

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**“DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y  
TOMAS LATERALES DEL PROYECTO DE IRRIGACIÓN  
EL AVISADO - LA CONQUISTA”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**POR**

**Bach. VANESSA LÓPEZ REÁTEGUI**

**ASESOR**

**Msc. Ing° JOSÉ DEL CARMEN PIZARRO BALDERA**

**TARAPOTO - PERÚ**

**2008**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**“DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y  
TOMAS LATERALES DEL PROYECTO DE IRRIGACIÓN  
EL AVISADO- LA CONQUISTA”**

**TESIS**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

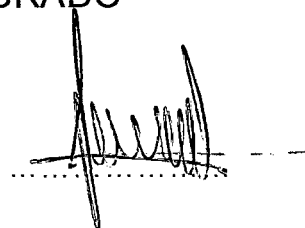
**INGENIERO CIVIL**

**Por:**

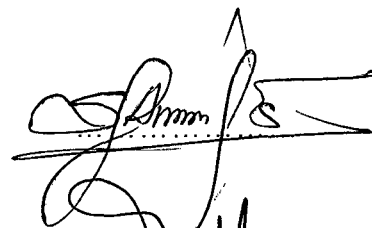
**Bach. VANESSA LÓPEZ REÁTEGUI**

**SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL HONORABLE JURADO**

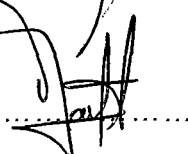
Presidente : Ing° DANIEL DÍAZ PÉREZ



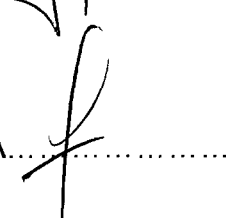
Secretario : ing. SANTIAGO CHAVEZ CACHAY



Miembro : Ing°. ENRIQUE NAPOLEÓN MARTÍNEZ QUIROZ.....



Asesor : Msc. Ing°. JOSÉ DEL CARMEN PIZARRO BALDERA.....



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**“DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y  
TOMAS LATERALES DEL PROYECTO DE IRRIGACIÓN  
EL AVISADO- LA CONQUISTA”**

**TESIS**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

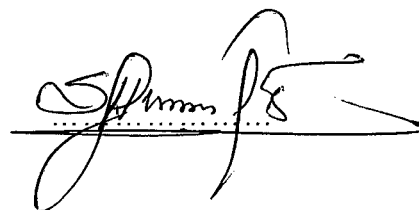
**Por:**

**Bach. VANESSA LÓPEZ REÁTEGUI**

**SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL HONORABLE JURADO**

Presidente : Ing° DANIEL DÍAZ PÉREZ .....

Secretario : ing. SANTIAGO CHAVEZ CACHAY



Miembro : Ing°. ENRIQUE NAPOLEÓN MARTÍNEZ QUIROZ.....

Asesor : Msc. Ing°. JOSÉ DEL CARMEN PIZARRO BALDERA.....



## **DEDICATORIA**

**A mis padres Milton y Nelith con amor y cariño por el esfuerzo y sacrificio que realizaron para culminar satisfactoriamente mis estudios superiores.**

**A mi hermana Talia Elizabeth con ternura y gratitud por brindarme su apoyo en el momento más difícil de mi carrera profesional.**

**Mi sobrino Jeremy Emanuel.**

**A mi esposo Warner con su amor por brindarme su apoyo incondicional en el momento más difícil de mi carrera profesional.**

## **MI AGRADECIMIENTO**

**AL Msc. ING. JOSÉ DEL CARMEN PIZARRO BALDERA**  
CATEDRÁTICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
TARAPOTO, ASESOR DE LA PRESENTE TESIS.

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN, TARAPOTO**  
POR HABERME ALBERGADO EN SU ALMA MATER DURANTE MI FORMACIÓN  
PROFESIONAL.

**A MI AMIGO ALEX POR HABERME BRINDADO SU APOYO INCONDICIONAL.**

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>Carátula</b>	
<b>Contracarátula</b> .....	i
<b>Aprobación de textos</b> .....	ii
<b>Dedicatoria</b> .....	iii
<b>Agradecimiento</b> .....	iv
<b>Índice</b> .....	v
<b>Resumen</b> .....	xv

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>Pág.</b>
1.1 Alcances.....	01
1.2 Limitaciones .....	02
1.3 Aspectos Generales.....	03
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
2.1 Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema.....	10
2.2 Objetivos: General y Específicos.....	12
2.3 Justificación de la Investigación.....	12
2.4 Delimitación de la Investigación.....	13
2.5 Marco Teórico: .....	13
2.5.1 Antecedentes de la Investigación.....	13
2.5.2 Fundamentación Teórica de la Investigación.....	14
2.5.3 Marco Conceptual: terminología básica.....	15
2.5.3.1 Demandas de agua de riego.....	15
2.5.3.2 Evapotranspiración.....	15
2.5.3.2.1 Evapotranspiración potencial.....	15
2.5.3.2.2 Evapotranspiración real.....	16

