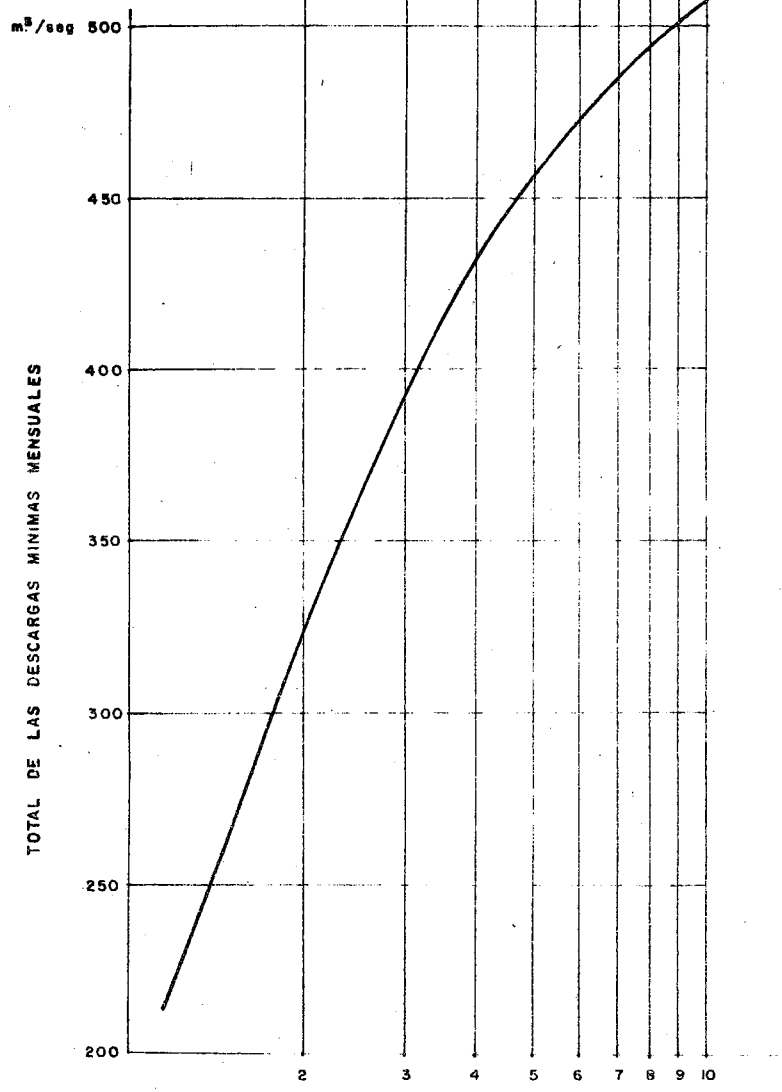
5.5.3 RESULTADOS DE LA INTERPRETACION DE LAS CURVAS DE FRECUENCIA DE LAS MINIMAS DESCARGAS ANUALES.

Del análisis del gráfico N°15, es posible apreciar que el intervalo de recurrencia de 420 m^3/seg. es de 3,6 años. Entonces,la descarga mínima anual será menor de 420 m^3/seg. a intervalos promedios de 3,6 años de duración y la probabilidad que la mínima descarga en cualquier año sea menor de 420 m^3/seg. es 0.28 ó 28%.

5.6 CALCULO DEL VOLUMEN ESCURRIDO MEDIO ANUAL

El escurrimiento superficial representa para el diseño de obras hidráulicas uno de los datos básicos. Bajo este concepto,entendemos bien el movimiento del agua superficial en la cuenca. El escurrimiento superficial,en su formación, presenta un proceso complicado : las gotas de las lluvias mojan primeramente la superficie del suelo, infiltrándose luego hasta el nivel del agua subterránea; si la intensidad de la lluvia es mayor que la intensidad de infiltración, una parte de las preci-

CURVA DE VOLUMENES DE DESCARGAS MINIMAS ANUALES



FRCUECIA ANUAL	ANUAL M^3/seg
Cada año	200
3.6	420
5	456
10	507

Datos : SENAMHI

Dib. A.Vellío T.

GRAFICO Nº 15

pitaciones se queda sobre la superficie y discurre en dirección del declive de la pendiente, formando una capa más o menos continua, concentrándose en pequeños canalitos o surcos del terreno. Estos se reunen formando arroyitos, arroyos y ríos.

El escurrimiento superficial depende de muchos factores, como el clima (precipitaciones, intensidad, duración, humedad del suelo, etc.), y condiciones propias de la cuenca (uso del suelo, pedología, geología, area y forma de la cuenca, pendiente, orientación de los declives, drenaje natural y artificial de la cuenca). El estudio del escurrimiento superficial está íntimamente relacionado al estudio de los Parámetros-Geomorfológicos.

Los datos de escurrimiento serán dados a nivel de cuenca, los cuales-seran calculados a nivel de aproximación tanto por el método como por el gran número de datos aproximados (precipitación, coeficiente de escurrimiento, etc.)

5.6.1 PROCEDIMIENTO

V_M = A x Pm x C

V_M = Volúmen medio anual escurrido, m^3

A = Area de la cuenca en m^2

P_m = Precipitación media anual en m.

C = Coeficiente de escurrimiento.

DATOS

A = 6,148 Km^2 = 6,148'000,000 m^2

P_m = 0,59 m.

C = 10% (aproximado)

V_m = 6,148'000,000 x 0,59 x 0,10

V_m = 362'732,000 m^3

6.0 HIDROGEOLOGIA

La presencia del agua subterránea juega un papel muy importante en el comportamiento mecánico de los suelos, más aún cuando está próxima a la superficie del terreno, pues tiende a alterar las características físicas, trayendo como consecuencia fenómenos de asentamientos, hinchamientos, etc.
Para conocer con más propiedad esta intercalación es preciso tener en cuenta algunas características hidrogeológicas tales como : profundidad freática, permeabilidad y almacenamiento del acuífero y composición química delas aguas; que en algunos casos, por el alto contenido de sales, puede ocasionar problemas a los materiales de construcción. De igual forma en el ramo de la construcción las variaciones del nivel del agua, sean naturales (alimentación o drenaje) o artificiales (explotación), pueden afectar la estabilidad de las cimentaciones, más aún en casos de incentivación sísmica.

6.1 CARACTERISTICAS GENERALES

El reservorio del acuífero del valle está constituido por el relleno aluvial terciario y cuaternario; sus límites quedan determinados por los afloramientos de rocas más antiguas.
La extensión superficial del techo de la Napa es de 269 Km^2. Se desconoce el potencial acuífero. Analizando la morfología del techo de lanapa, confeccionada la piezometría realizada el mes de Febrero de 1981, se observa la existencia de 2 zonas de alimentación importantes : La principal, se superpone al río Cañete hasta el canal San Miguel, de donde continua con eje sobre los principales canales de riego (márgenderecha del río). Otra, con eje sobre la prolongación de la quebrada Pocoto.
La Gradiente hidraúlica se presenta con un valor promedio de 2%. Laprofundidad del agua varía entre menos de 5 metros y más de 30 metros, en las cercanías al mar el agua subterránea aflora. Los valores de la permeabilidad, varían entre 33 x 10^{-4} m/seg. a 3.7 x 10^{-4} m/sg.
El coeficiente de almacenamiento (S) es igual a 0.16. Los rendimientos específicos varían entre 3 lt/seg./m. y 25 lt/seg./m.
Del cuadro N°5 se obtiene que,en la zona estudiada hay 67 pozos a tajo abierto, 7 tubulares, así como un manantial utilizable, donde la ex-Hda Casa Blanca se surte de agua.

6.1.1 CALIDAD DEL AGUA

El lento movimiento del agua, que se percola a través de los terrenos, condiciona un contacto prolongado con los minerales que ahí se encuentran. Siendo estos minerales, en diversos grados, solubles en el agua; de ahí que las aguas se encuentran afectadas en mayor o menor grado. De acuerdo a los análisis químicos efectuados, por DASS (1977), se han obtenido 2 grupos de familias : Uno situado entre el C°Candela y el río (Bicarbonatadas, calcicas), y el otro entre las pampas de Quilmaná y el C° Candela, incluyendo la zona de San Francisco (Bicarbonatada Sódica). Se ha establecido también en ambas, la predominancia de HCO_3 y Ca.

La conductividad eléctrica varía de 0,45 a 2,75 mmhos/cm. La concentración de sales aumenta hacia la márgen derecha del río. Este aumento progresivo se debe a la falta de renovación del agua, a la presencia de sales en el suelo como producto del lavado de los terrenos agrícolas; y en el caso del litoral, por el proceso de evaporación y concentración subsecuente de sales, debido al drenaje imperfecto, por estar constituido por sedimentos finos. Debido a la poca profundidad de la napa, se destacan por su salinidad las siguientes zonas : Hda. San Antonio, Fdo Buenos Aires, Ex-Hda. Unanue, la antigua desmontadora Victoria. En los alrededores de C° Azul, zona topográficamente baja, y la presencia de material fino (arcillas) ha originado afloramientos altamente salinizados.

6.2 AGUAS SUBTERRANEAS

Para realizar el estudio de la superficie piezométrica y determinar en-forma general la dinámica de la napa, fue necesario recopilar del archivo de la DASS, datos de mediciones del nivel del agua de los pozos de - la zona, luego a través de una red de control piezométrico pre-establecida se llevó a cabo una campaña de actualización de las medidas del nivel del agua (Feb. 1981). (Cuadro N°5)

Esta información luego de su procesamiento nos ha permitido conocer la-extensión de la napa; así como su sentido de escurrimiento y evolución-en el tiempo (1969-1981).

6.3 CARTA DE HIDROISOHIPSAS

Las mediciones del nivel del agua de los pozos,tomadasdurante las campañas de campo y luego de referirlas al nivel del mar, nos ha permitido elaborar una carta de curvas de hidroisohipsas,la cual nos muestra - las características hidrodinámicas del escurrimiento y sus condiciones-de alimentación. (Mapa N°4-5)

El espaciamiento entre curva y curva es de 10 m. y en lugares donde no-se obtuvieron datos, las curvas se representan con líneas discontinuas.

6.3.1 INTERPRETACION

Del análisis de la carta podemos deducir que : existen dos direcciones de flujo principales, una procedente de las infiltraciones directas del río Cañete, que se generan a la altura de la Hda. - Ungará, con dirección Este-Oeste y la otra procedente de las co - rrientes subterráneas que nacen en la Qda. Pocoto, con dirección-Nor-Este, Sur-Oeste.

Se observa también tres flujos secundarios : 2 ubicados en la zona media del valle, generado, por la bifurcación del eje principal que baja de la quebrada Pocoto y fluye a ambos lados del C° - Candela con dirección NE-SW, y el otro en la zona Sur, generado - por las filtraciones de los canales de riego que marchan por la - márgen izquierda del río Cañete.

- La gradiente hidráulica, se define mediante la fórmula :

$$I = \frac{H2 - H1}{L}$$

Donde : H1 y H_2 son los niveles piezométricos leídos para 1 y la siguiente 2 y L la distancia entre las curvas de corriente. En el sector se presentan con un valor promedio de 2%. En general, la tendencia es de seguir las inflexiones de la topografía superficial.

6.4 CARTA DE ISOPROFUNDIDADES

Con las medidas de piezometría realizadas en los meses de Febrero-Marzo de 1981, se elaboró una carta de Isoprofundidad de la napa, esta nos muestra la variación de la profundidad de la superficie de la napa, dependiendo , ya sea de sus factores topográficos o de alimentación (Mapa N°5-5).

6.4.1 INTERPRETACION

Del análisis de la carta, se puede notar tres zonas bien diferenciadas :

a) .- Una al Sur, en la márgen izquierda del río Cañete, en la cual los niveles son más profundos conforme se incrementa la cota del terreno y se aleja de la fuente de alimentación, esto es de Norte a Sur y se observa desde la Hda. Palo hasta el litoral.

b) .- En la parte media del valle se observa un incremento de la profundidad del agua hacia la quebrada Pocoto y Quilmaná; los valores fluctúan de menos de 5 metros hasta más de 30 mts., y en las proximidades al litoral en algunos casos se presentan en forma de afloramientos.

c) .- En la zona Norte, entre los cerros San Luis y Candela, se observa una depresión de la topografía del terreno que da lugar a que la napa se encuentre de 1 a 10 mts. de profundidad.

6.5 FILTRACIONES EN CANALES Y ACEQUIAS

El sistema de distribución de agua que existe en el valle está constitui

do de numerosos canales y acequias que irrigan en su totalidad y en cantidad suficiente el área agrícola de Cañete. Los principales canales - son :

- Canal Nuevo Imperial,que cruza el valle por el límite Este, con una - longitud de 29 Kms., cuyas últimas 2/3 partes se encuentran sin revestir.
- Canal María Angola, marcha casi en forma paralela al canal Nuevo Imperial, tiene una longitud de 24 Kms. y se encuentra sin revestir.
- Canal Palo Herbay, con una longitud de 15 Kms., marcha en forma paralela al río Cañete hacia la márgen izquierda, y se encuentra sin revestir.

Además existen las acequias de San Miguel, acequia vieja de Imperial y numerosos canales y auxiliares principales del valle de CAñete.

El Cuadro N°6 muestra los canales existentes y sus características.

C U A D R O N° 5

RELACION DE POZOS Y SUS CARACTERISTICAS, UBICADOS EN EL RIO CAÑETE.

N°	N O M B R E	TIPO	COTA	PROF.	NIVEL PIEZO		ESTADO	USO
					PROF. 1970	PROF. 1981		
	S A N L U I S							
2	Grifo PetroPerú (Km 145)	T	23.15	35.50	----	8.40	Utd	Pub.
3	C.P. Ex-Sta.Barbara 1	TA	---	---	----	----	Abandonado	
4	C.P. Ex-Sta.Barbara 2	TA	4.09	3.82	3.58	4.80	Utd	DOM.
5	Hda. Sta. Cruz 1	TA	6.00	3.87	2.67	2.48	Utd S/E	DOM.
6	Fdo. S. Pedro (Ranch.)	TA	4.00	2.67	----	1.30	Utz	DOM.
10	Casa Blanca	TA	31.56	---	3.39	----	Enterrado	
11	Perú Mercantil (Pinsect)	TA	20.16	9.55	5.10	6.05	Utd	IND.
13	Fdo. San Martín	TA	21.47	5.70	1.13	2.73	Utd	DOM.
14	Aurelio Peschieria (ranch.)	TA	14.90	5.70	4.28	4.76	Utd	DOM.
15	Carlos Saetone	TA	13.58	9.74	9.03	----	Enterrado	
16	Hda. Sta. Cruz N°2	TA	4.90	3.00	2.80	1.74	Utd	DOM.
	S A N V I C E N T E							
1	Grifo Lobitos	TA	23.05	10.60	----	7.20	Utd C/E	Público
2	Teobaldo Meza	TA	34.61	11.23	8.93	10.96	Utd	DOM.
5	Coop. Unanue	TA	27.80	-----	8.05	6.05	Utd	DOM.
6	Revilla	T	138.79	56.90	2.68	1.74	C/E abandonado	
7	Fdo. S. José	TA	137.24	19.47	17.77	18.53	Utd	DOM.
8	Herbay Alto (Establo)	T	93.25	-----	----	18.51	Utd	AG.

10	Abelardo Fukosaki	TA	57.00	11.00	9.47	10.10	Utd	DOM.
11	Fídel Barrantes	TA	10.84	5.90	1.07	1.68	Utz	DOM.
16	Fdo. S. German (Casa)	TA	45.90	9.45	6.97	6.97	Utd	DOM.
17	Benj. Roca	TA	48.19	7.70	6.65	6.77	Utd	DOM.
18	Fdo. Sta. Sofía	TA	94.54	4.35	2.80	2.55	Utd	DOM.
19	Segundo Queirolo	TA	89.53	6.84	4.49	8.45	Utz	DOM.
20	José Matayashi	TA	50.75	5.00	2.24	2.61	Utz	DOM.
22	Casa Hda. La Pampilla	TA	38.35	5.55	4.25	3.00	Utz	DOM.
24	La Pampilla Ranch 1	TA	33.81	4.12	2.76	3.10	Utz	DOM.
25	La Pampilla Ranch 2	TA	31.20	----	----	3.00	Utd	DOM.
26	Cía Urrieta (S. Hil)	TA	31.67	8.50	5.65	5.45	Utd	DOM.
27	Sr. Dibos La Encañada.	TA	23.05	8.68	6.72	6.74	Utd	DOM.
28	La Encañada (Establo)	TA	19.50	8.63	6.96	----	Funcionando	
29	Fdo. Sta. Rosa (A.Peschiera)	TA	19.55	3.65	2.69	2.44	Utd	DOM.
30	La Esmeralda (Casa Hda.)	TA	11.00	5.70	3.75	3.08	Utd	DOM.
31	Anexo Herbay Alto	TA	19.83	9.93	7.15	5.98	Utd	DOM.
32	Julio Ferrer	TA	6.00	2.00	0.90	----	Abandonado	
33	Enrique Arakaki	TA	5.50	2.40	1.28	----	Abandonado	
34	Fdo. Chilcal	TA	66.60	7.27	----	4.80	Utd	DOM.
35	Alvaro	TA	36.00	4.51	3.41	2.24	Utd	DOM.
36	Amaro II	TA	46.40	3.44	2.75	2.17	Utd	DOM.
37	Alejandro Okuma	TA	76.96	3.80	2.28	3.08	Utd	DOM.
38	MIguel Amaro	TA	31.12	3.48	2.69	1.19	Utd	DOM.
39	Florencio Napa	TA	51.66	2.80	2.00	0.73	Utd	DOM.
40	Hector Amaro	TA	139.00	4.65	2.40	2.40	Utz C/E	DOM.

41	Benito Amaro	TA	107.50	5.55	3.95	3.98	Utz C/E	DOM.
42	Stgo.	TA	70.56	----	6.04	5.49	Utd	DOM.
45	Ranch. La Pampilla 3	TA	31.00	----	----	2.73	Utd	DOM.
47	La Esmeralda (Ranch.)	TA	11.00	----	----	----	Enterrado	
48	Alfonso Cárdenas	TA	71.70	4.50	3.53	3.21	Utd	DOM.
49	Victorio Lavezolo	TA	68.00	5.00	2.87	8.44	Utd	DOM.
50	Guardia Civil	TA	68.45	4.50	0.95	1.04	Utd	DOM.
51	Saul Ramos	TA	68.56	3.36	1.70	2.38	Utd	AG.
52	Mariano Ramos (Establo)	TA	70.00	5.32	----	1.74	Utd	AG.
55	Domingo Castro	TA	21.10	3.30	2.00	1.60	Utd S/E	DOM.
56	Oscar de Marzo	TA	59.80	4.50	3.40	3.11	Utd	DOM.

N U E V O I M P E R I A L

2	Francisco Benavente	T	219.39	43.70	28.46	26.70	Utd	AG
3	Sr. Sánchez	TA	226.18	23.40	22.96	21.33	Utz	DOM.
6	----------	--	-------	------	-----	Seco	---	---
7	Juez Miller	TA	263.25	41.60	40.15	-----	Abandonado	
8	Juan Tenaci	TA	196.06	10.72	9.59	8.00	Utz	DOM.
10	C° Alegre (Pta. Eléctrica)	TA	120.00	25.60	----	24.48	Utd	DOM.
12	C° Alegre (Oficinas)	TA	120.00	24.80	23.34	23.40	Utd	DOM.

I M P E R I A L

3	San Isidro (Establo Viejo)	TA	110.76	10.16	8.14	8.80	Utd	AG
4	San Isidro (Establo Nuevo)	TA	112.46	17.84	----	----	Seco	
5	Casa Pint. (Potrero)	T	140.00	72.30	29.81	30.65	Utz	AG
7	Cía REfrig. Cañete	TA	106.00	21.32	19.69	19.90	Utd	IND.
9	José Espinoza (Cantagallo)	TA	102.80	-----	1.93	-----	Abandonado	
10	E. Bustamante Grosby	T	102.95	13.00	----	Funcionando		DOM.
11	Bustamante (Ranch.)	TA	106.95	4.70	3.58	-----	Abandonado	
12	Colg.Ntra. Sra. del Valle	TA	105.10	9.29	3.90	4.18	Utd	PUB.
14	Rizo Patron (Hda. S. Benito)	TA	67.05	14.35	8.41	Funcionando		DOM.
19	Est. Exp. Agric. Cañete	TA	116.38	4.93	2.80	2.60	Utz	DOM.
24	Elena Carrasco de Flores	TA	86.50	10.65	----	7.56	Utz	DOM.
27	Samuel Chiok 1	T	107.56	35.03	10.17	----	Abandonado	
28	" " 2	T	106.75	23.08	6.12	6.40	Utz	AG.
29	Samuel Chiok 3	T	------	-----	----	----	Enterrado	
30	Antonio Asato	TA	101.13	9.74	7.15	7.53	Utd	DOM.
31	Ing. Boza	TA	72.23	12.00	8.00	8.54	Utd	DOM.

Q U I L M A N A

12	Agrícola Carambal	TA	106.00	16.80	16.09	3.39	Utd C/E	

CUADRO Nº 6

Nombre del Canal	Capacidad (m^3 /seg)	LONGITUD		Número de Tomas Laterales	Longitud de la Red Secundaria (Km.)
		Revestido	Sin Revestir		
Canal nuevo imperial	7.7	8,600	59,200	42	162
Canal Acequia vieja de Imperial.	4.0	---	26,600	53	55
Canal María Angela	4.2	---	29,100	34	62
Canal San Miguel	7.0	---	37,300	64	63
Canal Huanca	1.5	---	20,200	16	65
Canal	4.5	---	32,300	19	39
Canal Basambrío	0.3	---	----	--	--
TOTALES	---	8,600	204,700	228	446

De la observación del cuadro podemos deducir que de los 213 Kms. de longi - tud de canales solo 9 Kms. se encuentran revestidos, lo cual nos lleva a suponer que se pierden importantes cantidades por filtración que según cálculos alcanzan al 20% del flujo total.
A manera de resumen podemos concluir diciendo que las pérdidas ocasionadas por filtraciones en los canales y acequias y el permanente riego a que está sometida las áreas de cultivo, motivan una constante alimentación a la - napa y por tanto un incremento en su volúmen.

6.6 EVOLUCION DE LOS NIVELES

La variación de los niveles del agua de los pozos está estrechamente relacionada con los aportes del río Cañete y a la explotación a la que - está sometida.

Análisis

La comparación entre valores piezométricos de 1971-1981, solo nos dan - 0.80 m. de variación en los pozos observados. De manera general, la va - riación piezométrica en el valle, no es importante.

6.7 INTERPRETACION GEOTECNICA

Se han ubicado zonas de afloramientos de agua subterránea : al NE de la Ex-Hda. San Antonio, al Norte de la Hda. Casa Blanca, en Cochahuasi, en los alrededores de la Ex-Hda. Herbay Bajo, así como al NE de la Ex-Hda. Roma y teniendo como límite la carretera Panamericana hasta el litoral- en estas zonas se pueden presentar problemas a las estructuras. Este - fenómeno se ve crítico en la zona de C° Azul donde el agua de alto contenido de sales se encuentra aflorando en superficie, dando lugar a la presencia de lagunas, por consiguiente está zona no es apta para las - construcciones ni para los sembríos.

7.0 GEODINAMICA EXTERNA

7.1 GENERALIDADES

La cuenca del río Cañete es una de las cuencas costeras que más problemas geodinámicos externos (Huaycos, inundaciones, inestabilidad de taludes) presenta. También en el litoral, frente a Cañete, se localizan los epicentros de un buen número de sismos que han asolado la costa central del Perú. (Mapa N°2-5).

Los huaycos son los procesos geodinámicos que más daños causan en esta cuenca; así como las inundaciones, que afectan principalmente al valle del río Cañete.

Los fenómenos de geodinámica externa en la cuenca del río Cañete están condicionados a : Factores Hidrológicos, fuertes precipitaciones y elevado caudal promedio anual (50.34 m^3/seg.), que comparado con las cuencas del río San Juan (17.21 m^3/seg.) y el río Pisco (25.89 m^3/seg.) es un caudal bastante considerable,que eleva las posibilidades de erosiones e inundaciones. Otros de los factores que influyen son los fenómenos de meteorización, fracturación y erosión de las masas rocosas de la cuenca (principalmente las rocas intrusivas) ; el intenso fallamiento y plegamiento de las rocas en la cuenca y la escasa vegetación y aridez.

Los sectores más afectados por los huaycos son : entre Lunahuana-Yauyos Alis; teniéndose la zona entre Yauyos y Alis como una de las zonas de mayor riesgo por inestabilidad de taludes. En el valle del río Cañete, desde Zuñiga hasta la desembocadura, la problemática de inundaciones es intensa.

En Febrero de 1981, como consecuencia de las fuertes precipitaciones, se interrumpieron las vías de acceso a Huangascar, Viñac, Chocos, así como sectores del tramo Lunahuaná-Tomás.

7.2 FLUJOS HIDRICOS

En los meses de Febrero y Marzo de 1981 se produjo en el Perú una de las más grandes precipitaciones pluviales de los últimos 50 años, dejando como secuela : siete capitales de provincia aisladas, miles de viviendas arrasadas, miles de familias damnificadas, grandes extensiones de cultivo destruidas y decenas de muertos; producto de la gran canti -

dad de huaycos y el desborde de numerosos ríos, siendo la cuenca del río Cañete una de las más afectadas por estos fenómenos.

7.2.1 HUAYCOS

Las fuertes precipitaciones pluviales frecuentemente crean la súbita actividad de numerosas quebradas consideradas "inactivas". En estas quebradas el flujo hídrico descarga en forma violenta arrastrando una mezcla heterogénea de materiales de variada composición granulométrica, así como restos de arbustos y ramajes. Son de carácter temporal (época de precipitaciones) y de corta duración.

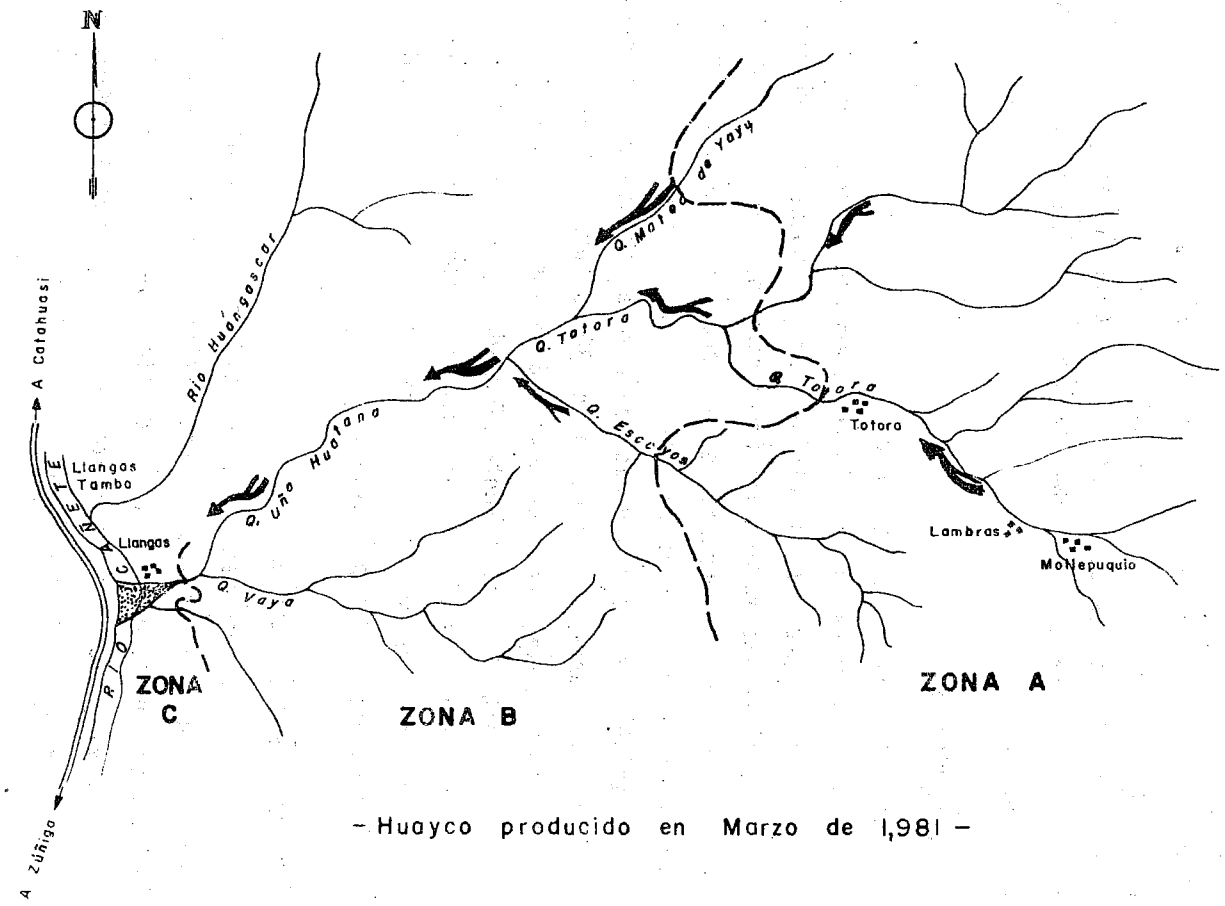
Al producirse las lluvias en las cuencas de recepción, las aguas de escurrimiento superficial se concentran en el curso de drenaje principal. Los flujos rápidos de barro, cargados de sólidos de diferentes tamaños y tipos de rocas, producto de la meteorización del sector de las nacientes de los cursos de agua, se desplazan con velocidades de 60 a 80 Km/h. Los sedimentos transportados a través de las quebradas, son depositados en forma de conos de espesores variables.