	<b>Pág.</b>	
2.5.3.3	Uso consuntivo.....	16
2.5.3.4	Métodos empleados para el cálculo de la evapotranspiración.....	16
2.5.3.4.1	Métodos directos.....	16
2.5.3.4.2	Métodos indirectos.....	17
2.5.3.5	Coeficiente de cultivo.....	17
2.5.3.6	Cedula de cultivos.....	17
2.5.3.7	Dotaciones de riego.....	17
2.5.3.8	Hidrología.....	18
2.5.3.9	Canales.....	18
2.5.3.9.1	Clasificación de los canales.....	19
2.5.3.9.2	Elementos de un canal.....	20
2.5.3.9.2.1	Elementos geométricos.....	20
2.5.3.9.2.2	Elementos cinéticos.....	21
2.5.3.9.2.3	Elementos dinámicos.....	21
2.5.3.9.3	Tipos de flujo.....	22
2.5.3.9.4	Talud del canal.....	22
2.5.3.9.5	Coeficiente de rugosidad.....	23
2.5.3.9.6	Erosión en canales.....	24
2.5.3.9.7	Revestimiento de canales.....	25
2.5.3.9.7.1	Revestimiento de concreto.....	26
2.5.3.9.7.2	Revestimiento de tierra.....	27
2.5.3.9.8	Perdidas de agua por infiltración.....	27
2.5.3.9.9	Transiciones.....	28
2.5.3.9.10	Radios de curvatura mínimos en canales.....	29
2.5.3.10	Diseño hidráulico de canales.....	30
2.5.3.10.1	Secciones óptimas en canales.....	30
2.5.3.10.1.1	Sección de máxima eficiencia hidráulica.....	30
2.5.3.10.1.2	Sección de mínima infiltración.....	31
2.5.3.10.1.3	Sección de máxima eficiencia hidráulica y mínima infiltración.....	31
2.5.3.10.2	Consideraciones prácticas para el diseño.....	31
2.5.3.10.2.1	Caudal.....	31
2.5.3.10.2.2	Velocidad media.....	32
2.5.3.10.2.3	Pendiente admisible en canales de tierra.....	32

	<b>Pág.</b>
2.5.3.10.2.4 Ancho de solera.....	33
2.5.3.10.2.5 Tirante.....	33
2.5.3.10.2.6 Bordo libre.....	34
2.5.3.10.2.7 Profundidad total (H).....	35
2.5.3.10.2.8 Ancho de corona.....	35
2.5.3.11 Diseño Hidráulico del Canal Principal y Toma Latera.....	35
2.5.3.11.1 Definiciones.....	35
2.5.3.12 Diseño Estructural.....	38
2.5.3.12.1 Estados de carga que se presentan durante la vida útil del canal.....	38
2.5.3.12.2 Análisis estructural.....	39
2.5.3.12.2.1 Requisitos generales de resistencia y de servicio.....	40
2.6 Hipótesis a demostrar.....	44

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1 Materiales.....	45
3.1.1 Recursos Humanos.....	45
3.1.2 Recursos Materiales.....	45
3.1.3 Recursos de Equipos.....	45
3.1.4 Recursos Informáticos.....	45
3.2 Metodología.....	45
3.2.1 Universo, Muestra, Población.....	45
3.2.2 Sistema de Variables.....	46
3.2.3 Diseño Experimental de la Investigación.....	46
3.2.4 Diseño de Instrumentos.....	46
3.2.5 Procesamiento de Información.....	47
3.2.5.1 Demanda de agua en la irrigación El Avisado-La Conquista.....	47
a)Cedula de cultivos.....	48
b)Coeficientes de cultivo (Kc).....	50
c)Información meteorológica a utilizar.....	52
d)Determinación de la evapotranspiración potencial.....	52



	<b>Pág.</b>
e) Calculo de la demanda de agua mensual en la irrigación	
El Avisado-La Conquista.....	54
f) Calculo del caudal de diseño para el canal principal.....	56
3.2.5.2 Balance hidrológico.....	56
3.2.5.3 Geotecnia y Mecánica de Suelos.....	56
3.2.5.4 Diseño hidráulico del canal principal y toma lateral.....	62
a) Consideraciones de diseño hidráulico.....	62
▪ Canal sin revestir.....	62
▪ Canal revestido.....	65
▪ Toma lateral.....	67
b) Diseño hidráulico.....	71
▪ Diseño hidráulico del canal sin revestir.....	71
▪ Diseño hidráulico de canal revestido.....	82
▪ Diseño hidráulico de toma lateral.....	92
3.2.5.5 Diseño Estructural del Canal Principal y Toma Lateral.....	99
a) Consideraciones de diseño estructural.....	99
▪ Canal revestido.....	99
▪ Toma lateral.....	101
b) Diseño estructural.....	102
▪ Canal revestido en concreto simple. ....	102
▪ Diseño estructural de toma lateral.....	118

## **IV. RESULTADOS**

4.1 Disponibilidad de agua en la fuente.....	127
4.2 Cedula de cultivo del proyecto.....	127
4.3 Demanda de agua del proyecto.....	127
4.3.1 Requerimiento de agua mensual del Proyecto	
El Avisado – La Conquista.....	127
4.3.2 Caudal de diseño.....	127
4.3.3 Balance hidrológico.....	127
4.4 Dimensionamiento hidráulico del canal principal y toma lateral.....	128

4.4.1	Tramo I.....	128
4.4.2	Tramo II.....	128
4.4.3	Tramo III.....	128
4.4.4	Toma lateral.....	129

**Pág.**

## **V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

5.1	Selección de alternativas.....	132
5.2	Contrastación de Hipótesis.....	132

## **VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1	Conclusiones.....	133
6.2	Recomendaciones.....	134

## **VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **VIII. ANEXOS**

Anexo 01:	Cuadros: Temperatura.....	137
Anexo 02:	Cuadros: Precipitación.....	138
Anexo 03:	Estudios de suelo.....	150

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pagina
Tabla N° 01: Taludes recomendados.....	23
Tabla N° 02: Valores de "n" dados por Horton para ser empleados en las formulas de Kutter Y Manning.....	24
Tabla N° 03: Velocidad máxima de erosión.....	25
Tabla N° 04: Relación de máxima eficiencia hidráulica.....	30
Tabla N° 05: Pendientes admisibles en canales de tierra.....	32
Tabla N° 06: Caudal Vs Ancho de solera.....	33
Tabla N° 07: Caudal Vs Bordo libre.....	34
Tabla N° 08: Ancho de solera Vs Bordo libre.....	35
Tabla N° 09: Longitud del resalto en canales con Tirante conjugado $F_1$ según el US. BUREAU Of. Reclamamtión.....	94
Tabla N° 10: Longitud del resalto en canales con pendientes según el US. BUREAU Of. Reclamamtión.....	94
Tabla N° 11: Valores de $K_e$ .....	95
Tabla N° 11: Peso específico y ángulo de fricción interna.....	101

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pagina
Cuadro N° 01: Promedios mensuales de temperaturas máximas (°C)-(Rioja: 1972-1998).....	137
Cuadro N° 02: Promedios mensuales de temperaturas mínimas (°C)-(Rioja: 1972-1998).....	137
Cuadro N° 03: Temperatura media mensual (°C)-Estación Valle La Conquista...	138
Cuadro N° 04: Temperatura media mensual (°C)-Estación Pueblo Libre.....	138
Cuadro N° 05: Temperatura media mensual (°C)-Estación San José.....	139
Cuadro N° 06: Temperatura media mensual (°C)-Estación Buenos Aires.....	139
Cuadro N° 07: Temperatura media mensual (°C)-Estación Rioja.....	140
Cuadro N° 08: Temperatura máxima mensual (°C)-Estación Rioja.....	141
Cuadro N° 09: Temperatura mínima mensual (°C)-Estación Rioja.....	142
Cuadro N° 10: Temperatura media mensual (°C)-Estación Moyobamba.....	143
Cuadro N° 11: Temperatura máxima mensual (°C)-Estación Moyobamba.....	144
Cuadro N° 12: Temperatura mínima mensual (°C)-Estación Moyobamba.....	145
Cuadro N° 13: Precipitación total mensual den mm – Estación la Conquista.....	146
Cuadro N° 14 : Calculo de la precipitación efectiva al 75%.....	147
Cuadro N° 15: Cédula de cultivos propuesta.....	49
Cuadro N° 16: Coeficientes de cultivo para la cédula propuesta.....	51
Cuadro N° 17: Estimación de la evapotranspiración Potencial por el Método de Hargreaves (mm) –Estación Moyobamba.....	53
Cuadro N° 18: Estimación de la evapotranspiración potencial por el Método de Blaney y Criddle – Estación Moyobamba.....	54
Cuadro N° 19: Demanda de agua de los cultivos del proyecto Irrigación El Avisado La Conquista.....	55
Cuadro N° 20: Resumen de los elementos geométricos, dinámicos y cinéticos de los diferentes tipos de secciones Condición: Canal sin revestimiento.....	81
Cuadro N° 21: Resumen de los elementos geométricos, dinámicos y cinéticos de los diferentes tipos de secciones Condición : canal revestido.....	91
Cuadro N° 22: Caudales medios del río Avisado.....	148
Cuadro N° 23: Balance Hidrológico.....	148
Cuadro N° 23: Descargas genradas en el Rio Avisado (m3/seg) .....	149