En el Gráfico N°16, analizaremos la mecánica de los huaycos. El huayco del gráfico en mención se produjo en la Qda. Totora, en Marzo de 1981, represando el río Cañete, con una altura de varios metros de agua, lodo y rocas, a lo largo de $\pm$ 1 Km., interrumpiendo la carretera en el sector San Miguel-Llangas-Rinconada.

Los parámetros geomorfológicos : grado de ramificación (5to. orden), densidad de drenaje (0.66 Km/Km^2), extensión media de escurrimiento superficial (380 mts.) y la declividad de alveos (declive equivalente constante 1.95% y declividad de los terrenos (16.7%) nos proporcionan parámetros de correlación entre las precipitaciones, la superficie natural de la cuenca y la ocurrencia de huaycos.

Los huaycos no son iguales; la dinámica de ellos varía notablemente de uno a otro, según la naturaleza de la roca del lecho, la pendiente, los materiales existentes, etc., predominando en el sector de Catahuasi-Yauyos, las llamadas "Llocllas" o flujos de -

MECANICA DE OCURRENCIA DE LOS HUAYCOS



- Huayco producido en Marzo de 1,981 -

Limite de zona

Huayco

Cono de deyección

ZONA A : ALIMENTACION

Fuertes precipitaciones

↓

Material suelto, alterado, rocas sueltas, pendientes fuertes y moderadas.

↓

Saturación de humedad del suelo (arcilla como lubricante), se producen pequeños flujos hídricos.

ZONA B : TRANSPORTE

Incremento de materiales conforme avanza el flujo. En esta zona se producen pequeños deslizamientos que caen en las quebradas formando un dique natural que al romperse, adquiere el flujo, volúmen y velocidad. Pendientes moderadas.

↓

Aumento de velocidad y volumen.

ZONA C : DEPOSITACION

Acción más destructiva.

GRAFICO Nº 16

barro.
Estos fenómenos se observan con mayor frecuencia en las quebradas : - Totora Uña Huatuna, Pampas, Cajalay-Huancasho (Capillucas) (En Febrero 1981, se produjo un huayco dejando un saldo de 3 muertos), Auco, - Aucampi (Calachota), Hualacha (Putinza), Tupe, Chauchan, Concubay; así como también por los ríos Huangascar, Cacra. Otras quebradas como: Jita, Jacaya, San Marcos, Picamaran, Machatanga, San Juan, Riachuelo- (Canchan), Cachuy (Chavin), Chaquicocha (Cusi), Huañique y otros.
También se tienen flujos de barro y lodo de pequeñas proporciones, pero que en conjunto afectan la infraestructura vial y terrenos de cultivo; como en la Qda. Milagro-Puquio (Frente a la Qda. Chasquicocha), Foto 1, a 1 Km. antes del puente San Jerónimo (Foto 2), Qdas Chilcapuquio, Tupua, Huañique, Cocache, Chuncalla, Shojamarca, Tormaino, Maizal y otros.

7.2.2 ALUVIONES

Se tiene conocimiento de dos aluviones producidos en la cuenca. Estos aluviones se originaron como consecuencia de deslizamientos de la cubierta detrítica y de las rocas del substratum (granitos) en las faldas del C°Huamanrripa. El empuje de las aguas del riachuelo represado en el fondo de la Qda. Chucpalla, sobrepasó la resistencia del "muro de contención" formado por los materiales deslizados y dio comienzo al mencionado fenómeno.
Los fenómenos se produjeron el 30 de Marzo y 2 de Abril de 1972, y como consecuencia se tuvo : 6 personas fallecidas, el pueblo- de Puente Auco totalmente afectado (Foto N°3), 180 Has. tierras de cultivo sepultadas, 14 Kms. del tramo carretera Cañete-Yau - yos en el tramo Calachota-Carmincha, así como 200 cabezas de ganado vacuno desaparecidos.

7.3 INESTABILIDAD DE TALUDES

En la cuenca del río Cañete la inestabilidad de taludes está dada por derrumbes, deslizamientos, desprendimientos de rocas, etc.
Estos movimientos de masas, son desplazamientos de las formaciones superficiales y rocas no coherentes bajo la influencia combinada de la- gravedad y de la saturación de agua. Un terreno, de acuerdo con su -

contenido de agua, puede volverse plástico o líquido, perdiendo su cohesión interna; la influencia de la gravedad permite entonces su deformación.

Los fenómenos de inestabilidad de taludes se encuentran condicionados a : pendiente de las laderas, intensidad de fracturación y diaclasamiento, tipo de roca, buzamiento de la roca, tipo y profundidad del manto mueble y la inter-acción de éstos, con los agentes del intemperismo (clima), sismicidad, etc.

El agente mas perjudicial para la ocurrencia de estos fenómenos es el agua, tanto de precipitación, filtración y el mal uso de las aguas de regadío. El agua al sobresaturar los materiales no consolidados de las laderas actúa como lubricante, originándose su desplazamiento, afectando tanto a los centros poblados como a los terrenos de cultivo (Canales de Irrigación) y a las vías de comunicación.

En la cuenca del río Cañete se conocen los deslizamientos de : El C° Huamanrripa, ubicado en la Qda. Chucpalla (Colonia Qda. Pampas), embalsando la Qda., originando luego un aluvión, que trajo como consecuencia 6 personas fallecidas y el pueblo del Puente Auco desaparecido íntegramente. Este fenómeno se produjo en Abril de 1972.

En Marzo de 1972, se produjo deslizamientos en el Morro Ayacoto, ubicado en el C°Tunshumpalla, entre Tomas y Siria, deslizándose rocas calcáreas con buzamientos, casi verticales , afectando algunas viviendas, así como el tramo carretero del sector.

Asentamientos y deslizamientos, que se producen en Cusi y Urcay son producto de la erosión a consecuencia de las aguas del río Cañete, precipitaciones, sobreriego y escapes de agua por roturas de las acequias; fenómenos favorecidos por la fuerte pendiente de los taludes de las laderas y el tipo de suelo. En la actualidad (Julio 1980) el poblado de Cusi presenta en su basamento coluvial grandes agrietamientos (Foto 4).

Se tienen también los deslizamientos y erosiones (cárcavas) en la zona de Carhuay a 1.5 Km. aguas abajo de Huangascar, en la márgen izquierda del río Viñac (Foto 7).

Se localizan indicios de derrumbes y deslizamientos en el borde del acantilado a 700 metros de Chocos; deslizamientos aguas abajo de la Qda. Sauce Puquio, en el río Cacra. Hay indicios que el poblado de Laraos -

se encuentra sobre material de deslizamiento antiguo que reposa sobre - la quebrada del río Laraos (Fotos 5-6).

La presencia de tierras malas (Bad Lands) en la cuenca es muy abundante, como en : Al pie de Putinza, frente a Canchan, en la Qda. Riachuelo,etc. (Foto 8). En el desvío a Miraflores (Tinco) se tiene un pequeño derrumbe que puede comprometer la carretera.

Entre las zonas de desprendimientos de rocas en la cuenca, tenemos : Frente a la Qda. Chauchan (foto 9), frente Acupampa (aguas arriba de Catahuasi)

A 6 Kms. aguas abajo de Llapay se presentan taludes inestables provocados por el corte de la carretera, se aprecia también el buzamiento de - las rocas hacia la pendiente (foto 10), que es característica común en- el tramo Yauyos-Tomas; la carretera a Cacra, también presenta en el sector encañonado desprendimiento de rocas; así mismo en el cañón de la - Qda. Miraflores y en el cañón del río Cañete (entre Magdalena y Tomas)- (Foto 11).

La inestabilidad de taludes se presenta con abundancia en el corte de - la carretera Cañete-Lunahuana-Yauyos-Yauricocha.

Es importante también mencionar que en Enero de 1981 se produjo la - ruptura de la presa de relaves de la mina de Yauricocha, ocasionando la interrupción del tramo carretero entre Alis y Yauricocha, quedando des - truidos los puentes de Tomas y Huancachi, así como el depósito de relaves en Chumbe.

7.4 INUNDACIONES

El régimen de descargas del río Cañete es una consecuencia directa - del comportamiento de las precipitaciones que se producen en su cuenca- húmeda (4,519 Km^2, 74% del área). El coeficiente de compacidad (K = - 0.167) nos indica que la cuenca es alargada y las crecientes se limitarán a la época de avenidas (Enero a Marzo), provocando inundaciones en- las partes bajas de la cuenca (Valle del río Cañete y llano aluvial).- En esta época el lecho del río es insuficiente para transportar el volúmen de agua incrementada, así como la carga de sólidos; por lo tanto - el río se desborda e inunda los terrenos aledaños. Estos fenómenos son favorecidos por la fisiografía de la cuenca receptora, caracterizada -

por fuertes pendientes (Ver gráfico 4) y a la escasa cobertura vegetal; determinando que la precipitación se convierta en forma inmediata en- descarga superficial del río (380 mts. de extensión media de escurri - miento superficial).

Los efectos de las inundaciones pueden manifestarse, tanto por erosión de los terrenos cercanos al lecho, así como la colmatación de las o - bras de infraestructura de riego.

En el año 1972, mes de Febrero, se produjo una de las inundaciones más destructoras que se tiene en conocimiento, habiendo afectado en aque - lla ocasión 11 pueblos, entre los cuales fueron afectados : San Juan- Zuñiga, Pacarán, Lunahuaná, Langla, Apotara, Romaní y otros.

Las inundaciones destruyeron casas, sembríos de pan llevar, algodón,- frutales, deteriorándose el suelo agrícola en 60 Has. En el valle - del río Cañete hay un potencial de 1,700 Has. con posibilidades de ser inundadas; principalmente en la márgen derecha del río (Fotos 12-13), en los sectores Huancaya, Cuiva, Sta Teresa 1 y 2, así también en el - sector de Casa Blanca (Foto 14) y aguas arriba de Zuñiga (Foto 15).

En comparación con otros ríos de la costa,el río Cañete tiene un alto potencial de ocurrencia de inundaciones.

7.5 DAÑOS POR EROSION

Las cargas que son llevadas por el río Cañete, ya sea por disolución,- suspensión, saltación y rodamiento, actúan como componentes vertical y horizontal de la fuerza erosiva de la corriente, siendo mayor esta ac- tividad en la época de avenidas.

Factores como la pendiente de la cuenca (Ip = 16%), las precipitacio - nes, la inestabilidad de los taludes, la aridez del terreno, unidos a- los factores artificiales (que son causados por la actividad del hom - bre), como el mal uso de la tierra y riego indiscriminado en ciertas - áreas, además de los factores geológicos, pedológicos, climáticos, hi- drológicos, son causantes de la erosión laminar, erosión en canales, - erosión piramidal superficial y erosión en cárcavas. Todos estos fac- tores hacen que el coeficiente denudacional sea alto (Cm = 0.63 m/Km^2) (Fotos 16-17).

Dentro de la cuenca del río Cañete la erosión fluvial afecta principal

mente los sectores : Frente a Langla, entre las Qdas. Nigancho e Higuerón, entre Pacaran y Zuñiga, Canta Gallo, al borde del C° San Juan, San Jerónimo etc. En el valle, en los sectores aguas arriba de Cocsa (márgen izquierda), aguas arriba de Paullo (márgen derecha), margen izquierda en el Puente de la Panamericana Norte, etc. (Foto 18).
Dentro de los tipos de erosión superficial, podemos considerarlas a nivel de talud de los valles donde se concentran con mayor frecuencia, afectando areas de cultivos.

7.6 DAÑOS POR COLMATACION

Estos fenómenos ocurren con mayor frecuencia en la zona inferior de la cuenca, como resultado de la pérdida del poder de transporte; resultante de la disminución de la velocidad, debido a la menor gradiente del río. Estos fenómenos afectan principalmente, las obras de regulación, tomas de agua en el valle : Como la toma de la Pinta (Foto 19) y la toma de Nuevo Imperial que ha obligado a los usuarios a aplicar un sistema de defensas con pilotes verticales (Foto 20).

8.0 SISMICIDAD Y RIESGO SISMICO

8.1 Aspectos Tectónicos Generales

La actividad sísmica en la Cuenca del Río Cañete, al igual que en el territorio peruano, es la manifestación de un tectonismo profundo. Las principales unidades tectónicas son : La Cordillera de los Andes y la Fosa Tectónica de Lima, que es producto de la interacción de las placas Sudamericana o Continental y la de Nazca. El encuentro de estas placas ha producido zonas de fractura en la corteza y como consecuencia, la generación de los movimientos sísmicos, que han asolado muchas veces a la cuenca. Gráfico N°17.

La distribución hipocentral de los sismos demuestran que la Placa Nazca está en subducción hacia la placa Sudamericana, hasta una profundidad de 650 a 700 Kms.

8.2 ASPECTOS TECTONICOS SUPERFICIALES

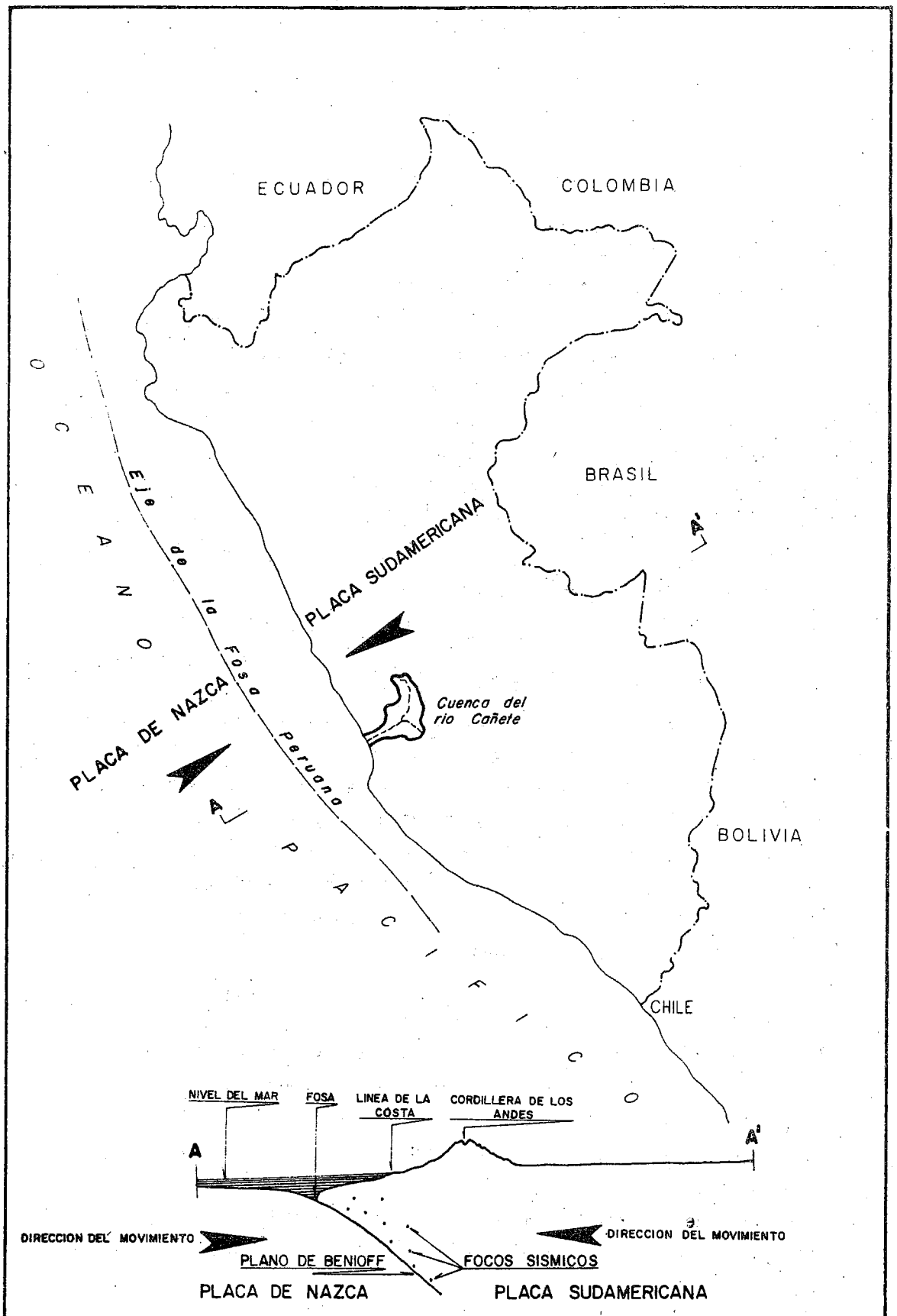
La cuenca del río Cañete puede ser dividida en dos zonas : La costera y la andina, separadas por una gran masa ígnea que tuvo participación activa en el desarrollo tectónico y estratigráfico, producto de las deformaciones del cretáceo superior (Fase Peruana) y del terciario (Fase Incaica). Siendo el grado de deformación mayor en la zona andina, presentándose fallamientos originados por comprensión, en dirección NE-SO, mientras que en la Costa los fallamientos son producto de esfuerzos de-tensión y son de menos intensidad.

8.3 DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA SISMICIDAD

Según los antecedentes históricos, en el periodo 1940-1974, en la Cuenca del río Cañete la actividad sísmica ha sido reducida, llegando a producirse 3 sismos con magnitudes mayores a 4.0 m.b.

En cambio, en las zonas vecinas y especialmente en el litoral, han ocurrido numerosos sismos, muchos de los cuales han sido destructores.

En el Mapa de Epicentros (Gráfico 18), se muestra la distribución espacial de los epicentros, en el que se notan las siguientes características :



ESQUEMA TECTONICO GENERAL

Dib. A. Vellito T.

GRAFICO Nº17

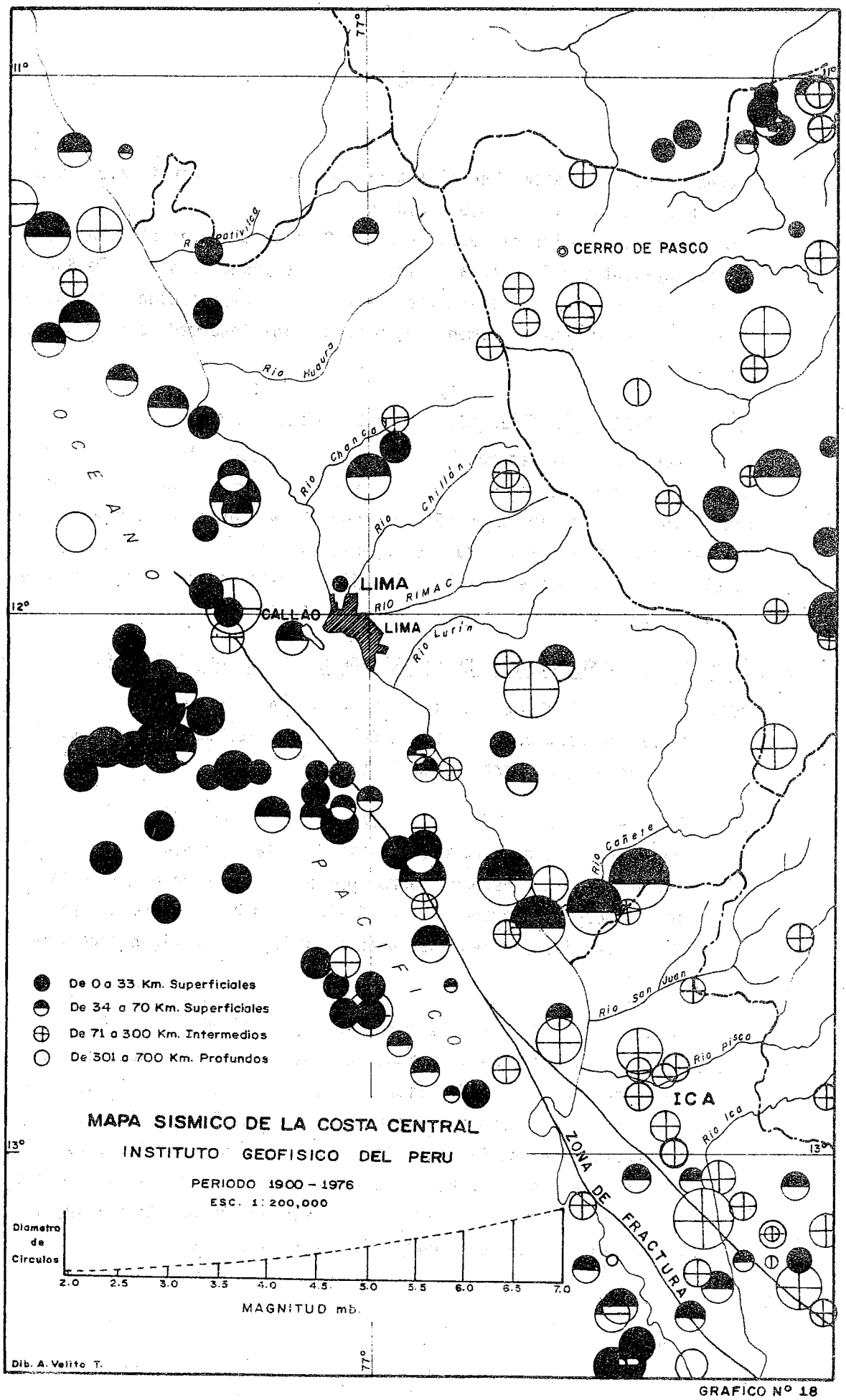


GRAFICO Nº 18

- Concentración de sismos en el litoral, mayormente superficiales, con una magnitud que van de 3.0 a 5.0 mb.
- Concentración de Sismos cercanos a la Cuenca, tanto en el litoral, áreas adyacentes a la Cuenca, e incluso en la misma cuenca : De Superficiales (34 a 70 Km). a intermedios (71 a 300 Km); teniendo los superficiales una magnitud promedio de 5.5 mb y los intermedios de 3.5 a 4.5.

8.4 SISMOS FUERTES Y DESTRUCTORES - PERIODO 1586 - 1974

En la cuenca o áreas vecinas, han ocurrido numerosos sismos, de carácter destructivo, que afectaron a la cuenca del río Cañete con gran intensidad, principalmente en la región costanera y que han producido muchos daños, tanto en viviendas, obras de Ingeniería, etc.
En el Cuadro N°7 se presenta la relación de estos sismos y sus características principales.

8.5 TSUNAMIS CON INFLUENCIA EN EL LITORAL DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE

1586 Julio 9 - 17.30 h.- 12° 12' Lat. S 77° 42' Long. O.
Terremoto destructor en Lima, Callao y Valles cercanos a Lima, Tsunami anegó gran parte de la Costa.

1687 Octubre 20 - 13.00 h .- 13.00 Lat. 77° 30 Long. O.
Dos terremotos destructores en Lima, Callao, Chancay, Cañete, Ica. Los estragos del Tsunami fueron grandes a lo largo de la Costa entre Chancay y Arequipa. En el Callao el mar se retiró 2.5 Km. (Según crónicas) y regreso, precipitando una ola gigantesca (300 muertos).

1746 Octubre 28 - 22.30 H. - 11° 36' Lat. S 77° 30' Long. O.
Terremoto azotó Lima y pueblos vecinos. El tsunami que se formó desvastó gran parte del litoral. En el Callao, de 5,000 personas solo se salvaron 200. Sufrieron efectos del Tsunami los pueblos de Huaura, Huacho, Callao, Pisco, las caletas de Guañape, Caballos y otros. A las 6 1/2 horas de la inundación en el Callao, la ola marina irrumpió con fuerza en el puerto de Concepción (Chile) y en el puerto de Acapulco (México) se varó una nave.

1806 Diciembre 01 - 18.0 h - 12° 00' Lat. S. 78° 00' Long. O. Fuertísimo temblor y el 2 de Diciembre una ola de 6 m. en el Ca - llao, averió el puerto.

8.6 GRANDES TERREMOTOS PROGENITORES DE TSUNAMIS EN LA COSTA PERUANA, AREA-LIMA - CUENCA DE CAÑETE.

FECHA	HORA	EPICENTRO	APROXIMADO	LUGAR	Ms	M_t
10-07-1586	17.30	12° 12'	77° 42'	Costa Dpto Lima	8.0	3
20-10-1687	13.00	13° 00'	77° 30'	" " "	8.2	3
28-10-1746	22.30	11° 36'	77° 30'	Costa Norte Dpto Lima.	8.4	3
01-12-1806	18.00	12° 00'	78° 00'	Frente Callao.		2

Ms : Magnitud estimada del terremoto.

M_t : Magnitud del tsunami de acuerdo a la escala Iida.

Como se puede observar, desde 1806, el litoral peruano no ha vuelto a-ser afectado por un tsunami.

C U A D R O N° 7

SISMOS DESTRUCTORES QUE HAN AFECTADO LA CUENCA DEL RIO CAÑETE

FECHA	HORA	EPICENTRO APROXIMADO		INTENS.	MAGNIT.	AREAS AFECTADAS Y DAÑOS.
		LAT.S.	LONG. O.			
9-7-1586	19.30	12.2 Costa frente a Lima.	77.7	IX	8.1	Terremoto en Lima (14 a 22 muertos). Hubo derrumbes y agrietamientos, destrucción en valles cercanos a Lima. Tsunami anegó gran parte de la Costa.- El sismo se propagó a 1,000 Km. a lo largo de la costa desde Trujillo a CAravelí. Sentido en Huánuco y Cuzco.
13-11-1655	14.38	12.0	77.4	VIII	7.3	Fuerte Sismo que derrumbó varias casas. Daños a 500 Km. de Norte a Sur y a 260 Km. de Este a Oeste.
12-05-1664	04.15	14.0 Ica.	76.0	VIII-IX	7.8	La ciudad de Ica quedó destruida (300 metros), no quedó casa en pie, se abrió la tierra. En Pisco 60 personas murieron, en Lima se sintió con gran intensidad.
20-10-1687	5.30	13.00	77.5	IX	8.0	Terremoto, causó 10 muertos causando daños hasta 700 Km. al Sur. Tsunami hizo perecer a 300 personas. Los estragos fueron grandes en el Puerto del Callao y alrededores, así como también los valles de Cañete, Ica, Palpa, Nazca y Camaná. Entre Ica y Cañete se formaron grandes grietas de muchos Kms. de extensión.