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pagina
Gráfico N° 01: Ubicación del proyecto en el Perú.....	04
Gráfico N° 02: Ubicación del proyecto en la Región San Martín.....	05
Gráfico N° 03: Elementos geométricos de un canal.....	20
Gráfico N° 04: Espesor del revestimiento en función del caudal.....	27
Gráfico N° 05: Esquema típico de una transición.....	28
Gráfico N° 06: Sección típica de canal.....	38
Gráfico N° 07: Caso I – Canal vacío.....	39
Gráfico N° 08: Caso II – Canal lleno.....	39
Gráfico N° 09: Idealización para el análisis estructural.....	40
Grafico N° 10: Perfil estratigráfico.....	150
Grafico N° 11: Longitud del conducto.....	68
Grafico N° 12: Coeficiente de descarga.....	70
Grafico N° 13: Coeficiente de descarga para compuertas planas inclinadas.....	71
Grafico N° 14: Longitud del conducto cubierto.....	102
Grafico N° 15: Primer estado de carga: Tramo I.....	104
Grafico N° 16: Segundo estado de carga: Tramo I.....	105
Grafico N° 17: Envolvente de momentos flectores Tramo I.....	105
Grafico N° 18: Envolvente de fuerzas cortantes Tramo I.....	106
Grafico N° 19: Primer estado de carga: Tramo II.....	110
Grafico N° 20: Segundo estado de carga: Tramo II.....	111
Grafico N° 21: Envolvente de momentos flectores Tramo II.....	111
Grafico N° 22: Envolvente de fuerzas cortantes Tramo II.....	111
Grafico N° 23: Primer estado de carga: Tramo III.....	115
Grafico N° 24: Segundo estado de carga: Tramo III.....	116
Grafico N° 25: Envolvente de momentos flectores Tramo III.....	116
Grafico N° 26: Envolvente de fuerzas cortantes Tramo III.....	116
Grafico N° 27: Primer estado de carga: Toma lateral.....	120
Grafico N° 28: Envolvente y momento flectores Toma lateral.....	121
Grafico N° 29: Envolvente de fuerzas cortantes Toma lateral.....	121

## **ÍNDICE DE PLANOS**

- Plano N° 01: Plano del Perfil Estratigráfico del canal principal
- Plano N° 02: Plano de ubicación del proyecto
- Plano N° 03: Planteamiento hidráulico del canal
- Plano N° 04: Planta y perfil del canal principal
- Plano N° 05: Planta y detalles de tomas laterales



## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Alcances

El Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM), es el ente responsable de la ejecución del Proyecto “Desarrollo Integral Alto Mayo” (DIAM) cuyo objetivo principal es elevar los ingresos de la población, haciendo uso sostenible de los recursos de agua y suelo.

Dentro de este contexto considera el mejoramiento de los sistemas de riego y drenaje en la margen izquierda del río Mayo, como uno de los factores importantes para fomentar el desarrollo agrícola de la zona.

En tal sentido, el Proyecto Especial Alto Mayo ha considerado importante el mejoramiento de los sistemas de riego y drenaje en la margen izquierda del río Mayo, conformados por 04 Irrigaciones independientes denominadas: San José del Alto Mayo, José Olaya – San Pedro, Avisado – La Conquista y la Libertad, priorizando la implementación del Sub – Proyecto Avisado – La Conquista, delimitado por los ríos Avisado y Huascayacu.

El Sistema de Riego y Drenaje “El Avisado-La Conquista”, consta de una bocatoma, canal principal denominado “El Luchador”, una toma lateral, canales laterales y sub-laterales. Actualmente la captación rustica se encuentra colapsada y para captar el agua de riego los agricultores han instalado tubos de drenaje tipo ARMCO, en el centro del cauce protegidos con sacos llenos de arena.

El canal principal denominado “El Luchador”, que se extiende desde la captación hasta llegar a su división entre los canales laterales 24 de Junio y el Tayme. El canal “El Luchador” actualmente presenta una sección irregular, excavada en un estrato superior de suelo arenoso con taludes cubiertos por vegetación. La profundidad de la caja supera los 3.00 m hasta un estrato de suelo arcilloso. Constituye un cauce natural cualquiera.

La toma lateral rustica y los canales laterales tienen un trazo irregular y secciones transversales de geometría variada y en su recorrido forman cavidades que proporcionan



la geometría irregular del cauce. Del mismo modo se observa que las quebradas existentes como el caso de la denominada Santa Rosa y que forman parte del drenaje natural no tienen cauce definido sino hasta llegar a la parte baja, de la cual se capta aguas contaminadas y es utilizada como un canal sublateral.

En resumen el actual sistema de riego y drenaje es sumamente precario, los canales no están revestidos y no cuentan con obras para controlar la inundación de los predios vecinos ni evacuar las aguas excedentes por la falta de cota de salida libre.

En tal sentido, en la presente Tesis se plantean las recomendaciones necesarias para alcanzar mayor eficiencia en la operación del sistema de riego, de tal manera de optimizar el uso del agua de riego con la finalidad de alcanzar altos niveles de producción y productividad agrícola, y tiene por finalidad realizar el Diseño Hidráulico y Estructural del Canal Principal y Toma Lateral de la Irrigación el Avisado – La Conquista.

## 1.2 Limitaciones

Teniendo en consideración que el área de a Irrigación Avisado – La Conquista presenta un clima apto para la agricultura y contando con registros Hidrometeorológicos proporcionados por el Servicio Nacional de Metrología e Hidrología (SENAMHI) y el Proyecto Especial Alto Mayo, se ha optado para efectos de cálculos de la demanda actual de agua, emplear el método de BLANEY – CRIDDLE, para lo cual se ha considerado cultivos de arroz y maíz en la cedula de cultivos.

Para el cálculo de la demanda de agua actual de a Irrigación Avisado – La Conquista aplicando el método antes indicado, se ha necesitado información meteorológica de la zona en estudio: precipitación, temperatura, horas de sol, etc., esta información básica, se ha obtenido del Servicio Nacional de Metrología e Hidrología (SENAMHI) y del Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM), que corresponde a los últimos 40 años; también se ha utilizado otros datos característicos que presentan las plantas y el suelo como son: coeficiente de cultivo, eficiencia de riego, área de cultivo, etc., esta información se ha obtenido de las diferentes referencias bibliográficas. En tal sentido, al existir la información





y metodología adecuada no ha existido limitación alguna para el desarrollo de la presente Tesis.

### **1.3 Aspectos generales**

#### **1.3.1 Ubicación y Acceso**

El área de la irrigación El Avisado – La Conquista se ubica en la margen izquierda del río Avisado, afluente del río Mayo. Políticamente pertenece a la región San Martín, Departamento de San Martín, Provincia de Moyobamba, Distrito de Moyobamba, Caseríos La Conquista y Pueblo Libre.

La cuenca del río Avisado en la zona del proyecto se localiza entre los paralelos  $5^{\circ} 50'$  y  $5^{\circ} 55'30''$  de latitud sur y entre los meridianos  $77^{\circ} 08'$  y  $77^{\circ} 13'$  de longitud Oeste.

El acceso al área del Proyecto, lo constituye la Carretera Marginal de la Selva que une la región nororiental con la Costa por la carretera Olmos - Corral Quemado y hacia el norte con Piura y al Sur con Lambayeque y Chiclayo.