28-10-1746	22.30	11.6 77.5 Costa Norte del Dpto. de Lima (Chancay).	X-XI	8,4	Terremoto en Lima y Tsunami en el Callao, 95% de-casas destruidas, 1,141 muertos, en el Callao murieron 3,800 de 4,000 personas.
01-12-1806	18.0	12.0 78.0 Frente al Callao.			El mayor sismo después de 1746, daños en Lima, - tsunami en el Callao. Duró 1 minuto.
30-03-1813	07.35	Lima	VIII		Terremoto que causó graves daños en Lima, Callao-Chancay.
20-09-1897	11.25	Lima y Callao.			Destrucción, por el fuerte sismo en Lima y Callao-Huarochirí. Se sintió desde Ancón a Pisco.
23-02-1907	15.17		V		Fuerte sacudida, intensa en Matucana, Mala, Cañete Chincha, Pisco, Huancavelica, menos intensa en Lima, Ancón y Huacho.
27-12-1915	10.40	Costa Frente a Cañete.			Fuerte movimiento sísmico sacudió la Costa de Cañete y Mollendo, Yauyos y en la Sierra de Ica. Tam - bién se sintieron los días 27 y 28 de Diciembre.
11-03-1926	06.20	13.7 76.6 Lima			Fuerte temblor en Lima, ligeros daños. Sentido - con violencia en Chosica y Cañete.

19-01-1932	21,33	12,0 77,5	VII	6,75	Violento temblor en Lima. Originando diversos daños, tanto en Lima como en el Callao. Se sintió fuerte en Huacho y ligero en Cañete.
25-04-1939	07.55	Cañete	VI		Fuerte en Pisco, Chincha, Lima.
24-05-1940	11.35	10,5 77,6 Límite Dptos. - Ancash - Lima.	VIII	8,2	Terremoto que tuvo percepción en casi todo el Perú. 1/4 muertos. Fuertes daños en Lima, Cañete, Lurín, Huacho, Yauyos, Huaytará.
28-05-1948	00.37	13.1 76,2 Cañete	VII	6,75	Fuerte sismo destructor en Cañete; ocasionó la muerte de 4 personas y deterioro de la mayoría delas viviendas. Se formaron grietas en el C° Candela y pequeños derrumbes.
12-06-1951	00,43	Huaitará	VI		Temblor ligeramente destructor. Este temblor así como los del 23 de Junio y 9 de Agosto parece haberse originado cerca de la Qda. Topara entre los valles de Chincha y Cañete. Afectó Huantará, Lima, Chincha, Pisco, Ica y Ayacucho.
21-04-1954	20.23	13,00 77,0 Mala	VI		Sismo ligeramente destructor en el Sur del Dpto. de Lima. Afectó Mala, Cañete y San Antonio.

27-01-1961	22.25	13.7 75.8 Mala - Cañete	VI	5.0	Fuerte sismo, afectando las poblaciones costeras - entre Lima y Nazca. Destructor en Chincha, Pisco, San Luis de Cañete é Ica.
31-05-1970	15.23	09.20 78.8 Costa frente a Chimbote.	VIII	7.7	Terremoto catastrófico murieron 70,000 personas. - Sentido desde Guayaquil (Ecuador) hasta Pisco, Cañete e Ica (fuerte).
05-01-1974	3.34	12.3 76.4 Huarochirí		6.6	Fuerte sismo sacudió y averió los pueblos de las- provincias de Huarochirí, Yauyos y Cañete, 8 muertos. Daños de viviendas en Lima y derrumbes en la vía - Lima Huarochirí y Yauyos-Huancayo.
03-10-1974	09.21	12.3 77.8 Lima y Sur	VI-VIII	7.5	Fuerte temblor, 78 muertos en Lima, 2,500 heridos, la duración del movimiento fue de 90 segundos. Destructivo en Lima, Mala, Chincha, Cañete, Pisco y - otros con saldo de 13 muertos. Agrietamientos paralelos a la Costa a lo largo de 10 Km. en Cañete.

8.7 INTENSIDADES

A partir de la información obtenida (Macrosísmica), se ha confeccionado los mapas de isosistas de algunos sismos destructores que han tenido incidencia sobre la cuenca del río Cañete. Estos mapas permiten la cuantificación de los daños producidos de acuerdo a las intensidades.
En el Cuadro N°8 se muestran las características de los sismos principales entre 1940 a 1974,que se representan en los gráficos N°19,20,21.

C U A D R O N° 8

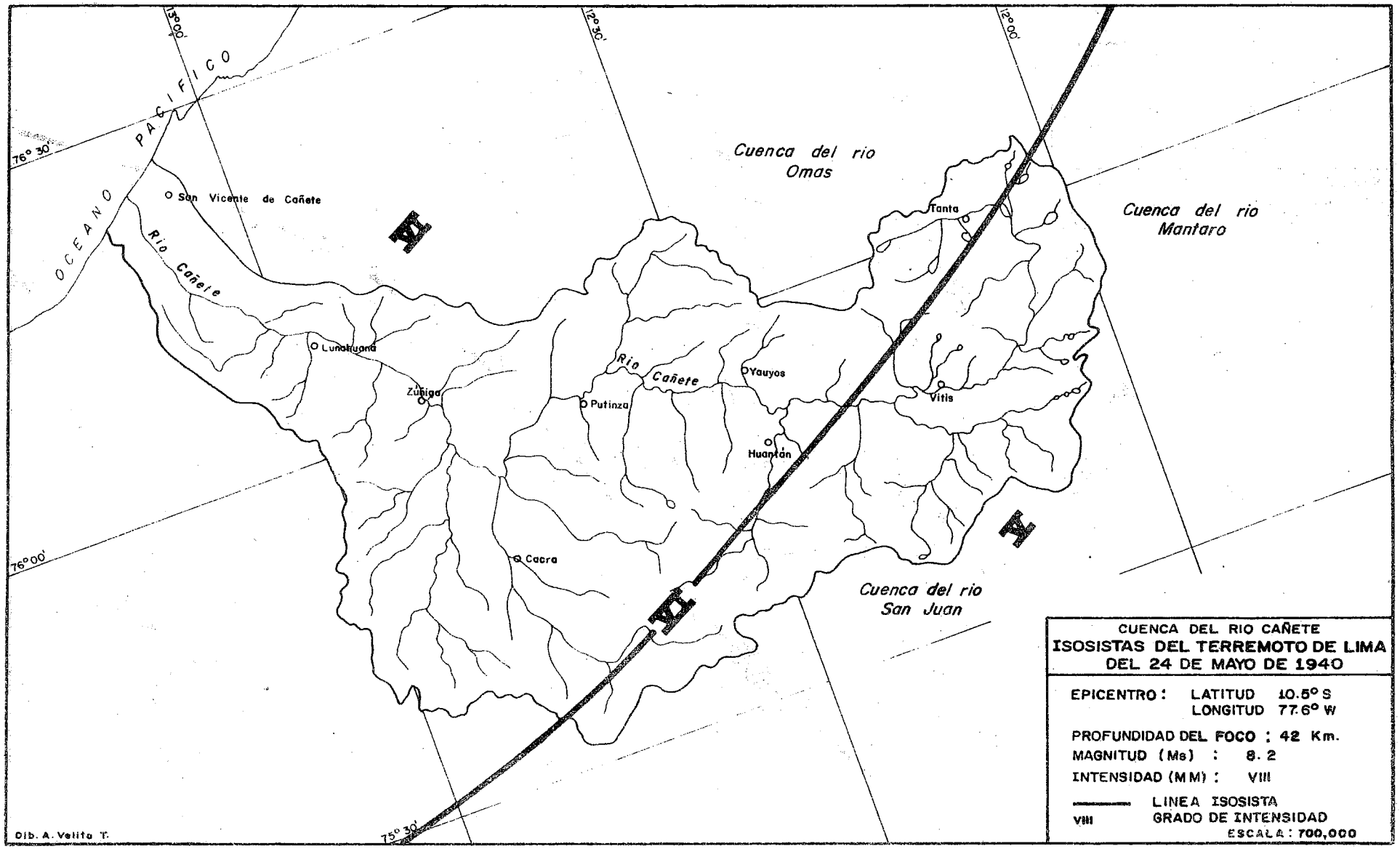
FECHA	HORA	Ms	INTENSIDAD	PROFUNDIDAD
24-05-1940	11.35	8.2	VIII	42 Km.
17-10-1966	16.41	7.2	VIII	38 Km.
03-10-1974	09.21	7.5		13 Km.

El terremoto del 24-05-1940, presenta las siguientes características :

INTENSIDAD MM	LOCALIDADES AFECTADAS
VI	San Vicente, San Luis, Lunahuana, Pacaran, Zuñiga, Putinza, Yauyos, Cacra, Huantan, Tanta, etc.
V	Vitis, Huancaya, Alis, Tomás, Yauricocha.

El terremoto del 17-10-1966, presenta las siguientes características :

INTENSIDAD MM	LOCALIDADES AFECTADAS
VI	San Vicente, San Luis, Lunahuana, Zuñiga-Pacarán.
V	Putinza, Cacra, Huantan, Yauyos, Laraos,-Vitis, Alis, Tomás, Tanta, Yauricocha.



CUENCA DEL RIO CAÑETE

ISOSISTAS DEL TERREMOTO DE LIMA DEL 24 DE MAYO DE 1940

EPICENTRO : LATITUD 10.5° S
LONGITUD 77.6° W

PROFUNDIDAD DEL FOCO : 42 Km.

MAGNITUD (Ms) : 8.2

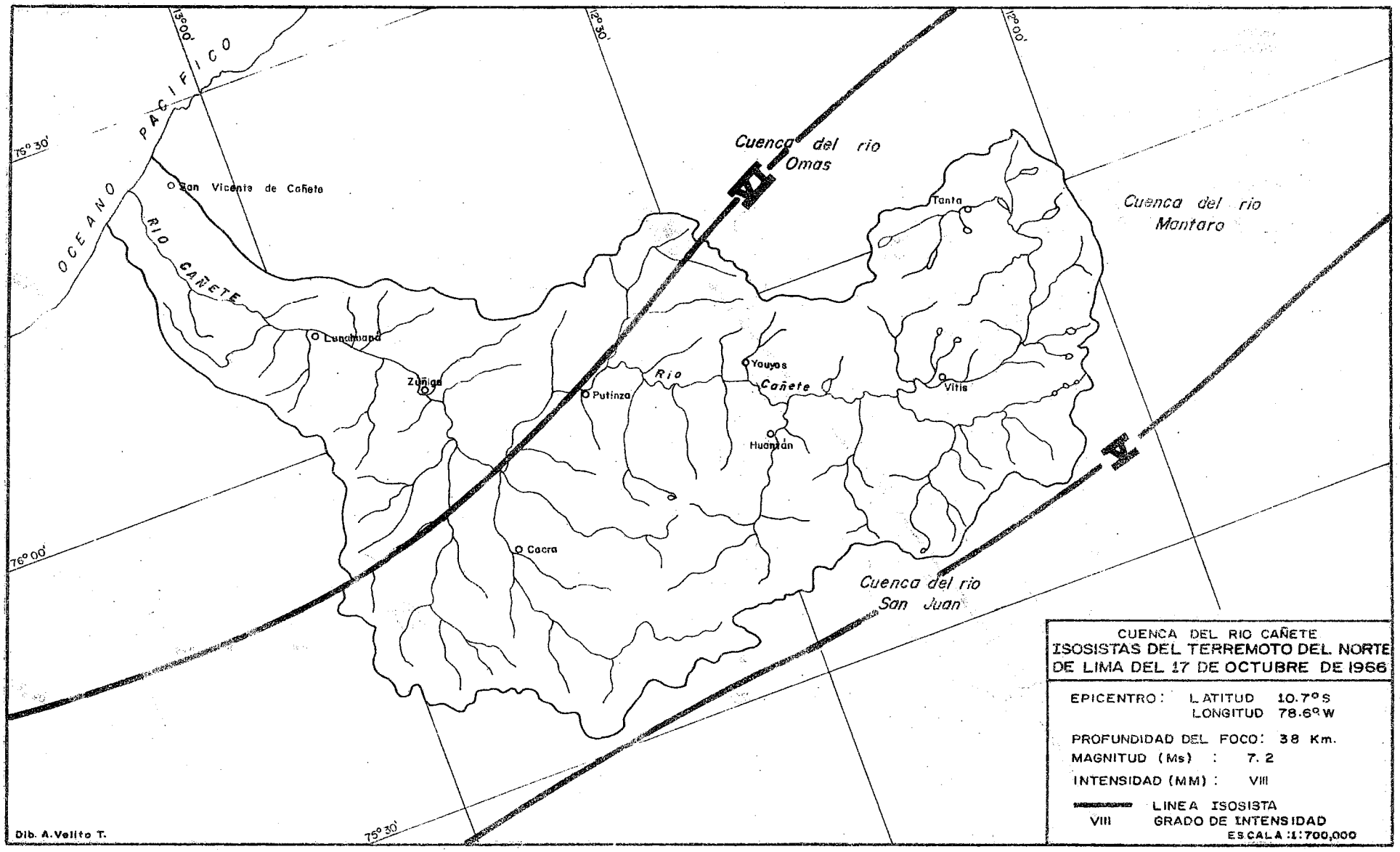
INTENSIDAD (MM) : VIII

——— LINEA ISOSISTA

VIII GRADO DE INTENSIDAD

ESCALA : 700,000

GRAFICO Nº 19



CUENCA DEL RIO CAÑETE
ISOSISTAS DEL TERREMOTO DEL NORTE DE LIMA DEL 17 DE OCTUBRE DE 1966

EPICENTRO: LATITUD 10.7°S
LONGITUD 78.6°W

PROFUNDIDAD DEL FOCO: 38 Km.
MAGNITUD (Ms) : 7.2
INTENSIDAD (MM) : VIII

LINEA ISOSISTA
VIII GRADO DE INTENSIDAD

ESCALA 1:700,000

GRAFICO Nº 20

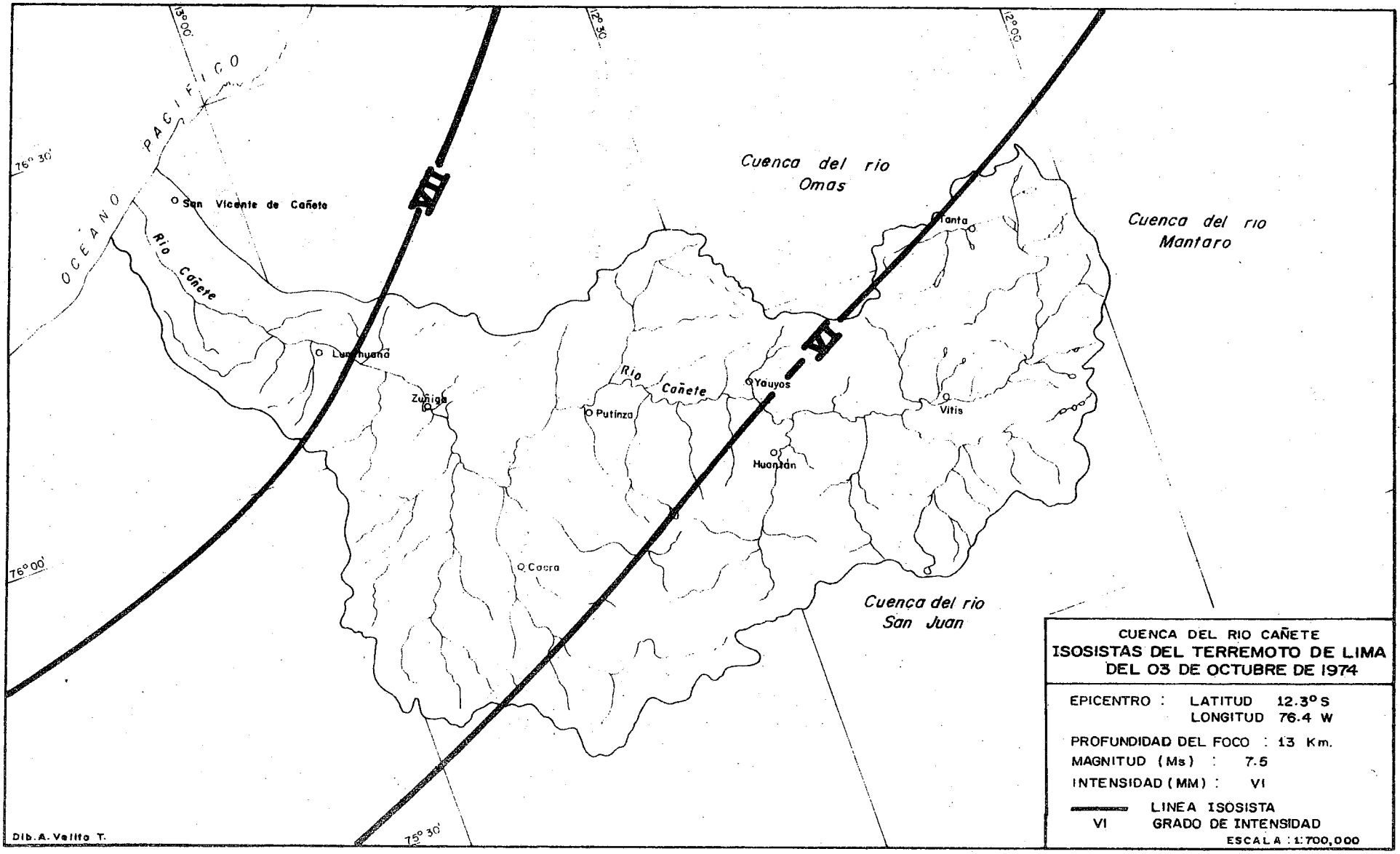


GRAFICO Nº 21

El terremoto del 3-10-1974, presenta las siguientes características :

INTENSIDAD MM	LOCALIDADES AFECTADAS
VII	San Vicente, San Luis, Lunahuana. Zuñiga, Putinza, Cacra, Yauyos. Huantan, Vitis, Tanta, Alis, Tomás, Yauricocha.

El Gráfico 22 muestra las intensidades máximas posibles, determinadas por la relación de la sismicidad con la tectónica (Deza 1979). Se nota que en la cuenca del río Cañete las intensidades máximas posibles que pueden ocurrir son de IX MM.

Analizando los antecedentes históricos de la sismicidad en la cuenca se han registrado intensidades de VIII-IX MM en la parte costera y VI-VII en la parte andina. En el presente siglo las intensidades alcanzadas en la parte baja y media de la cuenca ha sido de VI-VII MM y en la parte alta de V.

8.8 ACELERACIONES

Los acelerógrafos instalados en el Perú, son insuficientes para poder obtener medidas directas de aceleración. La cuenca del río Cañete no posee valores calculados de este parámetro.

Las intensidades pueden ser convertidas a aceleraciones, mediante la relación empírica de N. Donovan :

$$\text{Log. } 10^{a} = 0.2052 + 0.2731\ MM$$

Por lo que resulta :

Para una intensidad	V	a = 37.2	cm/seg^2
	VI	a = 69.8	cm/seg^2
	VII	a = 130.9	cm/seg^2
	VIII	a = 245.5	cm/seg^2
	IX	a = 460.4	cm/seg^2

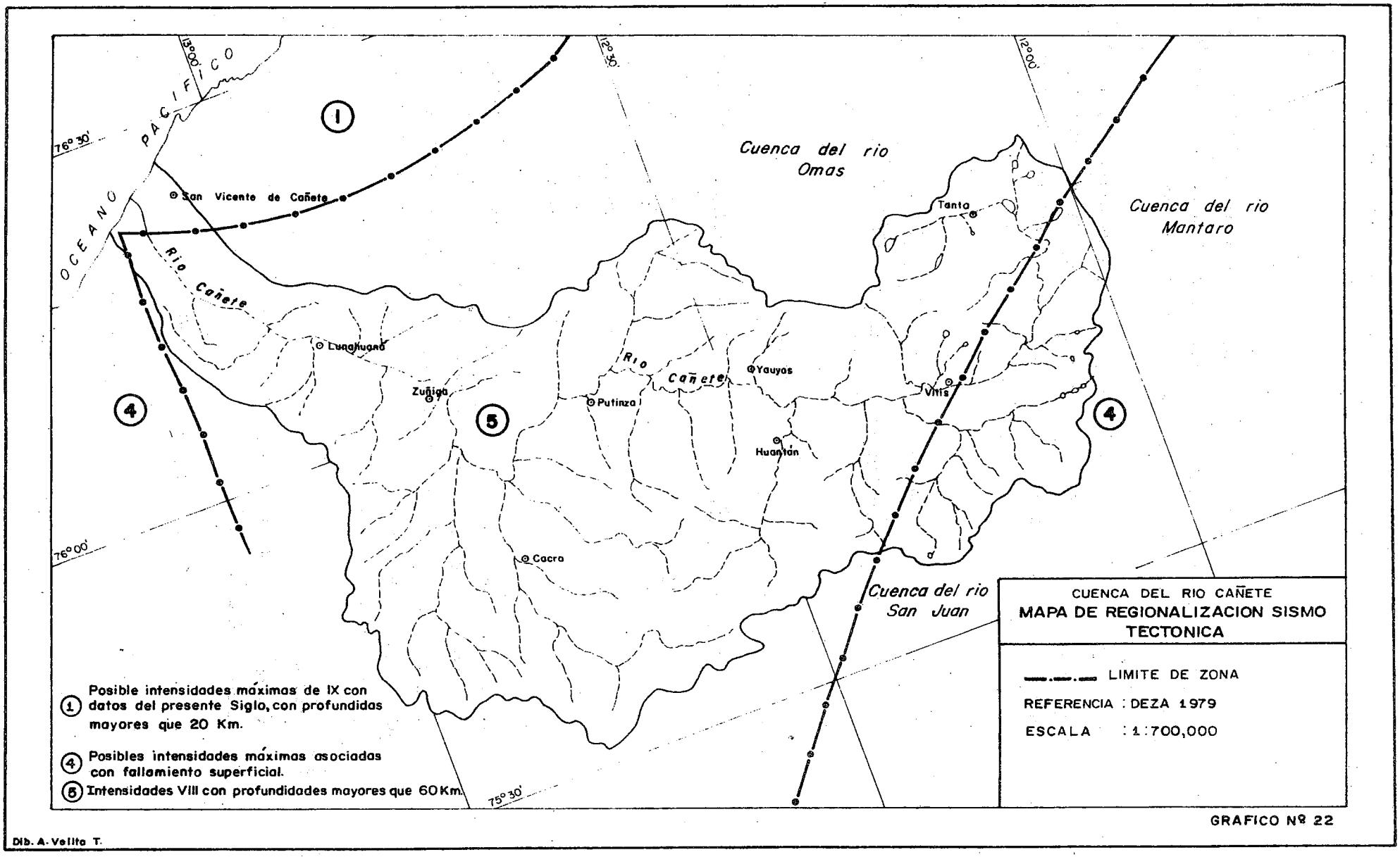


GRAFICO Nº 22

Dib. A. Vellta T.

Los valores de la aceleración calculados por Berrocal (1976), para el área de Lima, pueden ser usados especialmente para la zona del cono de deyección del río Cañete, que tiene características casi similares con la zona de Lima.

Berrocal (1976), presenta una relación entre intensidades MM y aceleraciones máximas, las que fueron registradas en una de los componentes horizontales con periodos de 0.1 y 0.2 seg. La aceleración máxima sólo fue observada en el sismo del 17-10-1966.

RELACION DE INTENSIDADES CON LAS ACELERACIONES MAXIMAS REGISTRADAS EN LIMA.

SISMO 17-10-66

INTENSIDAD MM	ACELERACION MAXIMA CM/seg.
III	4.0
IV	8.0
V	25.0
VI	140.0
VII	460.0

Como se podrá observar, las aceleraciones calculadas por Berrocal y Donovan discrepan; como por ejemplo, para una intensidad de VI Donovan le asigna una aceleración de 69.8 cm/seg^2, mientras que Berrocal calcula 140 cm/seg^2; sinembargo, podría existir condiciones del suelo de Lima que amplifiquen las aceleraciones.

8.9 FRECUENCIA SISMICA

La frecuencia sísmica puede calcularse usando la fórmula ideada por Gutemberg y Richter (1954).

$$\text{Log } N\ (M) = a \pm bM \quad (1)$$

Donde :

N (M) = N° de sismos de una magnitud M mayor por unidad de tiempo.

a y b = constantes

M = Magnitud del sismo.

Se presenta la frecuencia sísmica para la zona 5 del Gráfico 22, en el período 1900 a 1974, para sismos de magnitud $M \geq 6$ mb, y se tiene la siguiente ecuación :

$$\text{Log. N (M)} = 5.796 - 1.122\ M$$

Se presenta la frecuencia sísmica en el Gráfico N°23.

8.10 PERIODO DE RETORNO

La probabilidad de que suceda, cuando menos, un terremoto de magnitud M, en un período determinado de años, se puede calcular con la fórmula : (Gráfico 24).

$$r = 1/N \text{ años.}$$

N = frecuencia anual para sismos de determinada magnitud

$$\text{Log. N} = 5.796 - 1.122\ M$$

MAGNITUD	N	PERIODO DE RETORNO
5.0	1.53	0.65
5.5	0.42	2.37
6.0	0.11	25.80
6.5	0.03	59.00
6.8	0.01	68.17

8.11 RIESGO SISMICO

Los valores del riesgo sísmico para la cuenca, empleando la fórmula de la "Ley de distribución de Poisson", son :

$$P\ (M) = 1 - e^{-NT}$$

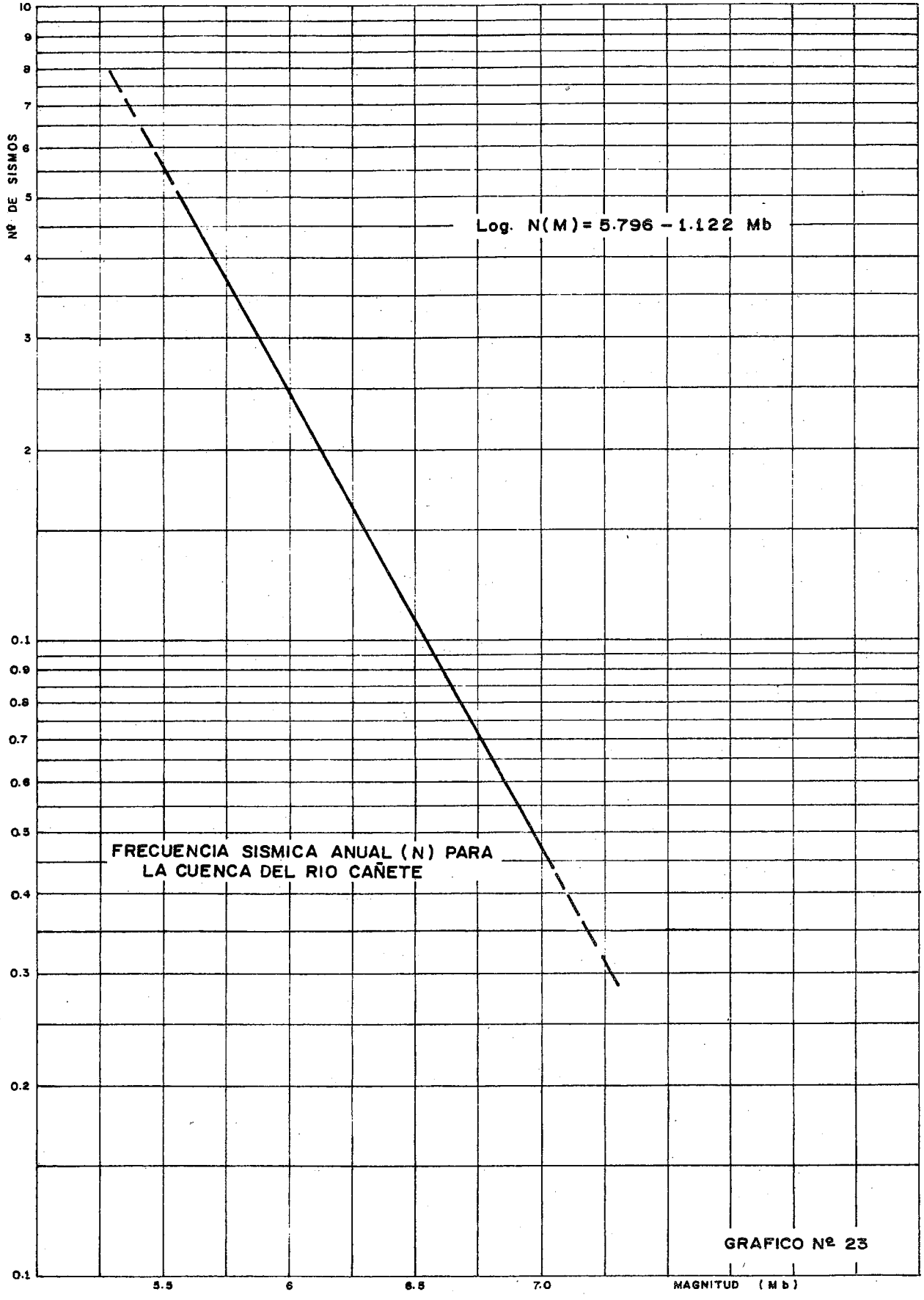


GRAFICO Nº 23

Dib. A. Velito T.

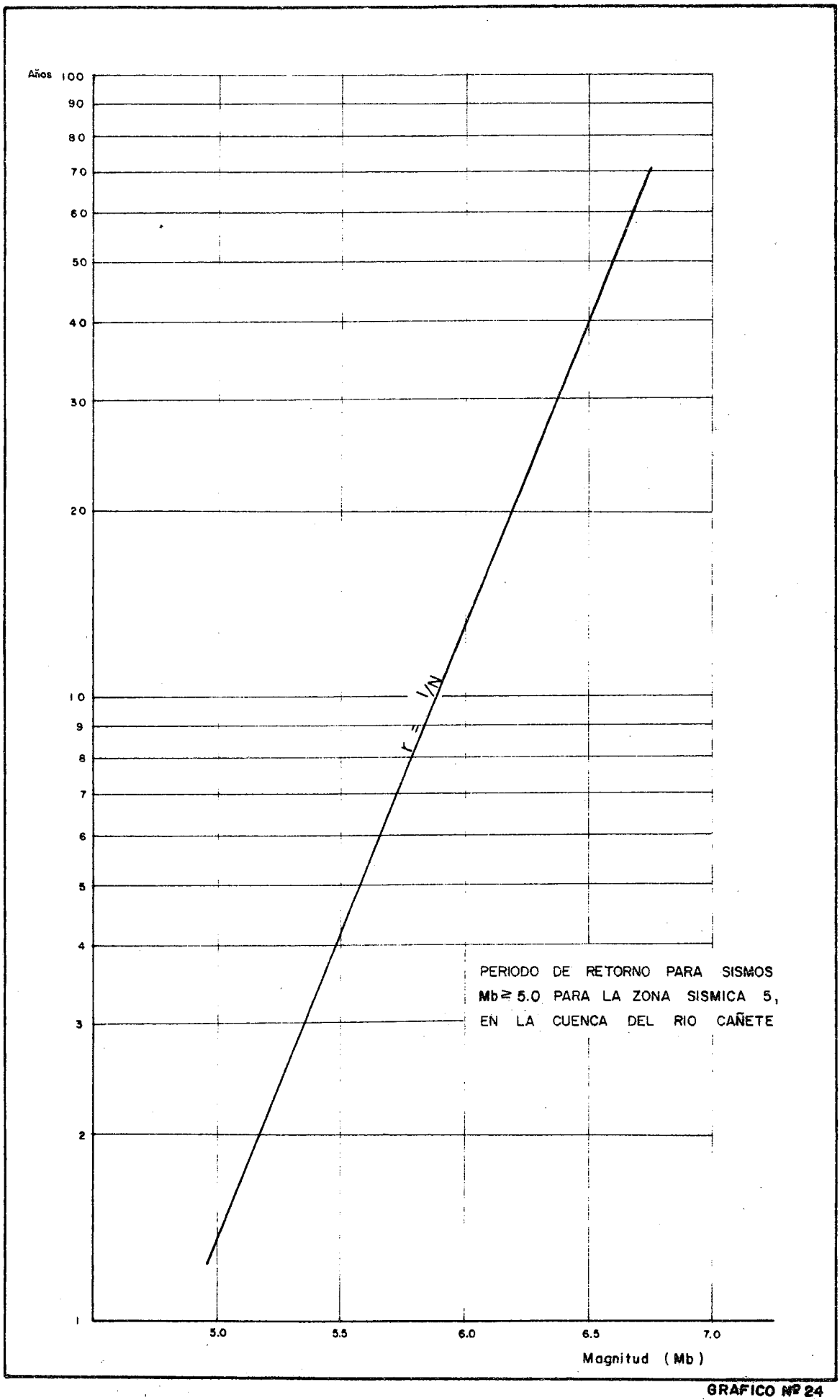


GRAFICO Nº 24

P (M) = Probabilidad de que ocurra una magnitud dada.
N = Frecuencia anual
T = Tiempo considerado

De donde tenemos :

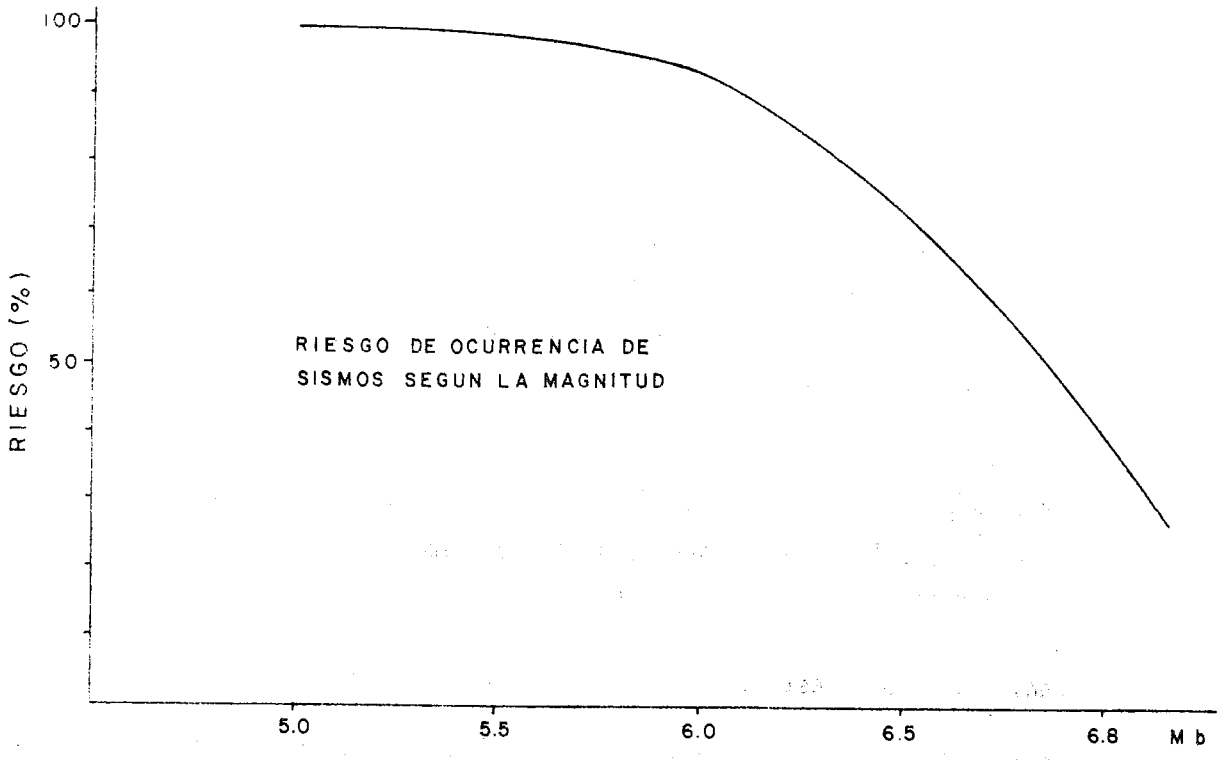
Mb	Años	Riesgo
5.0	20	100%
	50	100%
	100	100%
5.5	20	99%
	50	100%
	100	100%
6.0	20	88%
	50	99%
	100	99.9%
6.5	20	45%
	50	77%
	100	95%
6.8	20	18%
	50	39%
	100	63%

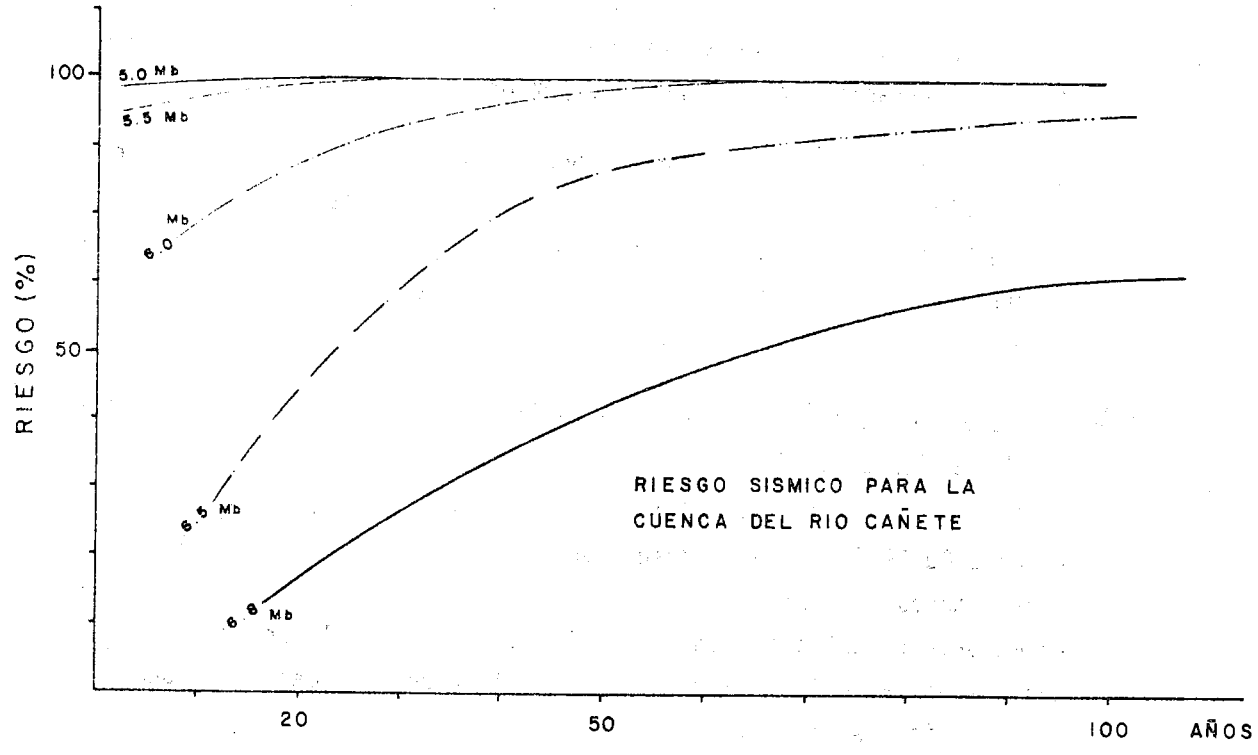
Las curvas, se presentan en Gráfico 25.

8.12 COMPORTAMIENTO DE LAS UNIDADES LITOLOGICAS ANTE LOS MOVIMIENTOS SISMICOS

En la cuenca del río Cañete se tiene 5 unidades litológicas :

UNIDAD I : Conformada por los depósitos cuaternarios, distribuidos con mayor potencia en la parte baja de la cuenca. Los principales centros poblados de la cuenca como : San Vicente, Imperial, Nuevo Imperial, San Luis, Lunahuana, Pacaran, etc., están asentados sobre esta -





Dib. A. Velito T.

GRAFICO Nº25

unidad.

En las áreas cercanas al litoral, pueden producirse problemas de licuefacción de arenas. Las intensidades aquí podrían ser superior en uno- a dos grados que otras unidades circundantes.
La concordancia entre la vibración de esta unidad y la vibración de - la roca de basamento, depende del mayor o menor grado de cohesión, compactación y las condiciones de contacto.
En el caso de los depósitos cuaternarios sobre rocas estratificadas - (Zona Este del Valle de Cañete),se tiene sísmicamente, una zona muy - desfavorable y su comportamiento variará según el tamaño y grado de cohesión de sus granos, de la inclinación de las rocas sobre las que yacen, así como la estratificación y el fallamiento.

UNIDAD II III y IV : Estas unidades litológicas conformadas por rocas volcánicas, volcánicas sedimentarias y sedimentarias, tienen un mejor comportamiento que las de la Unidad I, dependiendo principalmente- de las características físicas y mecánicas de su estructura, pudiendo- comportarse, como rocas igneas o como suelos residuales; esperándose - variar hasta dos grados, comparadas con las rocas igneas vecinas. Estas unidades las tenemos aisladamente en la parte media de la cuenca- y casi integramente en la parte superior.

UNIDAD V : Esta unidad está compuesta por rocas plutónicas, donde - los desplazamientos predominantes son los verticales; los horizontales son menores y el efecto sísmico, aún en construcciones deficientes, no- es destructivo (Batolito Costero). Esta unidad se presenta en la parte media de la cuenca y residualmente en la parte alta.

8.13 CORRELACION ENTRE LAS CONDICIONES GEOLOGICAS ESTRUCTURALES Y LA SISMICIDAD INSTRUMENTAL

En la cuenca del Río Cañete se han localizado 2 sismos durante el pe - riodo 1900-1974, encontrándose además de estos 2 epicentros, 5 epicentros a menos de 6 Km. de la cuenca baja y en el mar frente al litoral. La mayoría de estos epicentros se localizan cerca al contacto entre rocas intrusivas del terciario con los volcánicos sedimentarios del cretáceo medio a superior.

Sector C° Concon : Se ha detectado un sismo de magnitud 6.75 mb y una profundidad de 455 Km., en la zona de contacto entre los intrusivos del terciario y los volcánico sedimentarios de la Formación Quilmaná (Ks) y con fallas de dirección NE-SW.

Sector C° Puyhuanpite : Se ha localizado un sismo de magnitud 6.0 mb y con una profundidad entre 34 a 70 Km., cercano al contacto entre las rocas intrusivas y las volcánico sedimentarias.

Sector Qda. Concon : Se han localizado 3 epicentros cuya magnitud va de 4.0 a 4.5 mb y a una profundidad que varía entre 71 a 600 Km. También localizados cerca del contacto entre las rocas intrusivas del terciario y las rocas volcánicos sedimentarios del cretaceo medio a superior.

8.14 INFLUENCIA DE LA SISMICIDAD EN CENTROS POBLADOS Y OBRAS DE INGENIERIA

Según las intensidades que puedan obtenerse en la cuenca (VII-VIII-IX-MM), las poblaciones que se encuentran sobre material cuaternario, dependiendo de las características del mismo (localmente), sufrirán mayor daño, en especial el área de la cuenca baja o valle del río Cañete : San Luis, San Vicente, Imperial, Nuevo Imperial, Lunahuana; así como también los poblados de Yauyos, Laraos, Pacaran, Zuñiga, Putinza, etc.

Otro de los problemas que pueden ocurrir en la cuenca es el desprendimiento de rocas, que comprometeran las carreteras y algunos centros poblados y sembríos. Estos problemas pueden ocurrir : en el sector de la Qda. Escalon y la Hda. Lucumo; aguas arriba de Catapalla (3 Km.); sector entre la Qda. Canizal y Qda. Chocos en la carretera a Huangascar; sector Huanogrande, carretera a Cacra; a 5 Km. aguas arriba de Calachota; entre la Qda. Tormaina y el río Laraos; en el sector del cañón de Olan. (Ver Plano Geomorfológico-Geodinámico).
Puede también haber reactivación de los deslizamientos en las zonas de Cusi, Carhuay, Putinza, etc.
La presa de mampostería de la laguna de Llongote, también puede ser afectada.

9.0 RESUMEN DE LA EVALUACION GEODINAMICA Y SEGURIDAD FISICA DE LOS CENTROS POBLADOS DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE.

9.1 CENTROS POBLADOS :

9.1.1 SAN VICENTE

Localización : Prov. de Cañete, Dist. de San Vicente de Cañete, a 31 m.s.n.m. márgen derecha del río Cañete.

Basamento : Indeterminado, pudiendo estar formado por areniscas calcáreas y lutitas (IV A_1) ó por rocas intrusivas (V).

Terreno de fundación : Aluvial y fluvio aluvial, compuesta por gravas, arenas y limos arcillosos; potencia variable y desconocida (I al).

Proceso Geodinámico :

Riesgo : Posibles daños en las construcciones por efectos de un sismo de regular intensidad.

Recomendaciones : Estudios de microzonificación sísmica.

9.1.2 IMPERIAL

Localización : Dist. de Imperial, Prov. de Cañete a 81 m.s.n.m. margen derecha del río Cañete.

Basamento : Indeterminado, areniscas calcáreas y lutitas (IV A_1) ó calizas intercaladas con lutitas (IV C1).

Terreno de fundación : Aluvial-fluvio aluvial. Gravas, arenas-arcillas y limos; potencia desconocida.

Proceso Geodinámico

Riesgo : Posibles daños por efectos sísmicos.

Recomendaciones : Estudios de los efectos de los sismos sobre las construcciones.

9.1.3 NUEVO IMPERIAL

Localización : Dist. Nuevo Imperial, Prov. de Cañete, a

132 m.s.n.m. margen derecha del río Cañete.

- Basamento : Calizas intercaladas con lutitas (IV C_1)
- Terreno de Fundación : aluvial (I al)
- Proceso Geodinámico :
- Riesgo : Posibles daños por efectos sísmicos.
- Recomendaciones : Microzonificación sísmica, estudio geotécnico de ordenación territorial y urbana.

9.1.4 LANGLA

- Localización : Dist. de Lunahuana, Prov. de Cañete, a 420 m.s.n.m. márgen izquierda del río Cañete.
- Basamento : Intrusivo, tonalita, granodiorita (V).
- Terreno de Fundación : Aluvial-fluvio-aluvial (I al-Ifl) mezcla irregular de materiales : bolos, gravas, arenas con matriz areno-arcilloso, limoso.
- Proceso Geodinámico : Inundaciones y erosiones, producto de la acción de las aguas del río Cañete.
- Riesgo : En épocas de fuertes precipitaciones y crecidas del río Cañete, se activarán estos fenómenos.
- Recomendaciones : Estudiar un plan efectivo de defensas en los sectores cercanos al río.

9.1.5 LUNAHUANA

- Localización : Dist. Lunahuana, Prov. Cañete, a 479 m.s.n.m. márgen izquierda del río Cañete.
- Basamento : Intrusivo (V) tonalita/granodiorita.
- Terreno de fundación : Aluvial (Ial).
- Proceso Geodinamico : Inundaciones y erosiones en las zonas aledañas al río Cañete.
- Riesgo : Durante las crecidas el río Cañete produce inundaciones y erosiones, afectan-

do los terrenos de cultivo.

Recomendaciones : Defensas ribereñas con muros de contención. Estudios de incidencia de la sismicidad.

9.1.6 ROMANI

Localización : Dist. Pacaran, Prov. Cañete, a 650 m.s.n.m. en la márgen izquierda del río Cañete.

Basamento : Volcánico-sedimentario; andesitas intercaladas con lutitas y areniscas, pequeñas capas de caliza y lutitas, pizarrosas (III_B).

Terreno de Fundación : Fluvio-aluvial (Ifl-Ial), gravas, arenas arcillas, mal clasificadas.

Proceso Geodinámico : Inundaciones y erosiones que afectan al pueblo y tierras de cultivo.

Riesgo : En épocas de avenidas se pueden producir inundaciones que afectarán las zonas adyacentes al río.

Recomendaciones : Defensas ribereñas y muros de contención.

9.1.7 PACARAN

Localización : Prov. Cañete, Dist. Pacaran, a 700 m.s.n.m., márgen izquierda del río Cañete.

Basamento : Volcánico-Sedimentario (III_B), andesitas, intercaladas con lutitas y areniscas, pequeñas capas de caliza.

Terreno de Fundación : Coluvio-aluvial (ICOL-Ial) granulometría variada, gravas, arenas, arcillas y conglomerados.

Proceso Geodinámico : Erosiones e inundaciones en las áreas cercanas al río Cañete, podrían afectar el puente sobre el río.

Riesgo : En épocas de fuertes avenidas la acción dinámica del río (erosiones e inundaciones) puede afectar en cierto grado las-

áreas contiguas al río.

Recomendaciones : Defensas ribereñas, estudios de incidencia sísmica en las construcciones.

9.1.8 ZUÑIGA

Localización : Dist. de Zuñiga, Prov. de Cañete, a 802 m.s.n.m. márgen derecha del río Cañete.

Basamento : Volcánico-Sedimentario (III_B) andesitas intercaladas con lutitas y areniscas.

Terreno de fundación : Coluvial-aluvial (Icol, Ial), material heterógeneo de granulometría variada.

Proceso Geodinámico : Huaycos (Qda. Picamaran) Inundaciones y erosión de ribera en las partes bajas de Zuñiga.

Riesgo : En épocas de fuertes precipitaciones se pueden producir huaycos, inundaciones y erosiones, que afectarían a las tierras de cultivo.

Recomendaciones : Estudios para recomendar las defensas más apropiadas , así como también estudios de la incidencia sísmica en el poblado.

9.1.9 LLANGAS RINCONADA - SAN MIGUEL

Localización : Dist. Zuñiga, Prov. Cañete, a 1,000 m.s.n.m. situado ambos pueblos en la margen derecha del río Cañete y en la desembocadura de la Qda. Huatana - Totora.

Basamento : Intrusivo (V). Tonalita, granodiorita, granito.

Terreno de fundación : Coluvio-aluvial (Icol-Ial), material heterogéneo de granulometría variada.

Proceso Geodinámico : Huaycos, inundaciones y erosiones, estos últimos afectan los terrenos de cultivo.

Riesgo : Las fuertes precipitaciones producen huaycos que vienen desde la quebrada Totora.

Recomendaciones : Estudios locales de Geodinámica Externa evaluación de los fenómenos para reco - mendar las acciones necesarias, refores tación como medios preventivos.

9.1.10 HUANGASCAR

Localización : Dist. Huangascar, Prov. Yauyos, a 2,535- m.s.n.m., en la margen izquierda del - río Huangascar.

Basamento : Volcánico (II): andesitas, riodacitas,- dacitas.

Terreno de Fundación : Coluvial, con clastos angulosos a sub - angulosos heterogéneos y heterométricos (Icol).

Proceso Geodinámico : Deslizamientos y erosiones en áreas ale dañas. Pueblo relativamente estable.

Riesgo : Intensificación de los procesos ya men- cionados.

Recomendaciones : Estudios locales de geodinámica externa (principalmente) en la zona de Carhuay. Reforestación.

9.1.11 CHOCOS

Localización : Dist. Chocos, Prov. Yauyos a 2,749 m.s. n.m. margen derecha del río Chocos.

Basamento : Intrusivo (V) granitos.

Terreno de Fundación : Fluvio-glaciar (Ig-rg), gravas arenas y limos, con clastos subredondeados.

Proceso Geodinámico : A 400 metros del pueblo, aguas abajo, - se localiza un área con problemas de i- nestabilidad en el talud.

Riesgo : El riego indiscriminado puede ocasionar la reactivación del fenómeno.

Recomendaciones : Sistema de riego, reforestación.

9.1.12 MADEAN

Localización : Dist. Madean, Prov. Yauyos, a 3,300 m. s.n.m., margen izquierda del río Madean.

Basamento : Volcánico (II), andesitas, riodacitas.

Terreno de fundación: Fluvio-glacial-coluvial (Ig-fl-Icol).

Proceso Geodinámico : Relativamente estable.

9.1.13 VIÑAC

Localización : Dist. Viñac, Prov. Yauyos, a 3,315 m.s.n.m. márgen izquierda del río Madean.

Basamento : Volcánico (II andesitas, riodacitas).

Terreno de fundación: Fluvio-glaciar-coluvial (Ig-fl-Icol).- Depósitos transportados, de granulometría variada, con bloques, gravas y arenas, en algunas zonas cementadas con material areno arcilloso.

Proceso Geodinámico : Relativamente estable.

9.1.14 CATAHUASI

Localización : Dist. Tupe, Prov. Yauyos a 1,179 m.s.n.m. margen izquierda del río Cañete.

Basamento : Intrusivo (V)

Terreno de Fundación: Aluvial, fluvio aluvial (Ial-I 1). Gravas, arenas, limos, arcillas.

Proceso Geodinámico : Fenómenos de erosión e inundación, - huaycos.

Riesgo : En épocas de crecidas se acentúa la - erosión fluvial, las inundaciones y - los huaycos (Qda. Yupe) que comprometen los terrenos de cultivos y el puente - sobre la Qda. Tupe.

Proceso Geodinámico : Estudios específicos de geodinámica externa y reforzar convenientemente los- estribos del puente sobre la Qda. Tupe.

9.1.15 CANCHAN

Localización	:	Dist. Tupe, Prov. Yauyos a 1,500 m.s.n.m. margen derecha del río Cañete.
Basamento	:	Intrusivo (V) Tonalita - granodiorita.
Terreno de fundación	:	Aluvial-fluvio aluvial (Ial-I), mezcla irregular de materiales, como bolos, gravas, arenas, etc.
Proceso Geodinámico	:	Inestabilidad de taludes, (desprendimiento de rocas); huaycos, Qda. Riachuelo.
Riesgo	:	Huaycos en épocas de avenidas, interrumpen la carretera y destruyen los terrenos de cultivo. De producirse fuertes movimientos sísmicos y/o lluvias, traería consigo caídas de material inestable.
Recomendaciones	:	Estudio local de Geodinámica Externa y estabilidad de taludes. Reforestación.

9.1.16 PUTINZA

Localización	:	Dist. Putinza, Prov. Yauyos a 1,977 m.s.n.m., margen derecha de la Qda. Huallacha.
Basamento	:	Intrusivo (V) granodiorita - Tonalita.
Terreno de fundación	:	Coluvio-aluvial (Icol-Ial).
Proceso Geodinámico	:	Grandes zonas de badlands al pie del talud.
Riesgo	:	Las fuertes precipitaciones pueden activar los badlands (tierras malas) y producir derrumbes.
Recomendaciones	:	Empleo de un buen sistema de riego, reforestar los taludes.

9.1.17 CALACHOTA

Localización : Dist. Ayauca, Prov. Yauyos, a 1,700 m.s. n.m., margen derecha del río Cañete.

Basamento : Intrusivo (V), granito, adamelita.

Terreno de fundación: Fluvial - aluvial (Igl-Ial).

Proceso Geodinámico : Erosión fluvial y huaycos por la Qda. - Aucampi.

Riesgo : En época de avenidas y fuertes precipitaciones este centro poblado, así como la carretera, pueden verse fuertemente - comprometidos.

Recomendaciones : Estudio local de geodinámica externa. - Posible reubicación.

9.1.18 PUENTE AUCO

Localización : Dist. Colonia, Prov. Yauyos, a 1,950 m.s.n.m. margen derecha del río Cañete.

Basamento : Intrusivo V, granito, adamelita.

Terreno de fundación: Fluvial (Ifl).

Proceso Geodinamico : Huaycos y erosión fluvial.

Riesgo : En la quebrada Pampas, en época de fuertes precipitaciones, pueden producirse huaycos que afecten en su totalidad el poblado en mención.

Recomendaciones : Reubicación.

9.1.19 CUSI-URCA

Localización : Dist. Colonia, Prov. Yauyos, a 2,535 m.s n.m. margen izquierda de la Qda. Chaquicocha (CUSI).

Basamento : Volcánico (II) andesitas, riodacitas y-dacitas.

Terreno de fundación: Coluvial (Icol).

Proceso Geodinámico : Deslizamientos e inestabilidad de taludes.

Riesgo : Las fuertes precipitaciones y los movimientos sísmicos pueden producir el desplome de las masas deslizables.

Recomendaciones : Estudios locales de Geodinámica Externa

9.1.20 YAUYOS

Localización : Dist. Yauyos, Prov. Yauyos, a 2,887 m.s n.m. situado en la Qda. del río Yauyos.

Basamento : Sedimentario (IV_A) areniscas, cuarcitas intercaladas con lutitas.