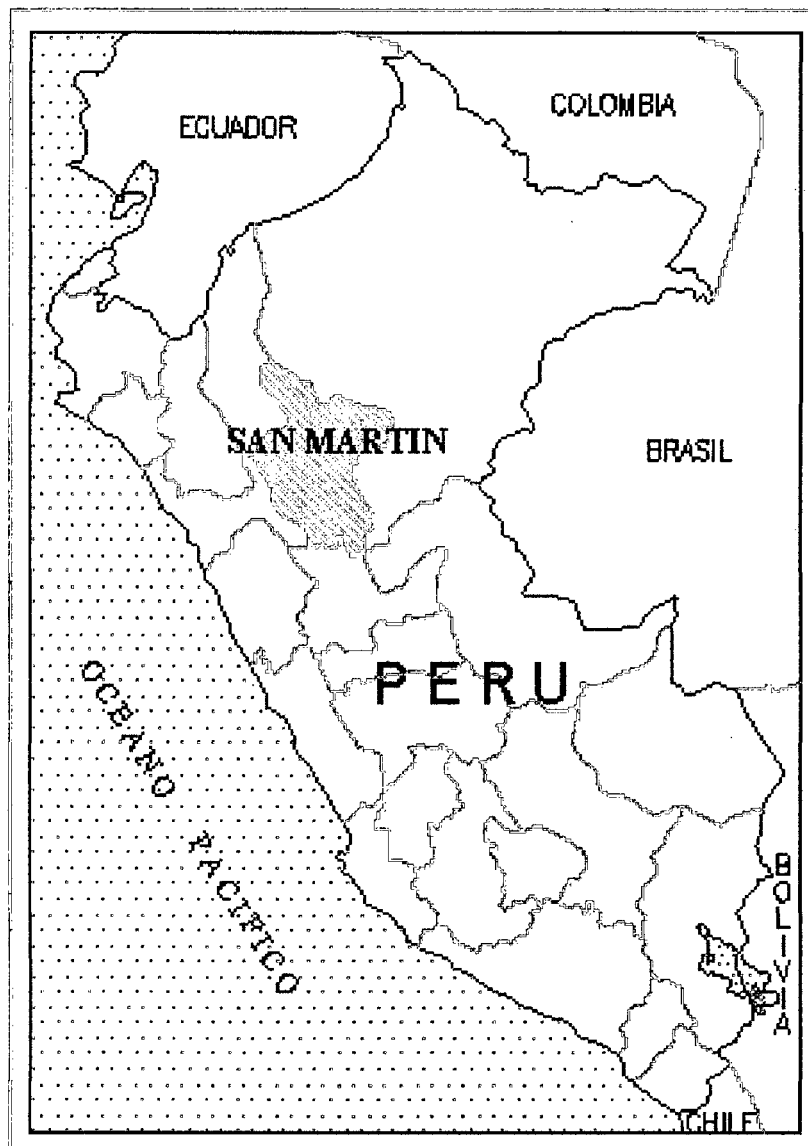
Al área del proyecto se accede ya sea desde el poblado Nueva Cajamarca o de Rioja ambos sobre la carretera Marginal Norte; y desde aquí, a Moyobamba, capital de San Martín y luego a la ciudad de Tarapoto, ubicada a 135 Km de la ciudad de Rioja.

La red vial secundaria que une El Valle La Conquista con Nueva Cajamarca o Rioja se hace desde la carretera Marginal pasando por el caserío Yuracyacu y puente sobre el río Mayo. A partir de aquí, por carretera afirmada se llega hasta los caseríos La Conquista y Pueblo Libre, donde se ubica el área del Proyecto.



**Grafico N° 01**

**Ubicación del Proyecto en el Perú**



Universidad Nacional de San  
Martín

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Tesis: DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMAS  
LATERALES DEL PROYECTO DE IRRIGACION EL AVISADO - LA CONQUISTA

Plano : UBICACION DEL PROYECTO

PERU

Lamina :

Lev. Top. :

Asesor :

Diseño :

J. P. B.

V. L. R.

01

Dibujo : V. L. R.

Fecha :