Terreno de fundación : Coluvial-fluvio-glaciar (Icol-Ig-fg).

Proceso Geodinámico : Deslizamientos de tierras en la márgen del río Yauyos, cerca a Coto; inestabilidad de taludes por causa del mal uso del agua de regadío.

Riesgo : Yauyos podría verse comprometida, en caso de un desborde ó ruptura del dique de la laguna de Llongote.

Recomendaciones : Estudios locales de Geodinámica Externa en los alrededores de Yauyos, así como en la laguna de Llongote.

9.1.21 LARAOS

Localización : Dist. Laraos, Prov. Yauyos, a 3,563 m.s n.m. situado en el río Laraos.

Basamento : Sedimentario (IV_C^2) calizas y areniscas.

Terreno de fundación : Coluvial (Icol).

Proceso Geodinámico : Laraos está situado sobre un antiguo deslizamiento.

Riesgo : Las filtraciones de la laguna que se forma en épocas de fuertes precipitaciones, aguas arriba de Laraos, pueden producir ciertos problemas. Las ondas sísmicas pueden ser amplificadas en el área de Laraos.

Recomendaciones : Estudios locales de geodinámica externa.

9.1.22 MIRAFLORES

Localización : Dist. Miraflores, Prov. Yauyos, a 3660 m.s.n.m., situado en la confluencia de las quebradas Palco y Miraflores.

Basamento : Sedimentario (IV_A) areniscas, cuarcitas y lutitas.

Terreno de fundación : Coluvial-fluvio glaciar (Icol-Ig-fg).

Proceso Geodinámico : Desprendimientos de rocas en el cerro Malpapata, huaycos de la quebrada Miraflores.

Riesgo : Las crecidas del río ocasionadas por las fuertes precipitaciones podrían provocar daños en las áreas contiguas a la quebrada.

Recomendaciones : Estudios para recomendar las defensas más adecuadas.

9.1.23 ALIS

Localización : Dist. Alis, Prov. Yauyos, a 3,300 m.s.n.m., margen derecha del río Alis.

Basamento : Sedimentario (IV_C^2) calizas y arenis - cas.

Terreno de fundación : Aluvial (I al).

Proceso Geodinámico : Desprendimientos de rocas en las partes altas del pueblo. Las crecidas del río afectan directamente las áreas cercanas al río.

Riesgo : Las crecidas del río pueden inundar ó erosionar terrenos de cultivo y casas.

Recomendaciones : Desquinche de rocas sueltas y programar defensas en la ribera del río.

9.1.24 TOMAS

Localización	: Dist. Tomás, Prov. Yauyos, a 3,542 m.s.n.m., situado en la confluencia de los ríos Siria y Sinhua.
Basamento	: Sedimentario (IV_C); calizas.
Terreno de Fundación	: Fluvio-glaciar (Ig - fg).
Proceso Geodinamico	: Derrumbes en el Morro Ayacoto, ubicado en el C° Tumshumpalla. Inestabilidad de taludes. Erosión fluvial, inundaciones.
Riesgo	: Estos fenómenos se ven acrecentados en las épocas de fuertes precipitaciones afectando principalmente el área urbana de Tomas (Zona Sur).
Recomendaciones	: Según el Informe del Ing. Guillermo Pérez V. Mayo 1972, se hace imperativo reubicar Tomas, en las zonas de Siria ó Sinhua grande.

9.2 LAGUNAS

La mayor parte de las lagunas de la cuenca se alimentan de las precipitaciones y deshielos de los nevados existentes en la cuenca. En estas lagunas, en la actualidad no se han realizado obras de regulación; estando algunas represadas rústicamente con fines agrícolas.
Las lagunas más importantes, por su extensión y volúmen almacenado, son: Ticllacocha, Piscococha (la de mayor extensión), Chuspicocha, Paucarcocha, Pilicocha y Mullococha; todas sobre los 4,000 m.s.n.m.
Actualmente por sus condiciones topográficas y morfológicas, así como la lejanía con respecto a los centros poblados, las lagunas de la cuenca alta son relativamente estables y poco peligrosas.

9.2.1 LAGUNA DE TICLLACOCHA

En esta laguna nace el río Cañete, situada a 4,429 m.s.n.m., tiene forma alargada de rumbo NS, con una flexura al SE. Tiene una longitud de 4 Km. y un ancho promedio de 350 metros. En su parte

posterior, separada por una morrena frontal suave, hay otra laguna de 800 metros de largo con 300 metros de ancho; estando el frente-glaciar del nevado Ticlla a 1,5 Km. aproximadamente. A 1 Km. de - la segunda laguna, al pie del Nevado Huaynacutuni y a 4,850 m.s.n. m.,se encuentra una laguna de 700 metros x 200 metros, cuya estabi lidad es dudosa por estar pegada al frente glaciar del citado neva do. La laguna de Ticllacocha está rodeada por rocas volcánicas de naturaleza andesítica y riodacítica, represada por una morrena - frontal de pendientes suaves, de unos 12 metros.

9.2.2 LAGUNA DE PISCOCOCHA

Esta laguna es la más importante de la cuenca. Está situada al - Oeste del Nevado Umán, con un rumbo EW, de 5 Km. de longitud con - un ancho mínimo de 200 metros y con máximo de 800 m.
Esta laguna está rodeada de rocas volcánicas (andesitas) e intrusi vas (dioritas) en su parte posterior. Termina en una morrena de - poca pendiente. El glaciar del Nevado Umán está a 2 Km. de la la-guna.

9.2.3 LAGUNA DE CHUSPICOCHA

Se encuentra al pié de los Nevados de Pajarinpauca y Jutunpauca. - Tiene forma triangular,de 3 Km. de longitud,con un ancho máximo de 1 Km. Rodeada,por su lado occidental,por rocas andesíticas y su - parte oriental por rocas calcáreas y en su desembocadura por una morrena lateral con suave pendiente. Los frentes glaciares están-a 900 metros.

9.2.4 LAGUNA DE PAUCARCOCHA

Se encuentra al Norte de la laguna de Chaspicocha, dentro del mis mo valle glaciar del río Cañete a 4,230 m.s.n.m., de forma alarga-da, con 3.5 Km. de largo por 700 m. de ancho, rodeada de morrenas, tanto laterales como frontales y rocas calcáreas, y volcánicas co-mo basamento. Se alimenta directamente por las aguas del río Cañe te.

9.2.5 LAGUNA DE PILICOCHA

Situada al NO de la laguna de Pucarcocha de 3 Km. de longitud, con un promedio de 500 metros. Situado en los 4,395 m.s.n.m. está dividida en dos por una morrena frontal de pendiente suave y con basamento volcánico-sedimentario.

9.2.6 LAGUNA DE MULLOCOCHA

Esta laguna está situada al NE de la laguna de Paucarcocha a 4,300 m.s.n.m. de forma alargada con una longitud de 2 Km. y un ancho promedio de 500 metros, rodeada por rocas intrusivas (granodioritas) y represada por una morrena frontal de suave pendiente.

9.2.7 LAGUNA DE LLONGOTE

Está situada a 12 Km. de la localidad de Yauyos. Está ubicada en un antiguo circo glaciar, a 4,460 m.s.n.m. con 2 Km. de longitud y 370 metros de ancho promedio, con una profundidad inferida de 3 metros. El glaciar del Nevado Llongote se encuentra a 800 metros de la laguna.

La laguna está represada por una morrena frontal de suave pendiente y rodeada por rocas volcánicas (andesitas y riodacitas) y en el flanco oriental por rocas intrusivas (granitos). Esta laguna está represada con una estructura de mampostería de piedra con mortero de cemento. La presa tiene 140 metros de largo, 4.40 metros de ancho y su parte más alta es de 4.90 metros. El represamiento es con fines agrícolas. La presa presenta problemas en su estructura por fenómenos de filtración que puede traer consecuencias tanto en su estructura como aguas abajo (Yauyos). Fotos 21, 22, 23, 24.

9.2.8 OTRAS LAGUNAS

Se tienen también otras lagunas menores, que no presentan problemas en la actualidad y que pueden ser represadas para obras de irrigación. Estas lagunas son alimentadas principalmente por aguas de filtración y precipitación, ya que no tienen glaciares cercanos. Entre estas lagunas tenemos : Lagunas de Huallhua y Vilca; Carhuacocha (Totorococha), Parpatoche, Quiulacocha (Pacchapata) y Pachas, al NE de la cuenca forman el Río Tambillos; las lagunas de Yanahuanca y Pacococha, camino a la mina Satanaz, etc.

10.0 INTERPRETACION GEOTECNICA DE LOS TERRENOS

10.1 ASPECTOS GENERALES - METODOLOGIA

Estudiada la influencia de los factores litológicos-estructurales, geomorfológicos-geodinámicos e hidrológicos, así como también la sismicidad, tomando datos del IGP, es necesario considerar la evaluación constructiva de los terrenos generalizado a nivel de cuenca. Presentándose estas condiciones en forma cualitativa, indicando los tipos de problemas más importantes y los aspectos que han sido determinantes en su evaluación.

Se ha elaborado un mapa general (3-5) a la escala 1 : 100,000, que facilitará, dentro de las limitaciones que impone la escala, la visualización de las condiciones constructivas de los terrenos existentes según las siguientes definiciones :

Favorables
Aceptables
Desfavorables
Muy Desfavorables.

10.2 PROBLEMAS INVESTIGADOS

Entre los problemas investigados en el campo tenemos :

10.2.1 Problemas de tipo Geomorfológico-Geodinámico

Pendientes naturales, zona de riesgo de deslizamientos, zona de riesgo de desprendimientos y derrumbes (inestabilidad de taludes), erosiones, carcavas, badlands.

10.2.2 Problemas de tipo hidrológico

Huaycos, inundaciones, desbordamientos, encharcamientos, bofedales, nivel freático superficial, colmatación, drenaje deficiente, erosión fluvial.

10.2.3 Problemas de tipo lito-estructural

Heterogeneidad litológica, depósitos incoherentes, alteraciones superficiales (Erosión física y mecánica), meteorización intensa, fracturaciones, diaclasamientos, fallamientos, tipos de suelo y basamento.

10.2.4 Problemas de tipo Geotécnico

Riesgo de encontrar acuíferos superficiales, consolidación, asentamientos diferenciales, contenido elevado de materia orgánica, condiciones morfoestructurales críticas, recubrimientos granulares, etc.

10.3 EVALUACION CONSTRUCTIVA DE LOS TERRENOS

10.3.1 Terrenos con condiciones constructivas favorables

Se incluyen en este acápite a los terrenos que se han considerado, en general, como favorables, tanto para asentamientos poblacionales, edificios, obras de ingeniería; terrenos muy aptos para la agricultura a gran escala. Puntualmente pueden surgir problemas hidrológicos y geotécnicos-litológico-estructurales.

Se han incluido en esta área, la amplia zona de la llanura costera, no observándose pendientes acusadas, solo ligeros escalonamientos. Los problemas que surgieran en esta área, estaran relacionados a las irregularidades litológicas, que darán zonas con características mecánicas muy diversos en cuanto a la capacidad de carga y magnitud de asientos.

El nivel acuífero aparece en ellos a diferentes profundidades, hallándose en varios lugares, superficialmente.

Las condiciones geomorfológicas seran favorables en toda la zona.

El comportamiento sísmico en esta zona es variable, de acuerdo a varios factores a evaluar.

10.3.2 Terrenos con condiciones constructivas aceptables

En esta denominación estan incluidos los terrenos que forman el valle del río Cañete, entre la mañgen derecha e izquierda del río y en muchos sectores de la altiplanicie. Los problemas que predominan se engloban dentro de las acepciones siguientes : En el valle : problemas geotécnicos-hidrológicos y litoestructurales, así como también problemas geomorfológicos-hidrológicos. Se incluyen terrenos asentados sobre rocas intrusivas y volcánico sedimentarios, con predominio de depósitos coluviales como consecuencia de la disgregación y/o fracturación de las rocas; muestran una topografía llana (terrazas aluviales) observándose fenó

menos de erosión fluvial, desbordamientos e inundaciones en las áreas cercanas al río.
La inestabilidad de los taludes está dada por desprendimientos de rocas en las laderas, sometidas a intensa erosión físico-mecánica.

En el Altiplano : Problemas Geotécnicos-hidrológicos-litoestructurales y Geotécnico-Geomorfológico. En esta zona el 70% de los terrenos están asentados sobre rocas volcánicas y volcánico-sedimentarias, predominando depósitos fluvio- glaciares y glaciares, con una topografía ondulada. En esta zona los problemas están relacionados a la morfología; se nota la aparición de pequeños deslizamientos. El drenaje se efectúa por percolación, la escorrentía superficial en algunas zonas es desfavorable. También hay problemas ligados a la heterogeneidad litológica y a la existencia del agua a poca profundidad (Bofedales), así como también al intenso meteorismo.

10.3.3 Terrenos con condiciones constructivas desfavorables

Están incluidos en esta zona los terrenos del área de inundación del río Cañete (Valle), estribaciones andinas y altiplano. Entre los problemas más importantes de esta zona, tenemos : la irregular composición litológica de las unidades IV_A-1 y IV_D, la presencia de arenas, que pueden variar tanto en sentido horizontal como el vertical, así como pueden aparecer asentamientos. Las zonas del cauce y las riberas del río Cañete y sus tributarios se consideran desfavorables, por la acción erosiva del río, así como desbordes e inundaciones como efecto de las crecidas del río en épocas de fuerte precipitación pluvial. Se incluyen también en esta zona los depósitos coluviales (heterogeneidad litológica), que favorecen a su inestabilidad.
Exceptuando a las áreas cercanas a los bordes del río, la topografía en esta zona es bastante pronunciada, apareciendo en el altiplano afloramientos de agua (bofedades, encharcamientos). El drenaje, tanto por percolación y escorrentía superficial y profunda, favorecen a los fenómenos de deslizamientos.

10.3.4 Terrenos con condiciones constructivas muy desfavorables

En estas áreas los problemas que predominan en grado máximo son los de tipo geomorfológico-geodinámico. Presentando rasgos morfológicos muy acusados, con pendientes elevadas,con taludes inestables, presentándose fenómenos de desprendimientos y deslizamientos. También la existencia de amplias zonas de fracturas y fallas, que afectan tanto a las rocas intrusivas como a las sedimentarias y volcánico sedimentarias.

En las laderas aparecen acumulaciones de rocas sueltas en disposición caótica, así como recubrimientos coluviales y proluviales de gran extensión que crean zonas de gran inestabilidad. El drenaje superficial está favorecido por las pendientes elevadas y creándose una marcada red de escorrentía.

En las zonas del altiplano y áreas glaciares (Nevados) la característica principal son las altas pendientes, presencia de hielos y nieve y condiciones climáticas desfavorables.

La mayoría de los problemas principales en la cuenca del río Cañete están alineados en esta zona; siendo la zona más problemática la situada entre San Miguel y el Cañon de Olan (entre Alis y Tomas).

11.0 INGENIERIA GEOLOGICA

Analizados los problemas geodinámicos que afectan la cuenca del río Cañete, tanto a nivel de cauce y de ladera, es necesario recomendar y establecer - ciertas actividades para trazar un plan de protección, con ciertas medidas- correctivas y/o preventivas, así como también plantear algunas alternativas de solución, teniendo en cuenta que el uso del agua en la cuenca, implica - aprovechamientos potenciales para fines agrícolas, hidroeléctricos, piscíco las y turísticas, entre otros.

11.1 PLAN DE TRATAMIENTO Y/O MEDIDAS CORRECTIVAS

Como una contribución a la planificación para la protección y/o construcción de obras de ingeniería, centros poblados, terrenos agrícolas, etc.; ante la ocurrencia de posibles fenómenos geodinámicos en la cuenca, se esbosa a continuación algunas medidas y proyectos para su discusión y análisis.

11.1.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCION

11.1.2.1 Control a nivel de cauce

La regulación del caudal está en relación directa con- la fuerte escorrentía durante la época de crecidas (de Enero a Marzo), que trae como consecuencia fenómenos - de inundación, erosión fluvial, huaycos, etc.

La influencia de la acción de la corriente de agua - que pasa por un cauce durante la época de crecidas, - causa a menudo la interrupción de la estabilidad de la pendiente. La corriente choca en el pie de la ladera- y gradualmente la socava. La orilla socavada tarde o- temprano se desploma, dependiendo esto de la cohesión- del suelo. De este modo, la erosión del agua destruye los lados del cauce y cambia su forma en el plano, sobre todo en los lugares donde esta atraviesa terrenos- con pendientes suaves (divagación del río en el valle); produciéndose a su vez inundaciones de las áreas adyacentes al río.

Los tramos del cauce en los cuales actúa la erosión la

teral se pueden proteger por estructuras longitudinales o bien - transversales (Gráfico 26); con el fin de concentrar y retener - el flujo de agua en un perfil dado, para su paso en el cauce, el que puede ser consolidado según las necesidades.

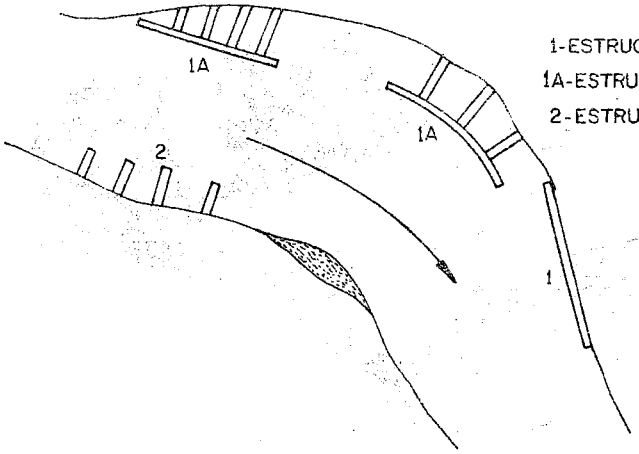
Estructuras Longitudinales : Son construcciones que protegen directamente la pendiente de la acción erosiva del río. Es- importante sobre todo, la protección del pie del talud, la cual- se debe llevar a cabo de modo que no se produzca su socavado. - La selección del tipo de construcción, varía de acuerdo al grado de amenaza a que la pendiente esté sometida y según el material- disponible en las cercanías de la obra. Según el material de construcción, estas estructuras pueden ser : de piedra, de madera, de fajinas, combinadas, provisionales, muros de contención - (Gráficos 26,27).

Entre las estructuras longitudinales también tenemos las llama - das estructuras paralelas, que son en su mayoría diques de per - fil trapecial, que son construidos formando una escollera cen - tral con grava y arena, la que se protege con otra escollera de- piedras (Gráficos 27-28).

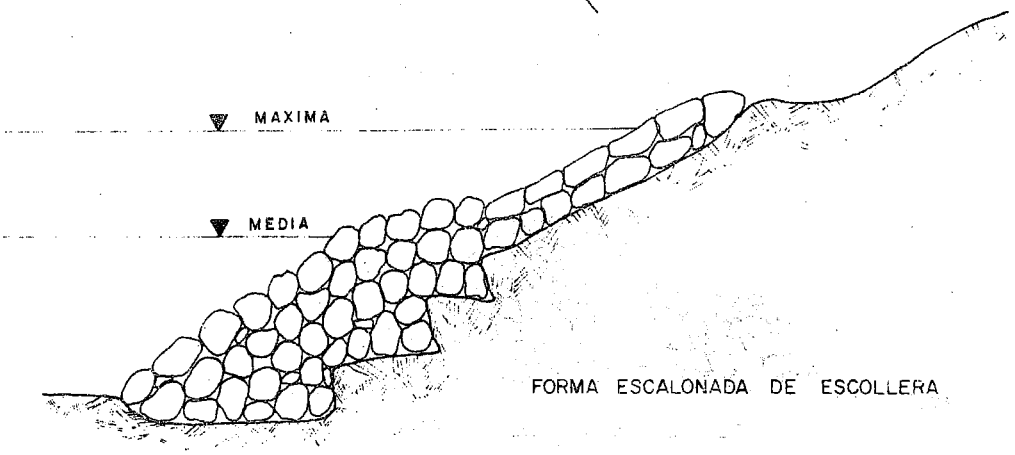
Estructuras Transversales : Estas construcciones se - llevan sobre la corriente fluvial. Su fin es desviar la co - rriente de la orilla y retener los acarreos (Gráficos 27-28). - Estas estructuras se combinan con las estructuras paralelas - (Fotos 12-21-22).

Es necesario mejorar ó construir defensas en el valle del - río Cañete, en los sectores : Toma Fortaleza, márgen dere - cha ; Toma La Pinta, márgen derecha ; Toma Nuevo Imperial,- márgen derecha ; Cuiva, márgen derecha ; Puente Clarita, - márgen derecha, Sta. Teresa ; Huanca, etc.

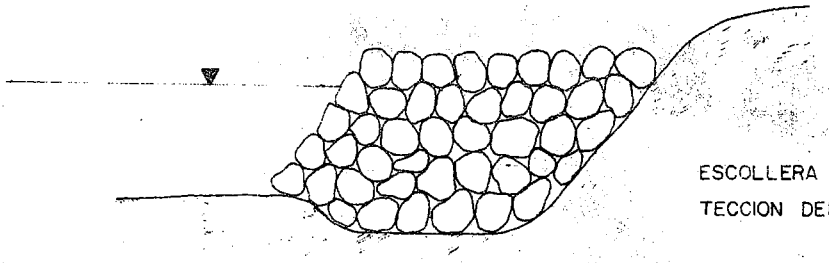
Para la cuenca del río Cañete se podría utilizar como comple - mento de lo anterior, las siguientes alternativas -



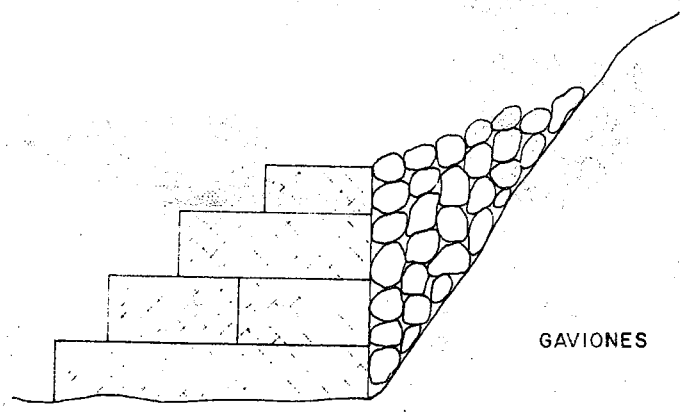
1-ESTRUCTURAS LONGITUDINALES
1A-ESTRUCTURAS PARALELAS
2-ESTRUCTURAS TRANSVERSALES



FORMA ESCALONADA DE ESCOLLERA

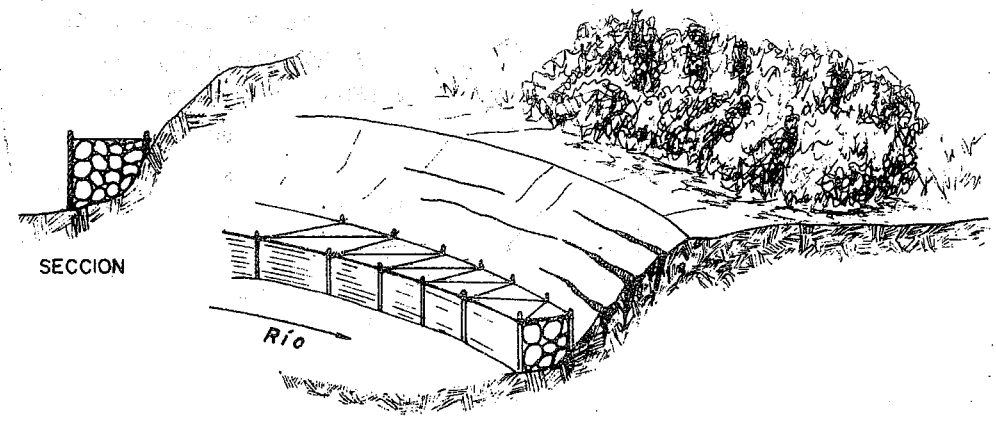


ESCOLLERA DE PIEDRA PARA PROTECCION DEL PIE DEL TALUD

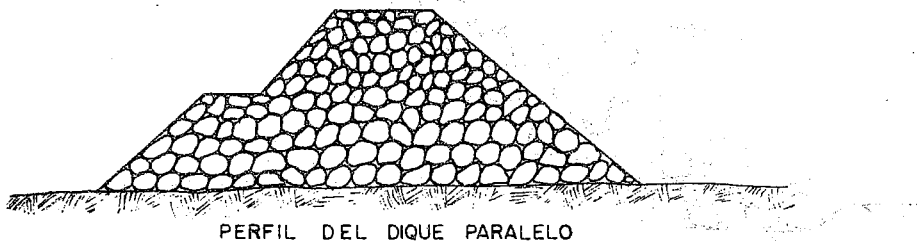


GAVIONES

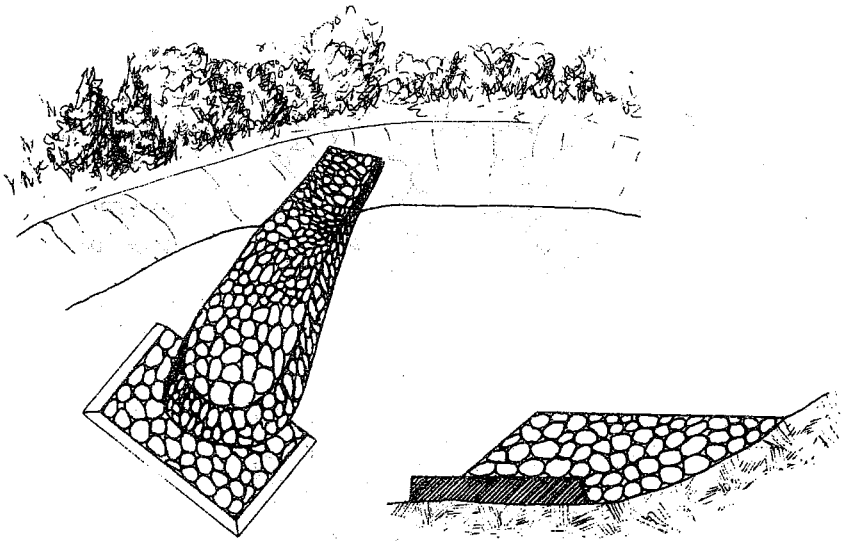
GRAFICO Nº 26



FAJINAS (Ramas y piedra)

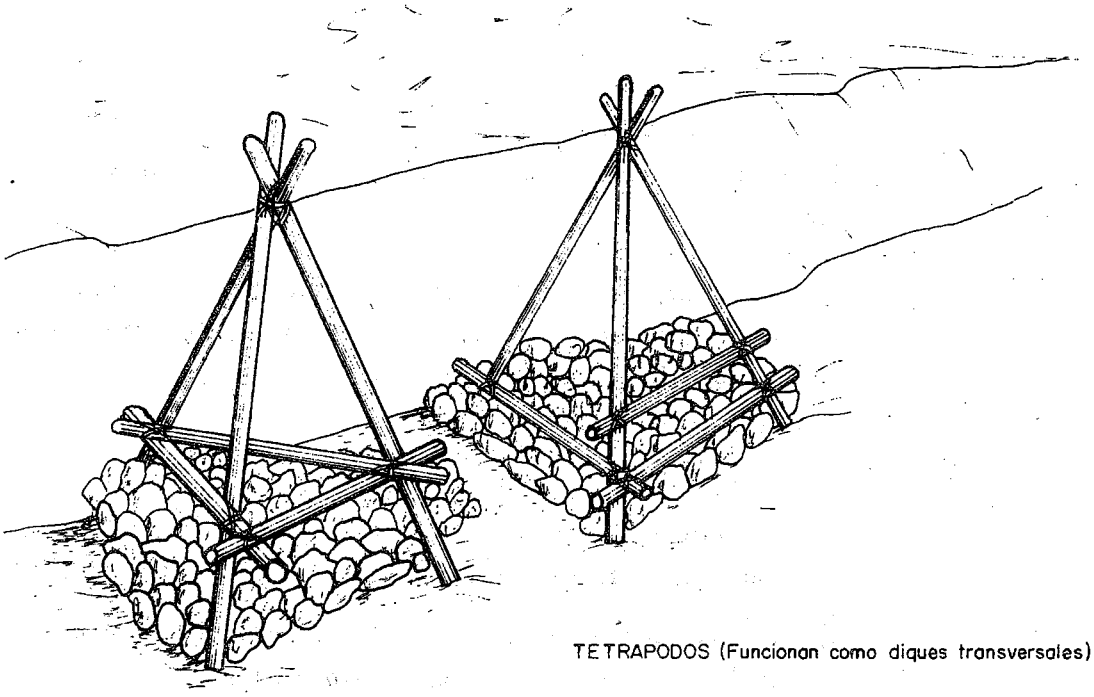


PERFIL DEL DIQUE PARALELO

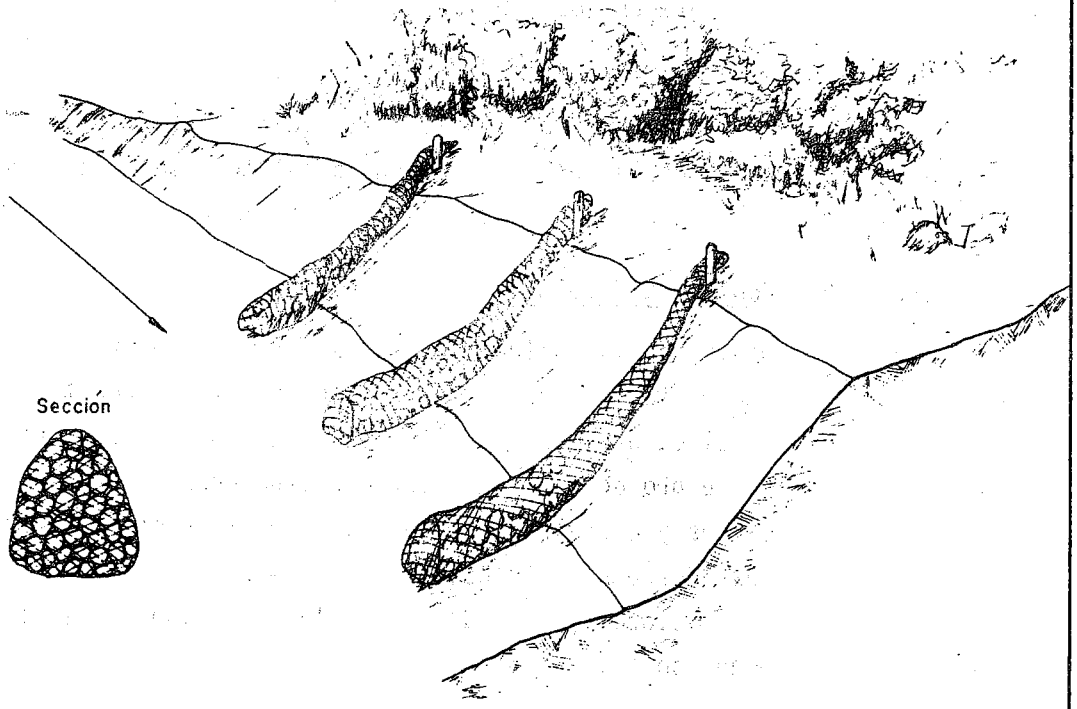


DIQUE TRANSVERSAL DE PIEDRA
(Enmallado)

GRAFICO Nº 27



TETRAPODOS (Funcionan como diques transversales)



GAVIONES CILINDRICOS ENMALLADOS
(Funcionan como estructuras transversales)

GRAFICO Nº 28

de solución :

Embalses Pequeños y Medianos : Ubicadas en las quebradas subsidiarias y/o afluentes. Estos son importantes - por :

a) Forman espacios acumulativos aunque mucho menores en- comparación con los embalses grandes de los ríos principales, pero el volúmen sumario es importante desde- el punto de vista hidrológico.

b) Representan una medida eficaz, para la protección de los afluentes o quebradas subsidiarias contra la erosión que en estas zonas suele ser muy pronunciada.

c) Su construcción es simple (piedras, tierra, madera, - etc.) y no necesita trabajos especiales.

d) Retiene en sus vasos los sedimentos y de este modo - protegen los embalses grandes en los ríos principales.

e) Son relativamente baratos.