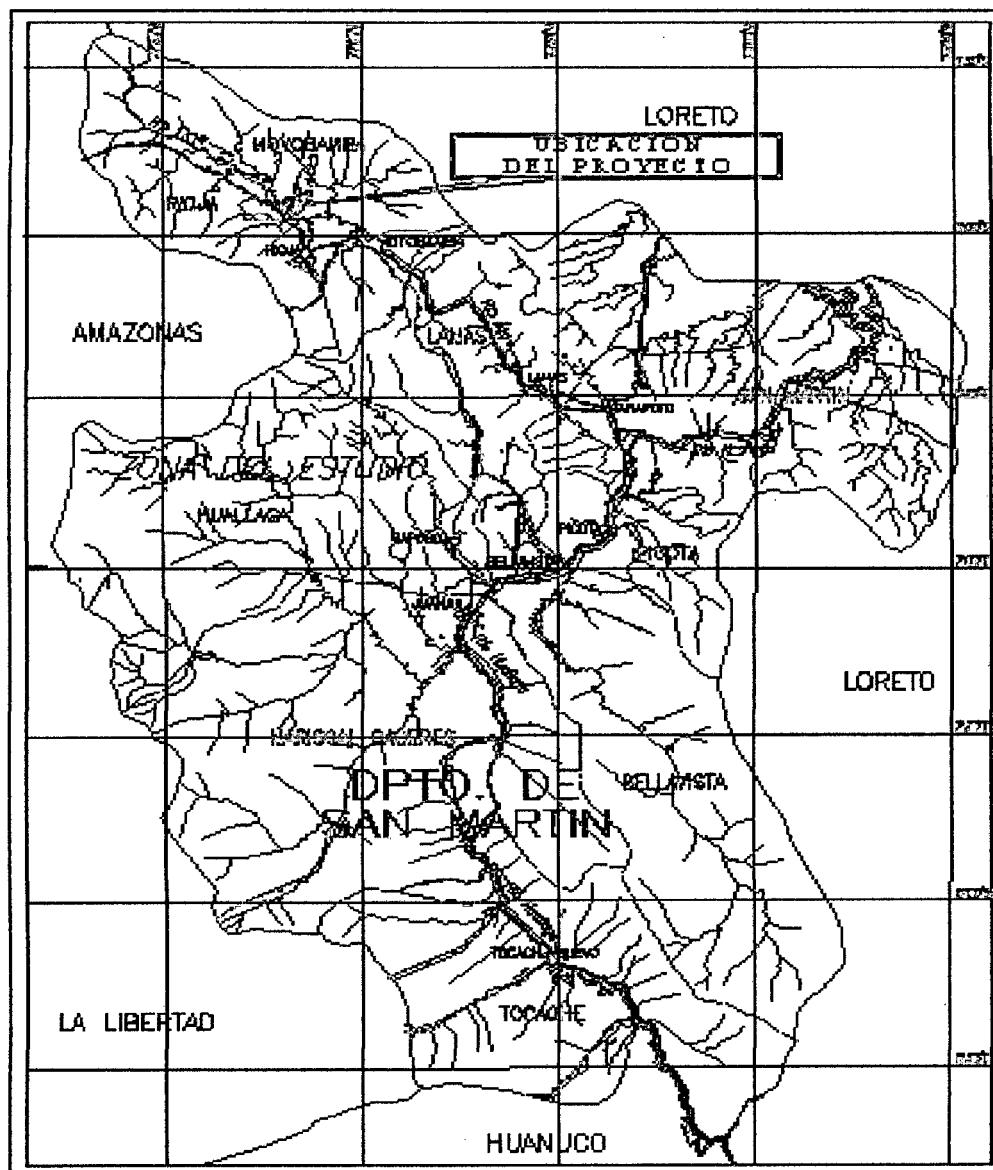
FEB '04

Esc. :



**Grafico N° 02**

**Ubicación del Proyecto en el la Región San Martín**



<b>Universidad Nacional de San Martín</b>			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
<i>Tesis: DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMAS LATERALES DEL PROYECTO DE IRRIGACIÓN EL AVISADO - LA CONQUISTA</i>			
Plano: UBICACION DEL PROYECTO			
REGION SAN MARTIN			Lamina:
Lev. Top.:	Asesor: J. P. B.	Diseño: V. L. R.	<b>02</b>
Dibujo: V. L. R.	Fecha: FEB '04	Etc.:	



### 1.3.2 Clima <sup>(1)</sup>

Esta región, por su posición geográfica y de baja latitud se encuentra en la zona ecuatorial de clima tropical que se caracteriza por ser muy cálido, además, es bastante húmedo y lluvioso.

El régimen de distribución de la precipitación mensual muestra que en la zona llueve casi todo el año, alcanzando los más altos índices entre los meses de Septiembre a parte de Mayo; con un máximo superior a los 200 mm concentrándose la menor precipitación entre los meses de Junio a Agosto con el orden de los 40 mm.

La Temperatura, sufre variaciones a lo largo del año, alcanzando las máximas un promedio mensual de 29°C, en tanto que la temperatura mínima en los meses de junio a septiembre baja hasta los 16° C.

### 1.3.3 Geología Superficial <sup>(1)</sup>

Geológicamente, la superficie de la zona del Alto Mayo descansa sobre una sucesión de rocas sedimentarias de origen marino de los Periodos Triásico y del Cretáceo, así como por gruesas capas de depósitos aluviales correspondientes al terciario superior y cuaternario reciente.

Específicamente, en el caso del valle de La Conquista, todos los suelos son de origen aluvial antiguo, arenosos con baja pendiente, con presencia de agua superficial pese a su textura arenosa, determinada por la existencia de una capa arcillosa e impermeable que permite la saturación de los estratos arenosos.

Se aprecia, igualmente, la existencia de depresiones con alta acumulación de agua, adyacente al río Avisado donde existe una exuberante vegetación arbórea propia de zonas de pantano (aguajal).

---

<sup>(1)</sup> Proyecto Especial Alto Mayo: Proyecto “ Desarrollo Integral del Alto Mayo” (DIAM)



### 1.3.4 Fisiografía <sup>(1)</sup>

Fisiográficamente el ámbito de estudio se encuentra ocupando una gran llanura de inundación o paisaje interfluvial, el cual se ha ido formando, a través de los años, por los depósitos periódicos que ha venido realizando el río Avisado, así como sus tributarios, caso de las quebradas Limoncillo, Santa Rosa y Fernández.