Como primer caso,para la realización de este plan, recomendamos la quebrada Uña Huatana-Totora, para la construcción de estas presas. (Ver Mapa Geodinámico).

11.1.2.2 Control a Nivel de Ladera

Debido a la influencia de los factores de erosión, las- laderas o taludes, están sujetos a cambios constantes, - en el caso que sus pendientes no hayan sido convenientemente protegidas; suscitándose fenómenos de erosión por- surcos y cárcavas, inestabilidad de taludes (deslizamientos, derrumbes), erosión laminar etc.
Los factores principales para la formación de estos fenómenos son :

a) El escurrimiento superficial, que destruye, lava y - transporta la capa superior del suelo.
b) La desintegración natural, mecánica y química, bajo -

la influencia de los factores erosivos, que actúan directamente sobre las laderas. Así como también el intenso diaclasamiento y fracturamiento de las rocas.

c) El socavado realizado por la corriente fluvial al pie de las laderas.

d) La escasa vegetación natural y la eliminación indiscriminada de árboles y arbustos.

e) Actividades del hombre (mal uso del agua de regadío, rompimiento del talud natural, etc.).

El desarrollo de estos factores trae como consecuencia, no solamente la pérdida irrecuperable del suelo agrícola, sino también una amenaza seria a la estabilidad de los centros poblados, vías de comunicación y campos de cultivo.

Del análisis anterior surgen tres cuestiones fundamentales a resolver, con miras a la protección de las laderas contra los fenómenos ya mencionados :

a) Limitar el escurrimiento superficial que llega a las cárcavas.
b) Estabilizar las pendientes tanto de las cárcavas, como de las laderas inestables.
c) Proteger las pendientes de las corrientes de agua.

En la cuenca del río Cañete, por sus condiciones fisiográficas muy variadas, lo que trae como consecuencia que los procesos erosivos sean muy diferentes y en distintas etapas de desarrollo, es necesario utilizar diversos métodos de protección de suelos y laderas. Hay que tener en cuenta que la defensa del suelo y laderas tiene sus límites económicos y que el objeto de su aplicación es agrícola, de seguridad de centros poblados, etc., verdaderamente económicos. Por lo tanto para su aplicación en áreas definitivas se necesita realizar estudios más detallados a una escala adecuada.

A continuación daremos, a manera general, algunas consideraciones sobre las medidas correctivas a utilizar en la cuenca.

- Medidas correctivas en la infraestructura vial :

Carreteras.

- Desquinche y peinado de talud.
- Derivación del río y defensas para evitar el socavamiento al pie de la plataforma (Ver cap. 11.1.2.1.).
- Muros de contención.

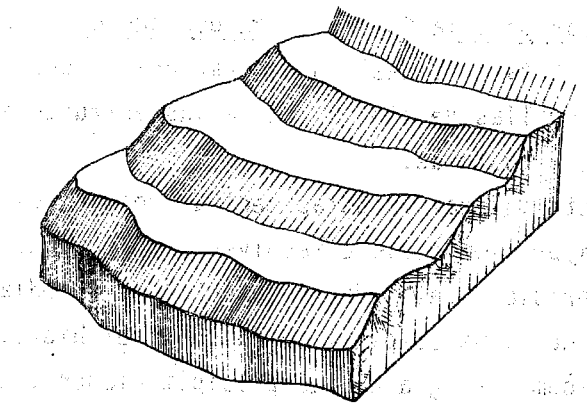
- Medidas de conservación de suelos (antierosivos) :

Funcionan de dos maneras : formando un obstáculo mecánico al escurrimiento superficial y mejorando la capacidad de infiltración y retención del suelo.

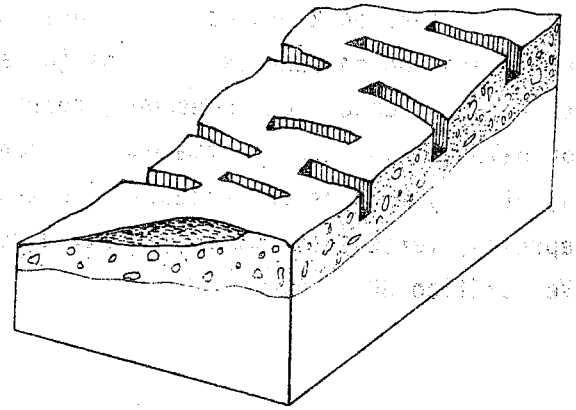
- Medidas Agrícolas : En el Perú, en la actualidad no existe una política de uso y manejo de la tierra, teniendo en cuenta las condiciones ecológicas de cada lugar. Esto ha originado el mal uso que se viene dando a la tierra con un excesivo pastoreo en las pendientes, quitándole la cobertura vegetal al suelo, el uso excesivo del material leñoso como combustible, el mal riego, etc.
En consecuencia, las precipitaciones erosionan este suelo provocando posteriormente el incremento de material de acarreo del río o quebrada, en algunos casos produciéndose los huaycos.
Entre las medidas agrícolas tenemos : Distribución adecuada de los cultivos, rotaciones antierosivas de las siembras, siembra en contorno y en fajas, emplear sistema de andenería, evitar el pastoreo en las laderas, etc. (Gráfico 29).

- Medidas Forestales : Es importante mencionar que la importancia de la forestación y reforestación es una de las medidas más eficaces contra la erosión.
En la cuenca del río Cañete, así como en la mayoría de las cuencas de la costa peruana, se debe de sembrar árboles o riundos como : Penca, Cabuya, las cactáceas, las tunas, molle y otras herbáceas que se desarrollan en las quebradas.

MEDIDAS AGRICOLAS

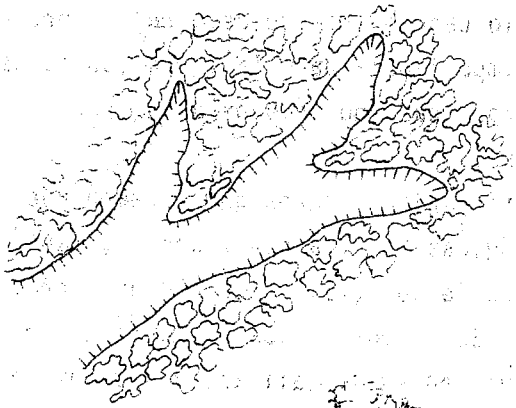


TERRAZAS EN ESCALON
(Bancales andenes)

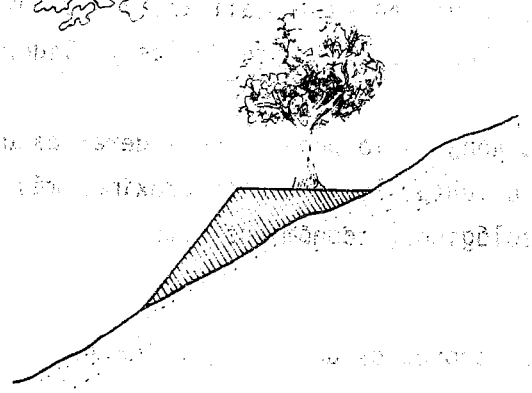


SURCOS HORIZONTALES PARA EVITAR EL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL (Favorecen a la infiltración)

MEDIDAS FORESTALES



VEGETACION ALRREDEDOR DE LAS CABEZAS DE LA CARCAVA



REPOBLACION FORESTAL POR EL METODO DE LAS TERRAZAS INDIVIDUALES

GRAFICO Nº 29

- Medidas Mecanicas para la Conservación del suelo; Laderas y Cárcavas : Estas medidas son muy variadas, desde las más sencillas murallas de tierra, hasta las estructuras más complicadas y costosas.
  Entre las características de estas medidas podemos citar: su efecto es mayor y es posible resolver técnicamente cualquier caso de erosión acelerada, su efecto es inmediato, la mayor parte de ellas cumple también un papel hidrológico (retener y acumular agua de las precipitaciones). Estas medidas pueden ser divididas en 2 grupos : Medidas de protección contra la erosión en canales y surcos (canales de desviación, terrazas de absorción y desague, terrazas individuales, borreales, trincheras antierosivas, acequias de laderas, etc.) y medidas de protección contra las cárcavas (represas, vertederos, emparillados, diques-azudes, etc.) Ver Gráfico 30.

11.2 RECURSOS HIDRICOS

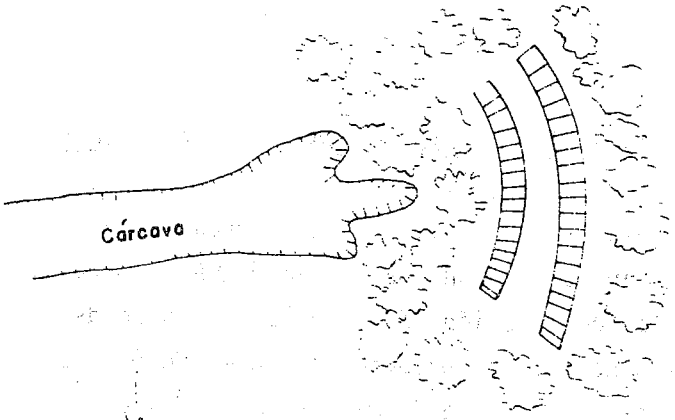
En este acápite evaluaremos las posibilidades tanto agrícolas como hidroeléctricas de la cuenca del río Cañete, ya que esta región presenta, para el futuro, zonas de mucha importancia para la agricultura, así como para las posibilidades energéticas; no solo para la cuenca, sino también para las regiones vecinas.

La cuenca del río Cañete presenta varios lugares que ofrecen buenas condiciones topográficas y geológicas para la construcción, tanto de embalses de lagunas, como represamientos (Valles estrechos y profundos que cierran vasos grandes). Estas posibilidades cuentan con estudios anteriores, pero que requieren su actualización y/o revisión y su puesta en marcha, para el beneficio directo de los pobladores de la cuenca.

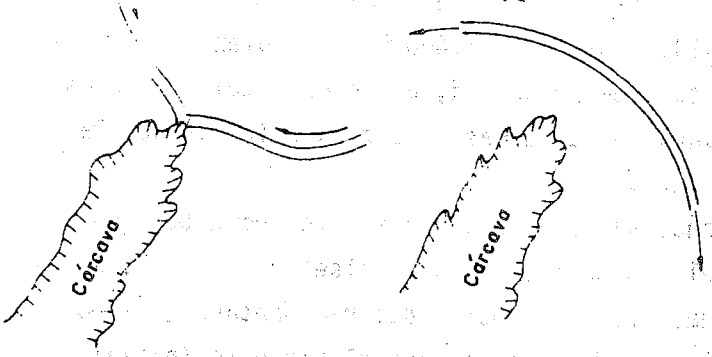
Por supuesto, que en este trabajo solo podemos considerar datos informativos, que serviran para orientar los estudios próximos más detallados, tanto hidrológicos, geológicos, económicos, etc.

11.2.1 USO AGRICOLA

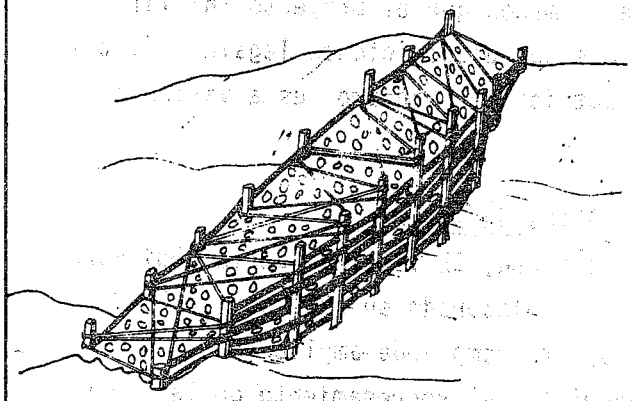
Entre los principales proyectos de uso agrícola en la cuenca-



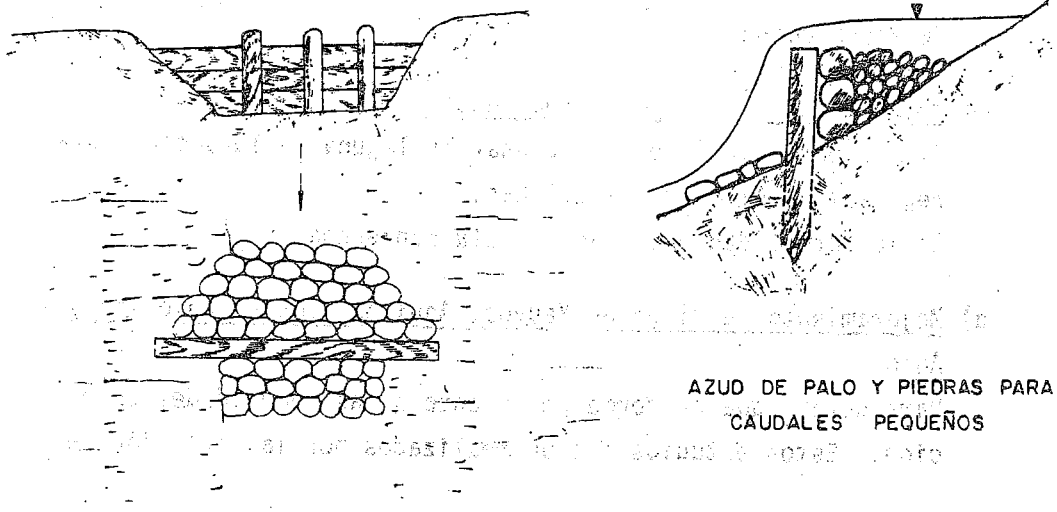
UBICACION DE DIQUES
DE CONTENCION



CANALES DE DESVIO DEL
ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL



REPRESA COMBINADA
(Ramaje y piedras)



AZUD DE PALO Y PIEDRAS PARA
CAUDALES PEQUEÑOS

GRAFICO Nº 30

del río Cañete tenemos :

a) Proyecto de Irrigación de las Pampas de Concon-Topara y Chincha :

Este proyecto contempla la regulación de 11 lagunas en la cuenca alta del río Cañete para una capacidad de más o menos 55 millones de m^3; la construcción del embalse de Morro de Arica (sujeta a las condiciones geológicas y geomorfológicas del área), que permite disponer de 80 millones de m^3 incorporando a la actividad agrícola 26,400 Ha., también incluye el represamiento y toma de Lunahuaná, así como también canales y túneles que llevaran el agua hasta la zona a irrigarse (Pampas de Concon-Topará).

Es importante mencionar una variante a este proyecto, que es la derivación del río Cochas y los embalses de las lagunas de Carhuacocha y Huaylacancha (cuenca del río Mantaro), disponiendo de 20 millones de m^3 menos que el proyecto inicial.

Asimismo cabe mencionar que por disposiciones legales relativas a la central hidroeléctrica del Mantaro, esta variante queda descartada.

b) Irrigación de las Pampas Altas de Imperial :

Para irrigar las pampas de Conta, Chivato, Bandunia, Quilmaná y Roldan. Este proyecto fue elaborado en 1954 por el Ing. Juan C. Prentice. El proyecto comprende ampliación de la capacidad del canal de Imperial y el represamiento de la laguna de Paucarcocha.

c) Mejoramiento de riego en Huangascar :

El proyecto consiste en represar la laguna de Tutacocha para regularizar el riego de 182 Has.

En la actualidad esta laguna está represada.

d) Mejoramiento de riego en Yauyos, Aquicha Pampas (Colonia) y Anco.

Para dotar agua en forma permanente a las comunidades en mención. Estos estudios fueron realizados por la Dirección de -

Irrigación y contempla el represamiento de las lagunas de Llongote, Cuya, Cocote, Huancarcocha, las cuales necesitan un replanteamiento y elevación de la presa como en la laguna de Llongote, que es recomendable la construcción de una presa de 7 metros.

e) Aguas Subterráneas

Las aguas subterráneas en el valle del río Cañete son uno de los recursos hídricos poco explotados en la actualidad, es importante la programación para el mejor uso de estas aguas.

-Entre las lagunas a embalsar tenemos : Ticliacocha, Unca, Piscococha, Chuspicocha, Pariachacas, Piticocha, Mollococha, Paucarcocha. Es necesario la actualización de los estudios tanto geológicos, geomorfológicos, hidrológicos y económicos para su posterior ejecución.

Los lugares más apropiados en la cuenca del río Cañete para represar y embalsar sus excesos estacionales de agua y así cubrir el déficit que experimenta el valle en la época de estiaje ó la posible ampliación del área bajo cultivo, son :

- Vaso de Morro de Arica : Uno de los principales inconvenientes sería los efectos de geodinámica externa en el área. La geología está formada por capas de areniscas, bancos de cuarcitas, intercaladas con lutitas, formando anticlinales y sinclinales cortados transversalmente por el río Cañete, formando una profunda garganta.
  Es necesario, realizar estudios geológicos, geotécnicos y geodinámicos del área, en relación a la naturaleza del proyecto.

- Vaso de Cerropata : Se ubica aproximadamente a 2 Km. aguas abajo de la Hda. Concon. Topográficamente forma una cerrada aparente de 500 metros. Las rocas que forman el vaso y la boquilla son de naturaleza volcánico-sedimentaria (andesitas y dacitas intercaladas con lutitas, calizas silicificadas y pequeños horizontes de limolitas y areniscas (III_D). Estas

rocas están bastante alteradas y fracturadas, por lo que se- recomienda un estudio geológico-geotécnico detallado. El em balse sería para almacenar las aguas en época de avenidas, - así como su utilización para la piscicultura y recreación. Otros represamientos menores, están ubicados en el plano.

11.2.2 RECURSOS HIDROELECTRICOS

Las posibilidades hidroeléctricas de la cuenca son óptimas - tanto en su topografía como por el régimen hidrológico del - río Cañete. Entre los proyectos más importantes se tienen :

a) Central Hidroeléctrica Cañete-Imperial

Este proyecto consiste en utilizar una rápida del canal - de riego de Nuevo Imperial a la altura del Km. 12 + 550 - para aprovechar una caída de 71 metros. El canal de Nue- vo Imperial se encuentra alimentado directamente por el - río Cañete. Se obtendrá una potencia instalada de 2,800- KW.

b) Central Hidroeléctrica de Platanal

Este proyecto consiste en cortar, mediante un túnel, una- curva del río Cañete a la altura de la localidad de Cha - vin, para desviar sus aguas y utilizar una caída bruta de 541 metros y con una central de aproximadamente 105,000 - KW. El túnel en mención será de 11 Km. de longitud, tan- to la entrada como la salida del túnel están en rocas gra níticas y la parte central en roca volcánica.

c) Salto de Toma Imperial

El salto de toma imperial, está ubicado inmediatamente a- guas arriba de las obras de represamiento y toma de irri- gación El Imperial. La caída será de 105 met. y se pro- duciría 400 KW de potencia.

11.3 TRANSPORTE VIAL

El sistema carretero en la cuenca del río Cañete tiene una longitud to

tal (hasta Diciembre de 1980) de 1,180 Km. de los cuales 775 están ubicados en el valle y 405 Km. en la cuenca alta.
Estas vías tienen diferentes tipos de superficie de rodadura, ancho de la vía variable (de 2.50 metros a 8.0 metros); así como de primer orden. Mediante esta red, se tiene acceso por carretera desde San Vicente (capital de la provincia de Cañete) a todos sus distritos; a Yauyos (capital de la provincia de Yauyos), a sus distritos de Alis, Tomas, Laraos, Huangascar, Putinza.
El distrito de Viñac tiene acceso por la cuenca del río Mantaro con la ciudad de Huancayo.
Se estan construyendo carreteras de acceso en la actualidad a los distritos de Madean, Chocos y Huancayo y encontrándose paralizadas las obras a los distritos de Cocra, Miraflores, Huanon y Allanca. Entre las principales carreteras se tienen :

11.3.1 CARRETERA PANAMERICANA SUR

Es una carretera de primer orden, asfaltada en toda su longitud, une a los pueblos de San Luis y San Vicente tiene un ancho promedio de 6 metros, con tránsito en ambos sentidos. El eje circula a través de depósitos fluviales y no está afectada por problemas geodinámicos ni geotécnicos.

11.3.2 CARRETERA TRONCAL DE LA CUENCA

Esta carretera dada su importancia es una de las principales vías de penetración a la cuenca del río Mantaro; así como también a los poblados de la cuenca del río Cañete. Tiene 286 Km. de carretera y conecta a los pueblos de San Vicente, Imperial, Nuevo Imperial, Lunahuana, Pacaran, Zuñiga, Yauyos, Alis, Tomas y la Mina-Yauricocha; conectando estos poblados con la ciudad de Huancayo. Las características técnicas de esta carretera varían desde primer orden a trochas y caminos carrozables; discurre, en su mayor parte, paralelamente al río Cañete. Su ancho de 5.50 a 8 metros en el tramo San Vicente-Nuevo Imperial, de 3 a 4 metros en el tramo Nuevo Imperial Magdalena y de 3-6 metros entre Magdalena y Yauricocha.

Los tramos en que esta carretera presenta problemas de geodinámica, están ubicados en los planos geomorfológicos-geodinámico y en el - de Valorización Constructiva de los terrenos.
Es importante mencionar que esta carretera marcha por tramos al - borde del canal de la irrigación de Nuevo Imperial, donde podrían- suceder desprendimientos rocosos sobre el canal y fracturas en el- revestimiento en caso de un sismo fuerte. Foto (23).
Además existen carreteras vecinales del tipo trochas carrozables - y algunos se encuentran en proceso de construcción. Estas carrete ras son :

- San Jerónimo-Chocos-Huangascar-Madeón-Huancayo : Esta carretera parte del Km. 79 de la vía troncal, tiene un ancho de 3 a 4 - met. Esta vía en el futuro va a tener una gran importancia por- la salida directa a Huancayo. Estan en plena construcción los - tramos de Chocos y a Madean, de este poblado se prolongaría el - tramo en unos 12 Kms. para empalmar con el tramo Viñac-Huancayo.

- Huancayo-Viñac : Esta carretera conecta el valle del Mantaro - con Viñac,pasa por las lagunas de Huarnicocha y Chuncho, esta ca rretera está en buenas condiciones.

- Trocha a Putinza : El desvío a Putinza sale del Km. 108 de la- Vía Troncal, es una trocha carrozable de 3.5 metros de ancho. - Esta vía está terminada en su totalidad, contando con un puente- de concreto sobre el río Cañete. Esta carretera tiene aproxima- damente 5 Km.

- Magdalena-Yauyos : Trocha carrozable de 8.5 Km. con un ancho - de 3-3.5 metros. Esta carretera presenta muchos problemas en é- pocas de lluvias, por no tener cunetas, alcantarillas y por cor- tar una secuencia de rocas muy fracturadas.

- Laraos-Mina Yauricocha : Esta trocha consta de $\pm$ 18 Km. con- un ancho promedio de 3 metros. Es un tramo muy peligroso; solo- es usado en épocas en que se interrumpe la carretera entre Tinco y Alis.

- Laraos-Mina Satanas : La trocha a la Mina Satanas tiene un ancho promedio de 4 metros y ± 20 Km. de longitud, está en buen estado y es usado solamente para explotar dicha mina.

- Pampa Capillayoj-Sinhua Grande : Esta trocha solo está construido por partes y fue construida para tratar de ahorrar kilometraje entre Tomas y Huancayo. En la actualidad su construcción está abandonada.

- Zuñiga-Picamaran : Trocha que avanza por la Qda. Picamaran, hacia un antiguo prospecto minero, hoy abandonado.

- Trocha a Cacra : Sale esta trocha del Km. 86 de la vía troncal, estando abandonado con solo 8 Km. de trocha con 3 metros de ancho.

- Calachota-Allauca : Esta trocha solo tiene construido ± 4- Km., estando a la fecha, abandonadas las construcciones.

- Pte. Tingo Huantan : La trocha en mención está abandonada con solo 5 Km. de tramo construido.

- Huancayo-Huancaya : Trocha actualmente en construcción, va a unir la ciudad de Huancayo con Huancaya, así como también con la Oroya, posteriormente con Vitis y con posibilidades de conectar estos pueblos con la carretera troncal de la cuenca por la laguna Piquicocha. El tramo construido desde la trocha Mina Azulcocha-Pachacaya-la Oroya, hacia Huancaya es de ± 35 Km., no llegando a conectar a este distrito.

- Tinco-Miraflores : Trocha actualmente abandonada tiene ± 6- Km. construidos, estando las labores estancadas en el sector denominado Pongo.

CONCLUSIONES

1.- La proximidad de la cuenca del río Cañete con los mercados de Lima y Callao, los mayores centros de consumo del País, le dan a esta cuenca la importancia como proveedor principal de productos alimenticios para la capital.

2.- Sus dimensiones son : superficie de 6, 148 Km^2, una longitud de 203 Km., un ancho promedio de 30 Km. y altitud media de 3,900 m.s.n.m.

3.- El relieve general de la cuenca, presenta un ambiente morfológico típico de las cuencas costeras, cuenca alargada profunda y con una pronunciada pendiente. Se ha dividido la cuenca en 3 grandes unidades : Cuenca Superior, Cuenca Media y Cuenca Inferior; que guardan estrecha relación con la litología, clima, morfología y altura con respecto al mar. Se presentan también los parámetros geomorfológicos de la cuenca como índices para el estudio geomorfológico y geodinámico de la cuenca.

4.- La geología del área nos revela la presencia de rocas sedimentarias volcánicas, igneas y depósitos cuaternarios cuyas edades van desde el Jurásico Inferior al Cuaternario Reciente. La secuencia estratigráfica de la cuenca está formada por rocas de calizas, limolitas, areniscas, lutitas, también volcánicos intercalados con lutitas, limolitas ó areniscas. Las rocas ígneas forman parte del Batolito Andino de la Costa y están formados por granitos, granodioritas, dioritas, tonalitas, etc. Las rocas volcánicas están representadas por andesitas, riolitas, tufos, flujos de brecha, areniscas y limolitas tufáceas y se encuentran cubriendo las estructuras rocosas más antiguas. Litológicamente agrupadas en dos grandes unidades : El substrato y las formaciones superficiales.

5.- El río Cañete constituye el colector principal del escurrimiento superficial de la cuenca (362'732,000 m^3), con un desarrollo longitudinal de 227 Km. y con una pendiente promedio de 2.14%. El régimen de descargas es torrentoso e irregular, creando en épocas de avenidas problemas de erosión e inundación en el valle. La descarga media anual es de 50.34 m^3/seg., equivalente a un volúmen medio anual de --

1,511'947,872 m^3. Además se tiene un 68% de probabilidades de que ocurran descargas medias anuales entre 36 y 64 m^3/seg.
Así como también hay un 71% de probabilidades de que ocurran descargas máximas anuales entre 197 y 528 m^3/seg. y 58% de probabilidades de que ocurran descargas mínimas anuales entre 9,2 y 1,6 m^3/seg. La probabilidad de excedencia en un año, correspondiente a 1,870 m^3/seg. (Total de las descargas máximas mensuales) para un periodo de 8,2 años, que viene a ser el intervalo de recurrencia, es de 12% y la probabilidad de no excedencia en 8,2 años será de 35%. Así también el intervalo de recurrencia de 420 m^3/seg. (Total de las descargas mínimas mensuales) es de 3.6 años, con una probabilidad de 28% que el total de las descargas mínimas mensuales sea menor de 420 m^3/seg.

6.- Los análisis estadísticos arrojan un promedio de precipitación anual de 590 mm. estimando un 87% de probabilidades que se produzcan precipitaciones entre 133 y 914 mm. anuales. La información meteorológica en la cuenca del río Cañete es deficiente, por el abandono en que se encuentran las estaciones y la escasa información que presentan.

7.- El reservorio Acuífero del valle está constituido por el relleno aluvial terciario y cuaternario, limitados por los afloramientos rocosos.- Se observa un incremento de la profundidad del agua hacia la Qda. Pocoto y Quilmaná, los valores fluctúan de menos de 5 metros hasta más de 30 mts. y en las proximidades al litoral aflora en algunos lugares. La variación de los valores piezométricos de los años 1971 y 1981 en los pozos no es importante (variación máxima de 0.80 m.). En la zona Norte entre San Luis y Candela se observa que la Napa se encuentra entre 1 a 10 mts. de profundidad. En las zonas donde aflora el agua subterránea, a veces con presencia de alto contenido de sales, no es apta para las construcciones ni sembríos.

8.- Los factores geológico-estructural, geomorfológicos e hidrológicos, juegan un rol importante en el comportamiento geodinámico de la cuenca, siendo ésta, condición primordial en la evolución natural de la misma.

9.- El análisis y evaluación de los procesos de geodinámica externa nos indican que éstos están condicionados tanto a factores hidrológicos como-

a los fenómenos de meteorización, fracturación, alteración, etc. de las masas rocosas de la cuenca. Siendo los huaycos, inundaciones, erosio - nes e inestabilidad de taludes, los fenómenos de geodinámica externa más destructivos. Afectando principalmente a terrenos de cultivo, poblacio nes y vías de comunicación, limitando o retardando el desarrollo de la- región.

10.-La cuenca del río Cañete, está comprendida en una región de alto riesgo sísmico,con probabilidades de ocurrencia de sismos importantes que pue- dan afectar a la cuenca,

11.-La mayor cantidad de epicentros se han localizado en el área oceánica - con profundidades superficiales (menores de 60 Km.); en la cuenca só- lo se han localizado 2 epicentros.

12.-Desde 1586-1974, han ocurrido 21 terremotos que han afectado a la cuen ca, habiendo sido el más fuerte el que ocurrió el 20-10-1687, alcanzan- do una intensidad de IX, con aceleraciones mayores a 400 cm/seg^2.

13.-En el presente siglo las máximas intensidades alcanzados en la cuenca,- han sido VII MM (Ver mapas de isosistas). Siendo las intensidades máxi mas posibles que puedan afectar a la cuenca de IX MM.

14.-Según el mapa de Regionalización Sismotectónica (Deza 1974) la cuenca - en un 95% se ubica en la zona 5; en la zona 1 se encuentra parte del li toral incluyendo a San Vicente de Cañete. El periodo de retorno en la- zona 5, para sismos de Mb = 6 es de 25,8 años, cuyo riesgo sísmico - será de 88% en 20 años.

15.-De producirse un sismo de fuerte magnitud, la cuenca se verá seriamen- te afectada, no sólo en las poblaciones costeras y del valle, sino tam- bién por la interrupción y /o destrucción de importantes obras de infra estructura vial, riego, telecomunicaciones, etc; así como también la - reactivación de deslizamientos que pueden afectar a las poblaciones cir cundantes principalmente en la cuenca media y alta.

16.-De la Evaluación Geodinámica de los Centros Poblados se puede concluir- que los pueblos que están en estado más crítico son Cusi (deslizamientos

y Tomas (derrumbes, erosión fluvial e inundaciones), así como Pte. Auco (huaycos e inundaciones).

17.-Se ha realizado una interpretación geotécnica, así como también la Evaluación constructiva de los terrenos, teniendo en cuenta la influencia de los factores litológicos-estructurales, geomorfológicos-geodinámicos hidrológicos y sísmicos, presentando un mapa en el que se muestra los tipos de problemas que pueden aparecer con más frecuencia y los aspectos que determinan su evaluación.
Según esta evaluación, se tiene que los terrenos con condiciones constructivas muy desfavorables se alinean principalmente al río Cañete, encontrándose en este área, la mayoría de los problemas de geodinámica externa de la cuenca.

18.-Del análisis de los problemas geodinámicos de la cuenca se dan a conocer ciertas medidas para trazar y establecer un plan de protección tanto a nivel de cauce y ladera.

19.-En la cuenca del río Cañete, las posibilidades de ampliación de sus recursos agrícolas e hidroeléctricas son óptimos.

RECOMENDACIONES

- Mejorar o construir estructuras longitudinales y/o transversales en los sectores donde el río erosiona o inunda los terrenos y estructuras cercanas a su cauce (Cuiva, Puente Clarita, Sta. Teresa, Huanca, Toma Fortaleza y la Pinta); así como también en lugares donde el río socaba por erosión lateral sus márgenes, afectando tramos de la carretera de penetración a la cuenca (Socsi, San Jerónimo, Langla, Catahuasi, etc). Ligadas a estas obras realizar el desquinche, peinado de talud y reforestación. También la aplicación de las medidas antierosivas de conservación de suelos, recomendadas en el capítulo 11.1.2.2.

- Realizar estudios de la dinámica fluvial en el tramo comprendido entre Lunahuana y el litoral con el propósito de visualizar, afrontar y recomendar las soluciones para los problemas que presentan, tanto los terrenos de cultivo, como las obras de infraestructura de riego, en las épocas de crecida.

- Es necesario reinstalar los observatorios meteorológicos dejados de funcionar (Viñac, Huancaya, Siria, Tomas, Sunca, Paucarcocha) y que los observatorios de Yauricocha, Sunca y Pampas, sean termo-pluviométricos.

- Ampliar la red de medición de aforos : colocando una estación que nos permita calcular el volúmen de agua perdida en el mar, ubicada posiblemente en el Puente de la Panamericana; también estaciones de aforo en las localidades de Vilca y Morro de Arica.

- Realizar estudios hidrogeológicos para cuantificar los recursos de agua subterránea en el valle y su posterior utilización, ya que este recurso está poco explotado en el valle.

- Es necesario la realización de los estudios complementarios requeridos para los proyectos de construcción de embalses de lagunas y vasos que existen en la cuenca, principalmente el proyecto de irrigación de las Pampas de Concon-Topará y Chincha Alta (utilizando el vaso de Morro de Arica).

- Es necesario iniciar los estudios geotécnicos de las ciudades de San Vicente, Imperial y Nuevo Imperial.

- El INGEMMET, cuenta con la infraestructura necesaria para realizar los estudios geodinámicos y geotécnicos, tanto para los centros poblados y obras de ingeniería. Pudiendo afrontar la problemática dinámica de la cuenca, en coordinación multisectorial y Defensa Civil.

- Es necesario darle mayor importancia al plan vial de la cuenca, ya que es necesario para su integración económica y social.

- Realizar estudios detallados de seguridad en la presa de la laguna de Llongote, contemplando la posibilidad de construir una presa de 7 m. de altura máxima, que permita almacenar 3'400,000 m^3 de agua.

- Cuando se diseñen obras de ingeniería civil, en la cuenca, pueden tomarse valores de aceleración máxima de 400 cm/seg^2, que podrían causar intensidades de VIII-IX MM, especialmente en el cono de deyección (Llano Aluvial) del río Cañete.

- Ejecución de estudios puntuales de sismicidad, para toda obra de ingeniería (túneles, puentes, presas, centrales hidroeléctricas) que se realicen en la cuenca.

- Evitar en lo posible construir cerca del mar, principalmente en las zonas de la Ex-Hda. Herbay Bajo, Boca del río y Ex-Hda. Santa Bárbara.

B I B L I O G R A F I A

ALCEDAN LA CRUZ, ALFONSO .- "Derivación del río Mantaro al río Cañete" - ELECTROPERU. Lima 1961.

ANGULO CUEVA, AUBERTO .- "Estudio Geológico de Reconocimiento de Turca y- Urcay", Dist. de Pampas, Prov. de Yauyos, Dpto. de LIma. Febrero 1972.

BENITES CHUNGA, CESAR AUGUSTO .- "Guia para el Estudio General de una Cuenca". Ministerio de Agricultura - Dirección General de A - guas y Suelos". Boletín Técnico N°2 Abril 1978-Artículo - recopilado y adoptado. "Estudio de los Parámetros Geomorfológicos de una Cuenca". Ministerio de Agricultura-Dirección General de Aguas y Suelos. Boletín Técnico N°1-ABril 1978.

DUROJEANNI RICARDI AXEL-OBERTI IZQUIERDO LUIS .- "Principios para elaborar un plan de protección de cuencas "Ministerio de Agricultura - Boletín Técnico N°11-Agosto 1978.

DERRAU MAX - Geomorfología - 1970.

D. A. - Ministerio de Agricultura .- "Diagnóstico Preliminar de la Problemática de Inundaciones en el Perú" - Lima. Febrero de 1977.

HUMERES HERNAN .- Sismicidad de las Cuencas de Pisco y Pativilca (Preliminar) Direc. Geotecnia - INGEMMET - 1981.

HYLSKY JAROSLAV, "Erosión en Cárcavas" - Serie Oriente N°7-8-9-10 y 11 - Academia de Ciencias de Cuba- Instituto de Geología - La Habana 1972.

SERIE GEOLOGICA N° 22 .- "Lineamientos Generales para la protección del - suelo contra la erosión en el Plan Macurife". La Habana - 1975.

I GME, "Mapa Geotécnico General" Madrid Hoja 5-6-45 - Dirección General - de Minas de Madrid" Octubre 1972 - España "Mapa Geotécnico- de Ordenación Territorial y Urbana de la Sub-Región de Ma -

drid-Ministerio de Industria - Dirección General de Minas - - Hoja 9-10 - 1976. Industria - Dirección General de Minas-España.

KRYNINE P. D., JUDDL R.W. - "Principios de Geología y Geotecnia para Ingenieros" - 1970 - Omega-Barcelona.

MEGARD FRANCOIS .- "Estudio Geológico de los Andes del Perú Central" INGEMMET - 1979 - Boletín Técnico N°8.
"Geología del Cuadrángulo de Yauyos" - INGEMMET - Preliminar.

MINISTERIO DE AGRICULTURA "Proyecto de Estudios para el Aprovechamiento de las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Jequetepeque, Huaura, - Cañete e Ica" Lima 1963 - CENDOIE - INP.

MINISTERIO DE AGRICULTURA "Aspectos sobre el Diseño de pequeñas y medianas presas de Almacenamiento" Convenio CID-ATA/CLASS 1979.

MINISTERIO DE AGRICULTURA "La Erosión de Tierras en Colombia" INDERENA - - Bogotá 1977.

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

PEREZ VERASTEGUI GUILLERMO "Derrumbes del C° Ayacoto e Inundación Parcial- del Area Urbana del Distrito de Tomas - Prov. de Yauyos - Lima-Mayo 1972.
"Flujos Aluvionales a lo largo de la Qda. Pampas y Destruc - ción del Caserío de Puente Anco-Prov. de Yauyos - Dpto. Lima- Mayo 1972.

SALAZAR HUMBERTO "Geología de los Cuadrángulos de Mala, Lunahuana, Tupe - Conaica, Chincha, Tantará y Castrovirreyna - Huarochirí - INGEMMET - Preliminar.

TAYPE RAMOS VIDAL "Informe del Reconocimiento Geológico de la localidad de Conchan, Dist. Tupe, Prov. de Yauyos, Lima. Set. 1976.

THORNBURY D. WILLIAM "Principios de Geomorfología"
Kopelurz - Argentina 1966.

FOTO 1

Flujo de lodo y erosión por cárcavas en la qda. Milagro Puquio, frente a la qda Chaquicocha, que afecta la carretera y un canal de regadío. Julio/80.

FOTO 2

Flujo de lodo y erosión por cárcavas, a 1 Km. antes del pte. San Jerónimo en la márgen izquierda del río Cañete. Junio/80.

FOTO 3

Puente Auco. Localidad que fue barrida por el aluvión en Marzo de 1972. Pueblo mal ubicado; las crecidas del río Cañete tienden a erosionar la plataforma de la carretera.
Al fondo se aprecia un pequeño deslizamiento (D).
Julio/80.

FOTO 4

Grietas y peligro de derrumbe en el material coluvial en que está asentado el pueblo de Cusi.
Julio/80.

FOTO 5

Deslizamiento antiguo en el distrito de Laraos.
Foto 5 : Se observa el pueblo de Laraos y en la parte alta, la corona del antiguo deslizamiento. Julio /80.
Foto 6 : Laraos visto de aguas abajo. Junio/80.

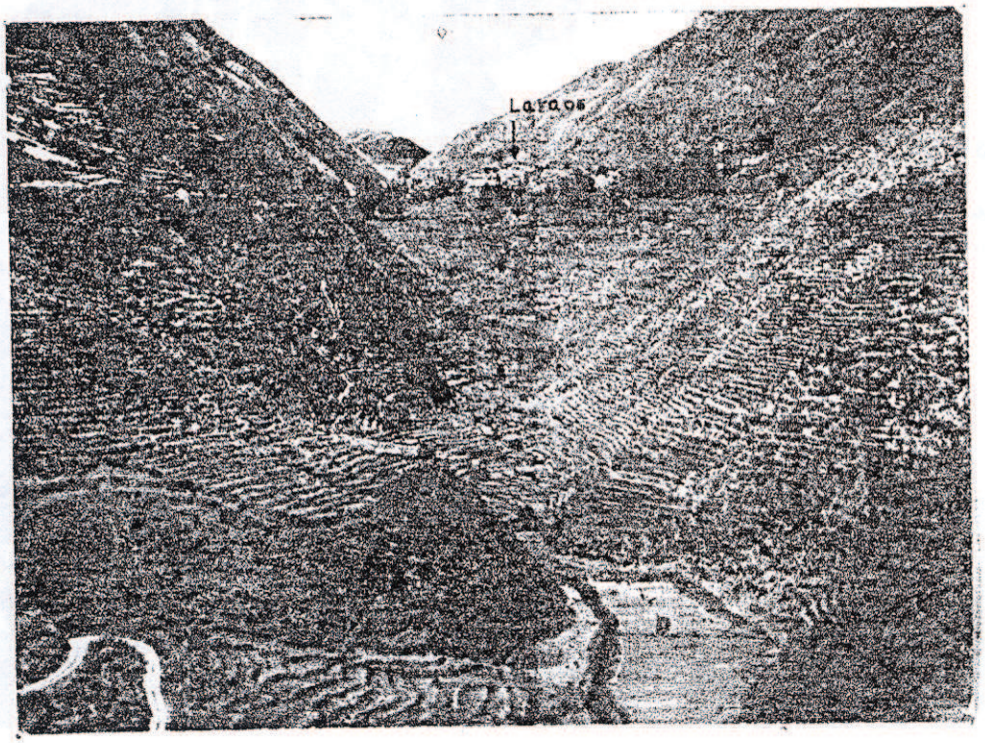


FOTO 6

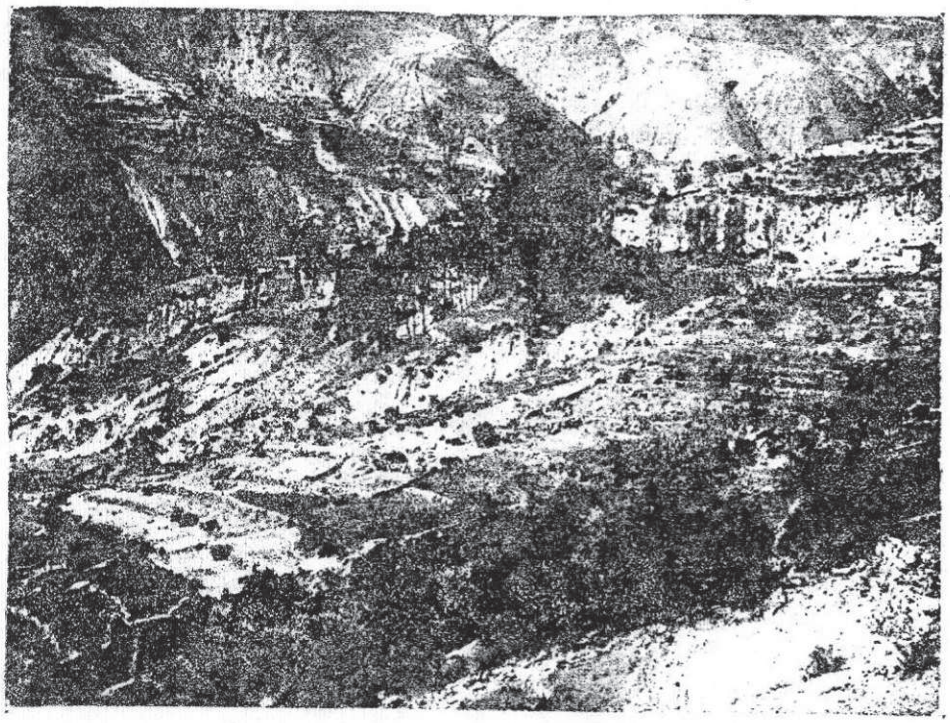


FOTO 7

Deslizamientos y erosiones en la zona de Carhuay, a 1.5 Km. de Huangascar; en la márgen izquierda del río Viñac.

FOTO 8

Bad lands, y erosión piramidal cerca de la localidad de Canchan, en la márgen derecha del río Cañete.

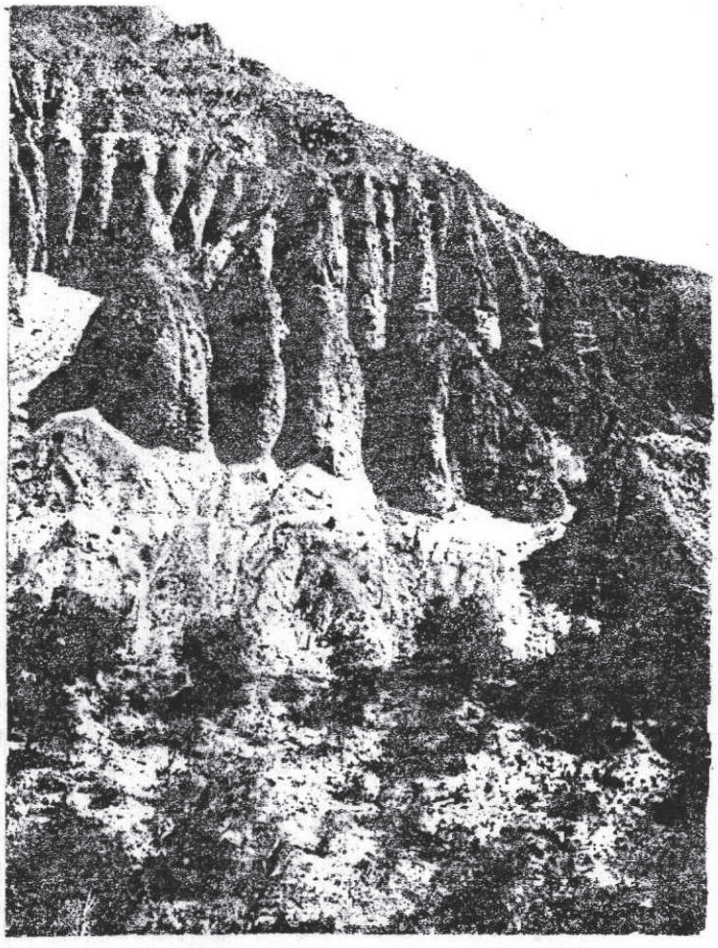


FOTO 9

Desprendimientos de rocas de naturaleza intrusiva, - frente a la qda. Chauchan a 3 Km. aguas arriba de Yaca. Junio/80.

FOTO 10

Inestabilidad de taludes provocado por el corte de la carretera y discontinuidades - buzando hacia el talud, a 6- Kms. aguas abajo de Llapay. Junio/80.

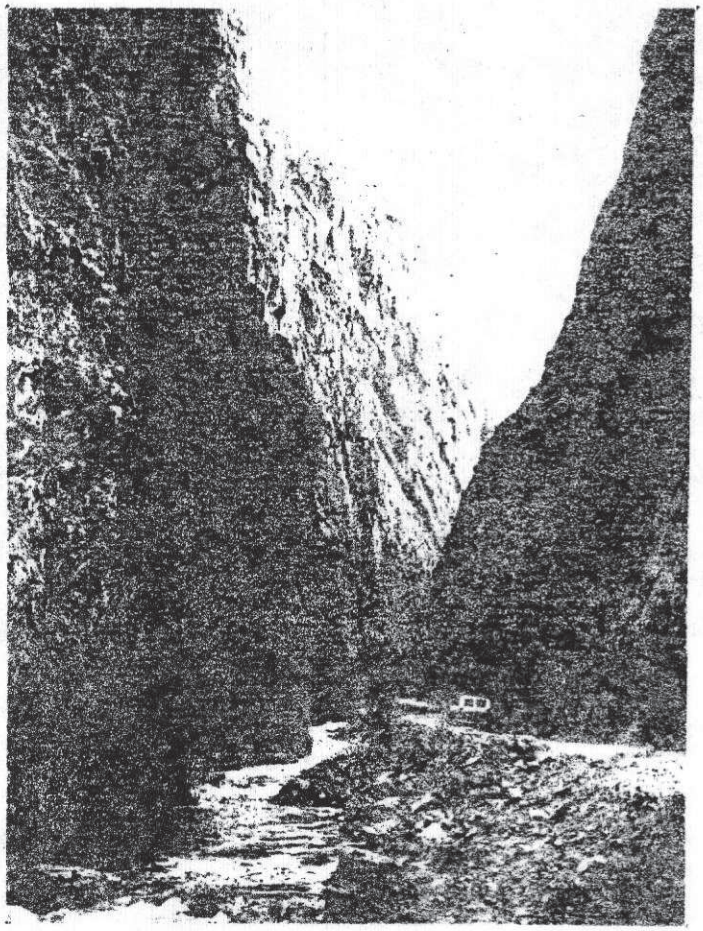


FOTO 11

Cañon del río Cañete a 1-Km. aguas abajo de la qda. Carania. Se observa el - buzamiento de las rocas - hacia la pendiente. Junio/80.

FOTO 12

Area de inundación del río Cañete, aguas abajo del puente de la Panamericana. Se observan algunas defensas transversales. Junio 80.

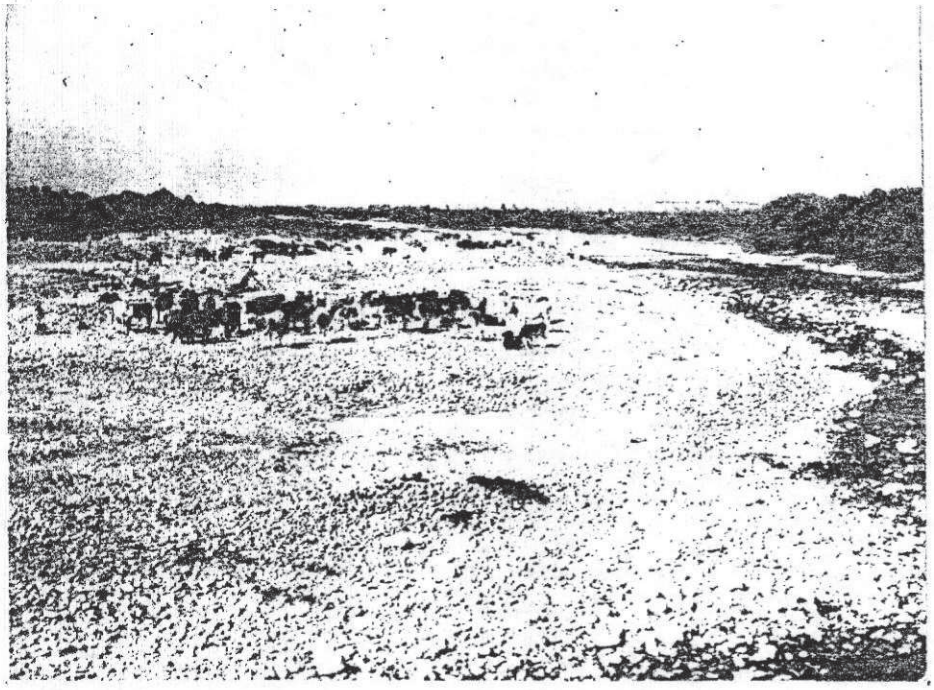


FOTO 13

Area de inundación del río Cañete aguas arriba del puente Panamericana. El río discurre por la márgen izquierda poniendo en peligro el estribo del puente en ese sector. Junio/80.

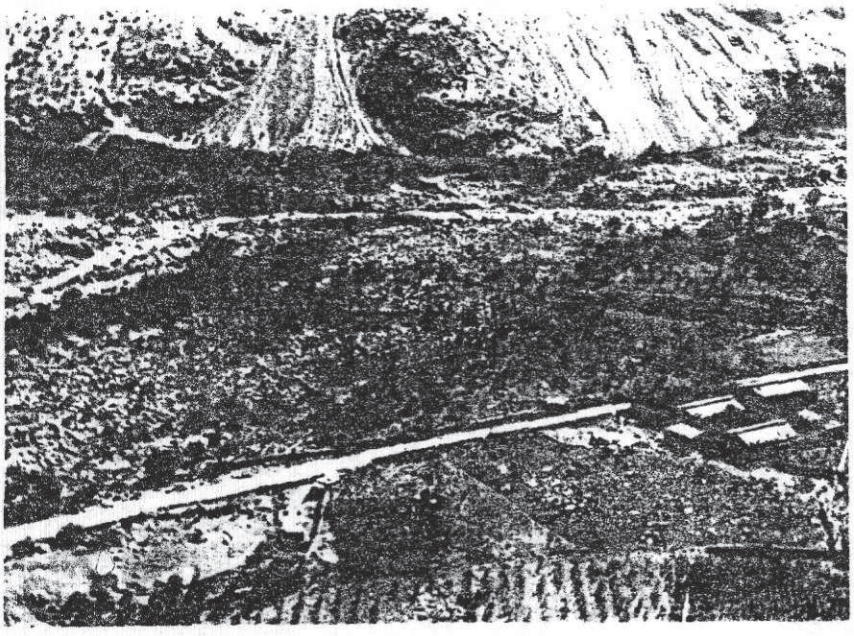


FOTO 14

Area de inundación y erosión en el sector denominado Casa Blanca a 1 Km. de Catahuasi. Julio 80.

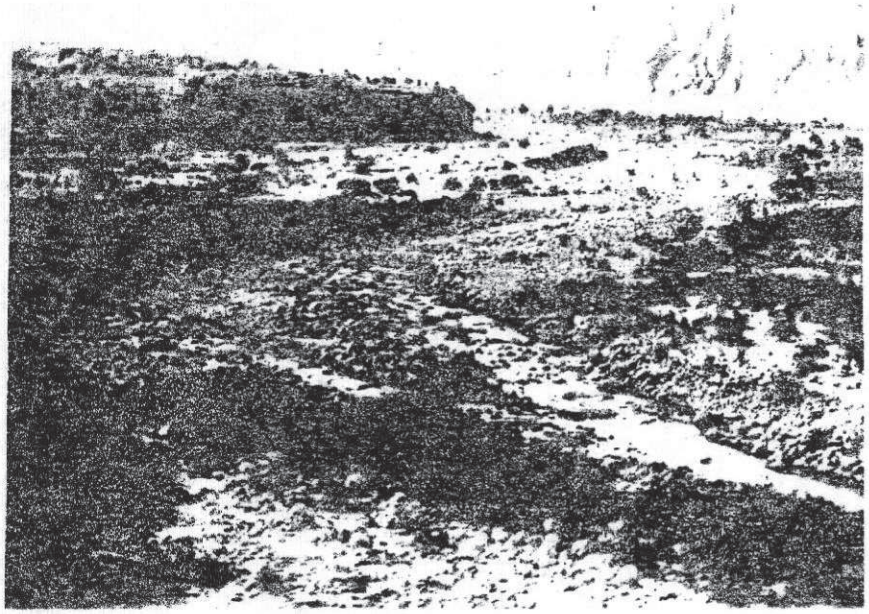


FOTO 15

Area de inundación del río Cañete, aguas arriba de Zuñiga. Julio/80.

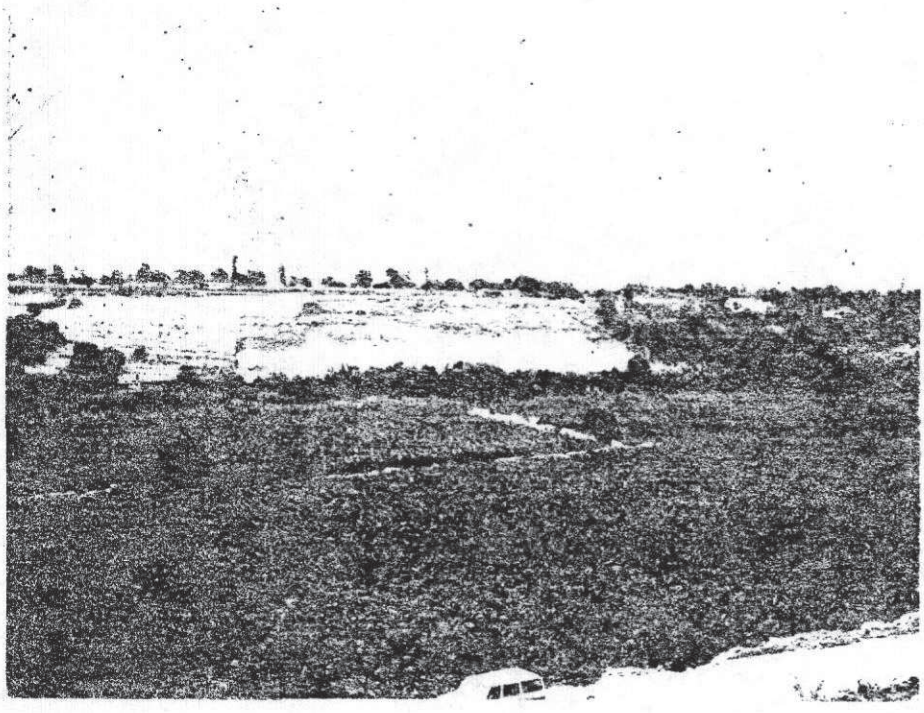


FOTO 16

Erosión en el talud, provocado por la erosión fluvial del río Cañete al pie del talud. En la subida a Lunahuana a 200 met. aguas arriba del desvío a Lucmo. Junio/80.

FOTO 17

Puente a Antahualla, en la qda. Jacaya, destruido por la erosión lateral y el ensanchamiento de la cárcava. Se observa todavía vestigios del estribo derecho del puente (A). Junio/80.

FOTO 18

Puente sobre el río Cacra. Estribo derecho erosionado por la acción del río. Julio - 80.

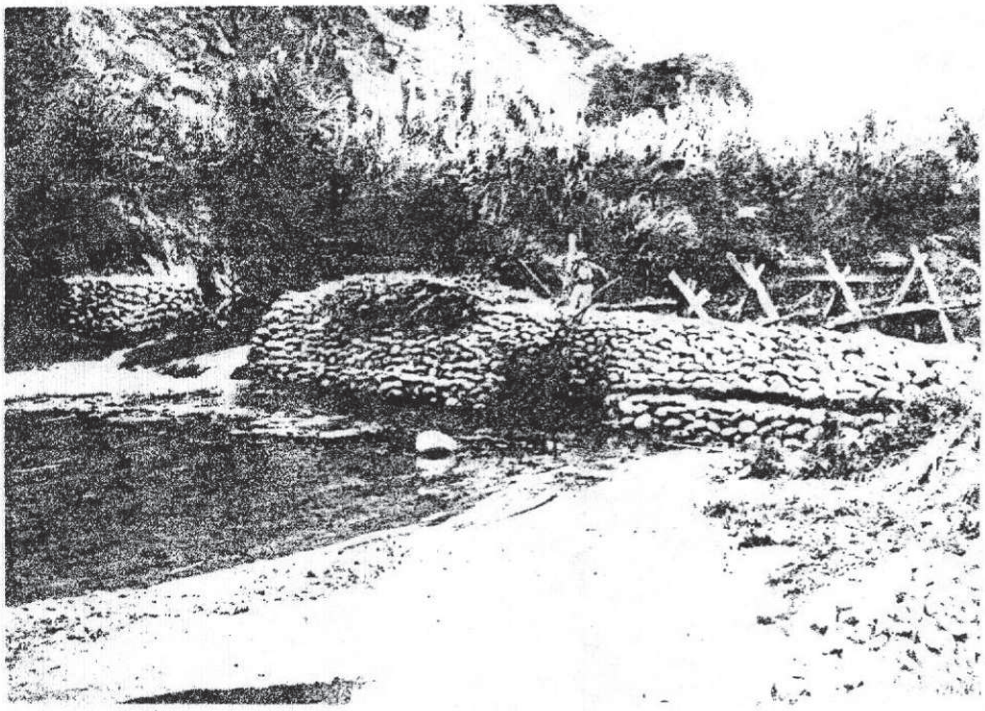


FOTO 19

Toma de la Pinta; toma de material rústico (enmallado y enramado). Junio/80.

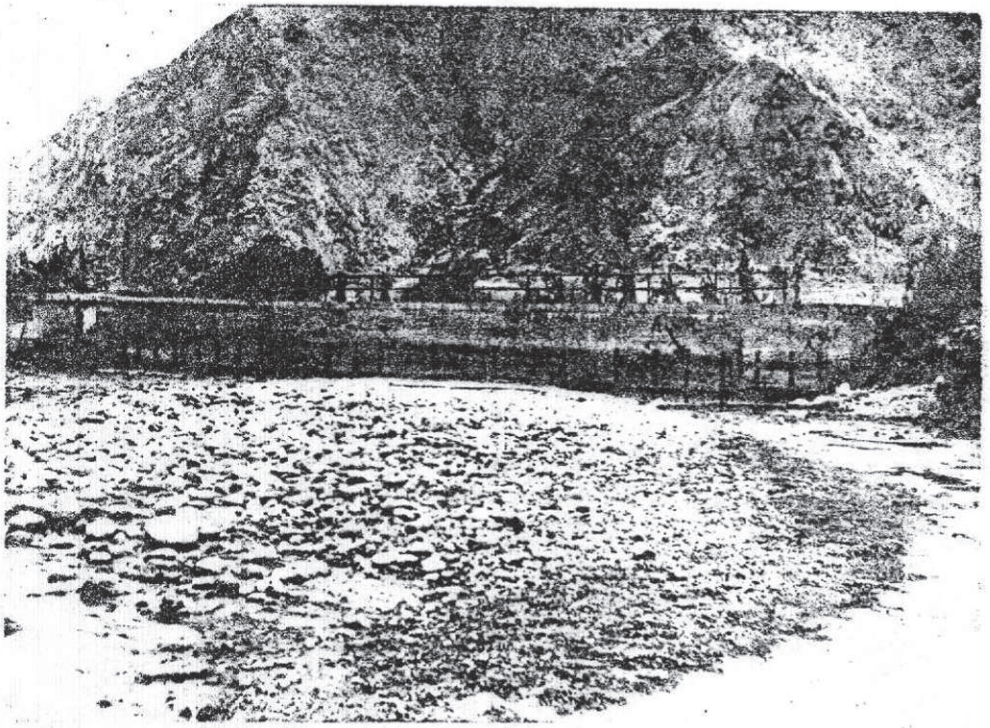


FOTO 20

Toma de Nuevo Imperial, se observa delante de la estructura una "fila" de rieles verticales (A), para defender la toma de ramas y troncos.

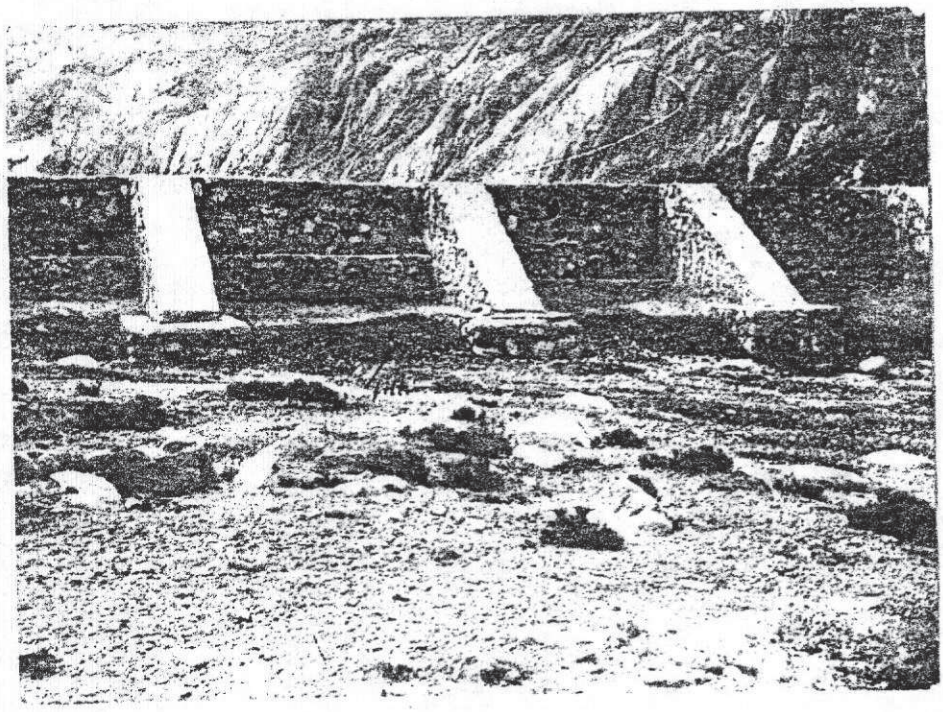


FOTO N° 21

Filtraciones al pie de la presa en la laguna (se observa la humedad) Junio/80.

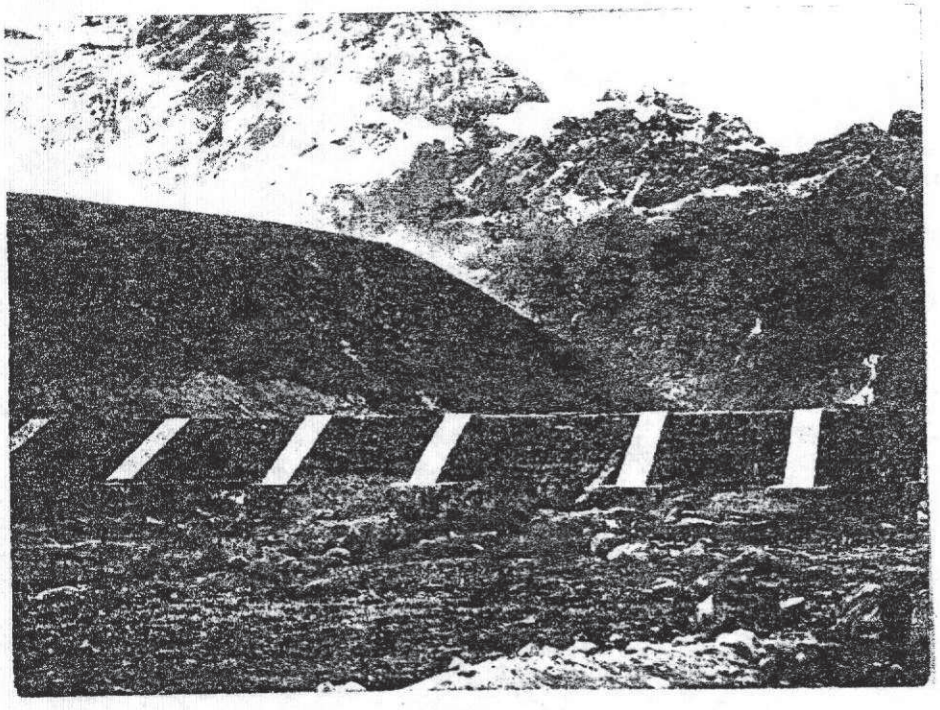


FOTO N°22

Presa de mampostería de piedra; con mortero de cemento y arena, al fondo lado izquierdo se observa una potente morrena lateral y el Nevado de Llongote. Junio/80.

FOTO 23

Ciudad de Yauyos, situada en la Qda. del río Yauyos Se nota la qda. encausada por el medio del poblado. Junio/80.

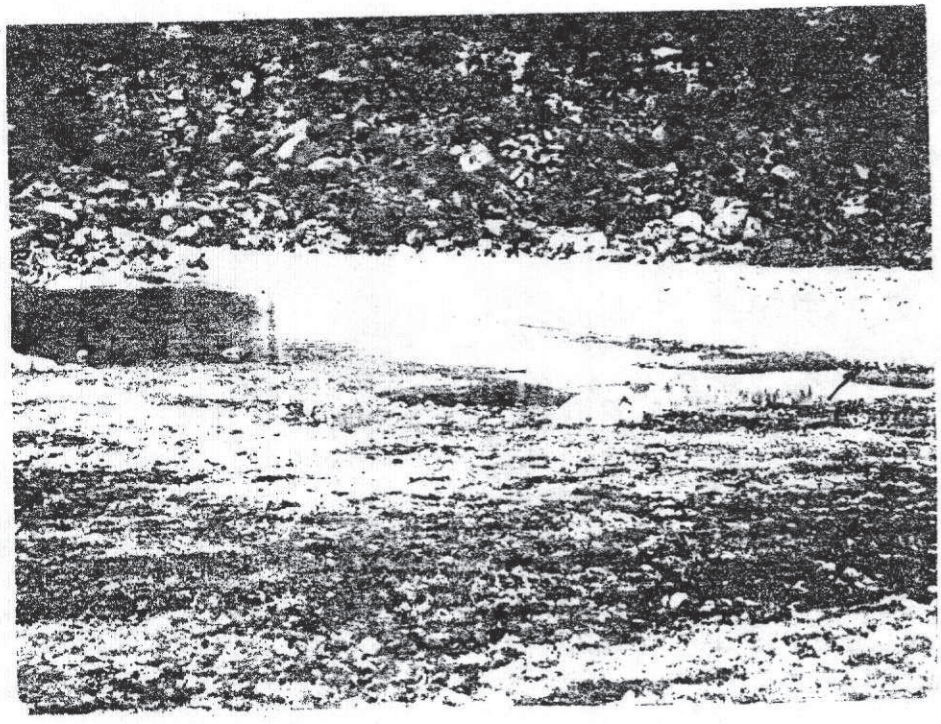


FOTO 24

Presa de la laguna aguas arriba. En el lado derecho se observa el cimiento muy superficial, dando paso al agua de filtración. Junio/80.

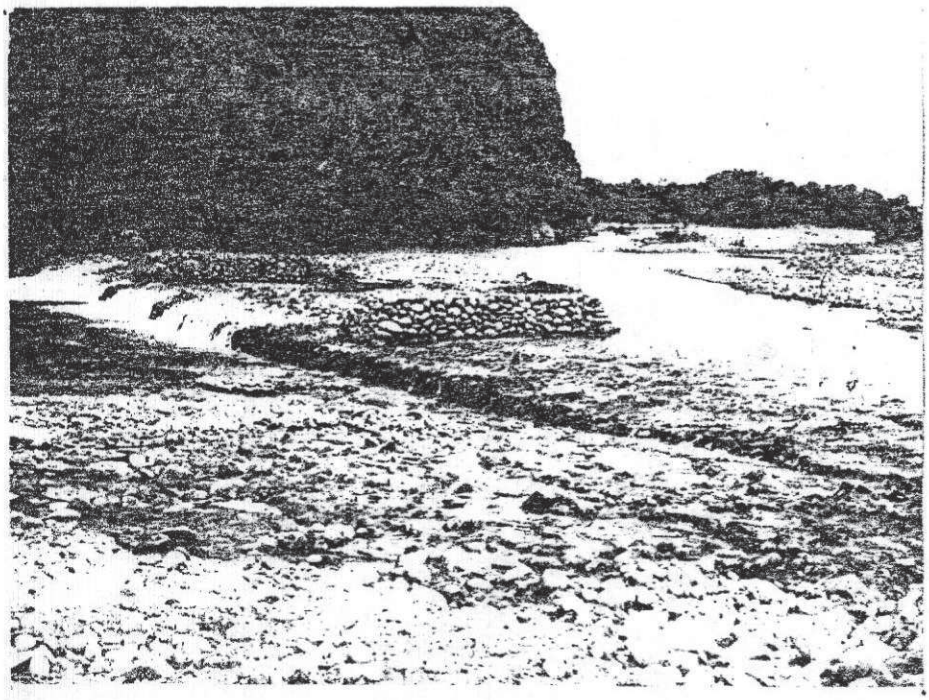


FOTO 25

Dique pequeño con dos estructuras paralelas de material fluvial enmallado; aguas arriba de la toma de la Pinta. Junio/80.

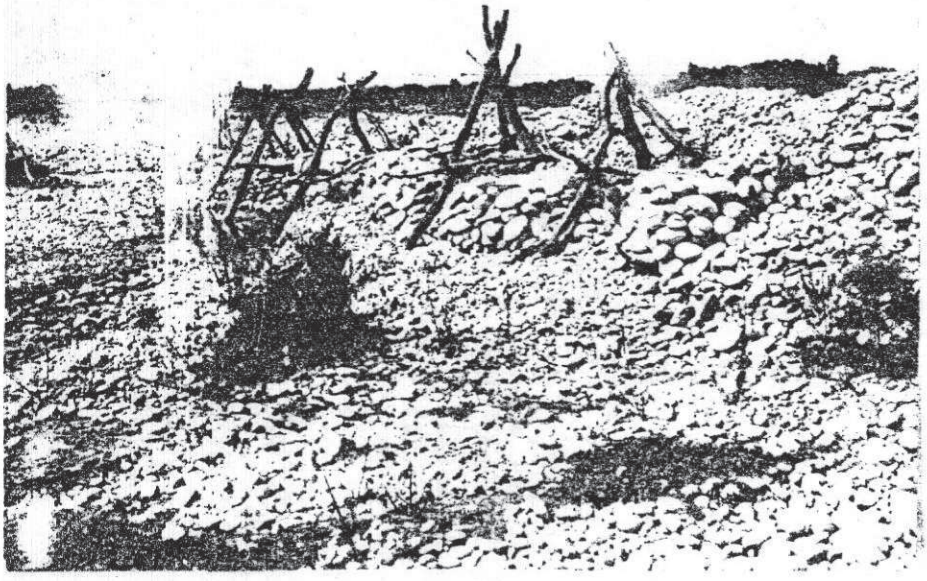


FOTO 26

Vestigios de defensas, tetrápodos, estructuras transversales y material limpiado por tractor. Márgen derecha del río Cañete a 2.5 Km. del litoral.

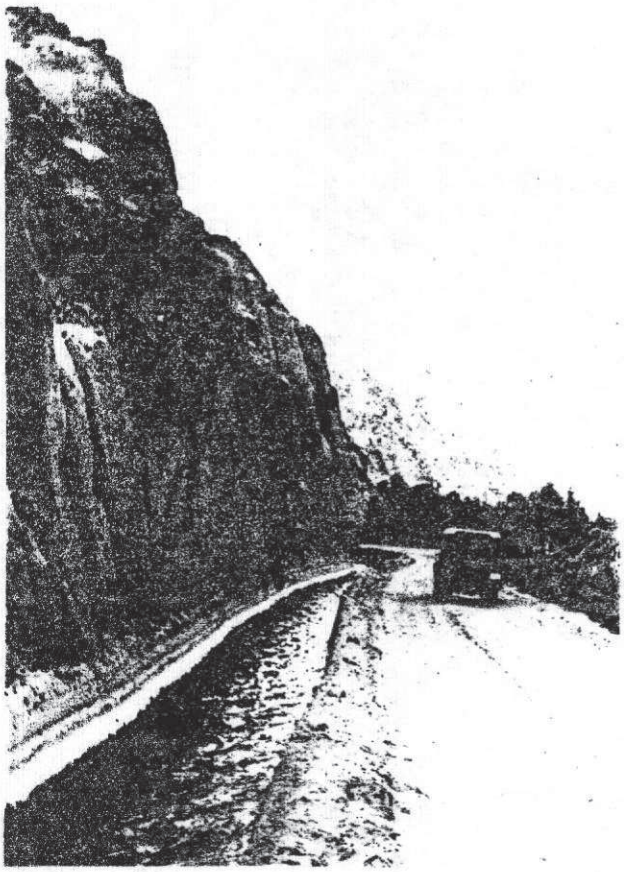


FOTO 27

Canal Nuevo Imperial revestido al borde de la carretera. Julio/80.

RELACION DE GRAFICOS

		Pag. N°
N° 1	.- Ubicación del Area de Estudio	3
N° 2	.- Curva Hipsométrica y Polígono de Frecuencia de Altitudes	16
N° 3	.- Rectángulo Equivalente	17
N° 4	.- Perfil Longitudinal del Río Cañete.	20
N° 5	.- Columna Estratigráfica de la Cuenca del Río Cañete.	27
N° 6	.- Precipitaciones Totales Anuales Registradas en Siete Estaciones del Río Cañete (1943-1977).	51
N° 7	.- Precipitaciones Anuales Registradas en Seis Estaciones - del Río Cañete (1964-1968).	52
N° 8	.- Precipitación Media Mensual Estación Nuevo Imperial (1950 1975)	54
N° 9	.- Precipitación Media Mensual Estación Siria (1947-1967)	57
N° 10	.- Precipitación Media Mensual Estación Yauricocha (1943 - 1968).	59
N° 11	.- Volúmenes Totales Anuales de Descarga Estación Imperial.	62
N° 12	.- Descargas Máximas, Media y Mínimas del Río Cañete.	63
N° 13	.- Descargas Medias Mensuales Río Cañete. Estación Imperial. (1961-71).	66
N° 14	.- Curva de Volúmenes de Descargas Máximas Anuales	68
N° 15	.- Curva de Volúmenes de Descargas Mínimas Anuales	70
N° 16	.- Mecánica de Ocurrencia de los Huaycos.	85
N° 17	.- Esquema Tectónico General	92
N° 18	.- Mapa Sísmico de la Costa Central	93
N° 19	.- Isosistas del Terremoto de Lima del 24-05-40	101
N° 20	.- Isosistas del Terremoto del Norte de Lima del 17-10-66	102
N° 21	.- Isosistas del Terremoto de Lima del 03-10-74	103
N° 22	.- Mapa de Regionalización Sismo Tectónica	105
N° 23	.- Frecuencia Sísmica Anual (N) para la Cuenca del Río Cañete.	108
N° 24	.- Periodo de Retorno para Sismos Mb 5.0	109
N° 25	.- Riesgo de Sismos para la Cuenca del Río Cañete.	111
N° 26	.- Esquema de Obras de Protección	133
N° 27	.- Esquema de Obras de Protección	134
N° 28	.- Esquema de Obras de Protección	135
N° 29	.- Esquema de Obras de Protección	139
N° 30	.- Esquema de Obras de Protección	141

RELACION DE MAPAS

N° 1-5 = Mapa Litológico - Estructural.
N° 2-5 = Mapa Hidrológico - Geomorfológico - Geodinámico.
N° 3-5 = Mapa de Valoración Constructiva de los Terrenos.
N° 4-5 = Mapa de Hidroisohipsas.
N° 5-5 = Mapa de Isoprofundidades

RELACION DE CUADROS

		Pag. N°
N° 1	.- Características del Río Cañete y sus tributarios	48
N° 2	.- Relación de Observatorios Meteorológicos en la cuenca del Río Cañete.	49
N° 3	.- Parametros calculados en la Estación Meteorológica de Siria.	56
N° 4	.- Descargas Anuales del Río Cañete	64
N° 5	.- Relación de Pozos y sus Características, ubicados en el Río Cañete.	77
N° 6	.- Relación de los Canales de Riego Existentes.	81
N° 7	.- Sismos Destructores que han afectado la Cuenca del Río Cañete.	96
N° 8	.- Características de los Sismos Principales entre 1940-74.	100

RELACION DE FOTOGRAFIAS

Veintisiete (27) fotografías ilustrativas.

PARTICIPACION

El presente trabajo ha sido realizado por la Dirección de Geotecnia, de la Dirección General de Geología, del INGEMMET; y estuvo a cargo de los siguientes profesionales :

- Ing°Lionel Fídel Smoll
- Ing°Nicolás Mori Rodríguez

Revisión y Aprobación del Informe :

- Ing°José Véliz Bernabé : Director de Geotecnia.
- Ing°Gregorio Flores Ñañez : Director General de Geología.

/rudc.

INFORMES SIMILARES CONCLUIDOS POR LA DIRECCION DE GEOTECNIA.

1.- Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Chillón (Dpto. de Lima)
2.- Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Mantaro (Dptos. Junín - Huancavelica).
3.- Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río San Juan (Dptos. Ica-Junín-Huancavelica).
4.- Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Pisco (Dptos. Ica-Huancavelica)