En el paisaje mencionado es posible distinguir tres niveles de terrazas:

#### a) Terrazas bajas <sup>(1)</sup>

Que son inundables en épocas de avenidas extraordinarias, constituyendo las conocidas asociaciones hídricas de Aguajales y Renacales que se han formado por la topografía plana y depresiones del terreno, así como por la presencia de un Substrato impermeable. Los suelos que ocupan esta posición fisiográfica se caracterizan por ser de origen relativamente reciente, caracterizados por poseer capas de textura moderadamente gruesa a gruesa.

#### b) Terrazas Medias <sup>(1)</sup>

Están en una posición ligeramente más alta, caracterizándose por tener un menor riesgo de inundación y por poseer suelos constituidos por sedimentos heterogéneos donde se mezclan materiales limo arenosos con materiales moderadamente gruesos a gruesos, el relieve es plano o ligeramente ondulado con diferentes clases de drenaje interno.

#### c) Terrazas Altas <sup>(1)</sup>

Se distinguen en las intermediaciones de las quebradas Santa Rosa y Fernández, no tienen riesgo de inundación, de relieve plano y ligeramente ondulado, con suelos relativamente más antiguos constituidos por sedimentos finos.

---

<sup>(1)</sup> Proyecto Especial Alto Mayo: Proyecto “ Desarrollo Integral del Alto Mayo” (DIAM)



### 1.3.5 Hidrografía y Drenaje <sup>(1)</sup>

La hidrografía de la zona en estudio esta representada por el río Avisado, que es la fuente de abastecimiento de agua a la irrigación y es afluente del río Mayo. También forman parte del sistema hidrográfico local, las quebradas de Limoncillo I y II, la quebrada Fernández y la quebrada Santa Rosa.

Los suelos ubicados en las terrazas bajas presentan problemas de drenaje debido más que todo a la presencia de una napa freática relativamente alta, lo que se acentúa en las épocas de mayor precipitación con el aumento del nivel de las aguas del río Avisado que dificulta el drenaje de los mismos reduciendo la cobertura de cultivos alternativos para la zona.

La pendiente baja del río y el efecto de su confluencia con el río Mayo provoca remansos que afectan la evacuación de las aguas de lluvia que se precipitan sobre el área de riego.

### 1.3.6 Topografía <sup>(1)</sup>

La topografía del ámbito del estudio se caracteriza por ser casi plana, siendo el micro relieve uniforme en aquellas áreas donde se cultiva el arroz, y en las áreas de pastizales y donde no se riega todavía, el microrelieve es ligeramente ondulado. El área de riego se ubica entre las cotas 820 msnm y 806 msnm. La pendiente promedio se puede considerar como menor al 0.5%.

### 1.3.7 Ecología <sup>(1)</sup>

Desde el punto de vista ecológico las condiciones climáticas, han creado un medio ambiente favorable para la formación de bosques constituidos de árboles, arbustos y plantas herbáceas.

En los estudios de ecología regional y aplicando los criterios del Sistema de Clasificación de Zonas de Vida del Mundo del Dr. L. R. Holdridge, el área esta incluida en la Formación

---

<sup>(1)</sup> Proyecto Especial Alto Mayo: Proyecto “ Desarrollo Integral del Alto Mayo” (DIAM)



Ecológica Bosque Húmedo – Premontano Tropical (bh – PT), transicional a bosque seco Premontano Tropical (bs – PT).

Desde hace 15 años los bosques se están transformando en tierra agrícola para desarrollar cultivos de secano: (maíz, frijol, café, pastos y coca) y de riego (arroz). Entre los ecosistemas todavía existentes destacan los aguajales (biotopos húmedos con alta biodiversidad bajo protección, por ejemplo palmera aguaje: *Mauritia flexuosa*) y chamizales con vegetación baja sin ningún potencial forestal maderero o agrícola. Finalmente existen ecosistemas de extrema fragilidad (pendientes montañosos con deforestación avanzada), cuyo deterioro tendrá serias consecuencias para el sistema de riego.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema

#### Antecedentes

En “La Irrigación El Avisado – La Conquista”, encontramos que en 1983 un grupo de aproximadamente 70 agricultores inició la construcción del sistema de riego “La Conquista” (actual nombre: sistema de riego “Avisado”), construyendo un canal de aproximadamente 240 m. con captación en el río Avisado y empalmó con la quebrada “Santa Rosa”. Esta primera parte es reconocida hasta hoy como canal principal “El Luchador”. Posteriormente se construyeron los canales laterales denominados canal “A” y canal “Taime”. Con el transcurso de los años se construyeron más canales laterales y sub laterales. Hoy el sistema cuenta con 6 canales laterales (Jordán, La Conquista, B1, B2, Taime, 24 de Junio), que a su vez determinan las áreas de riego de los diferentes comités de riego bajo los mismos nombres, salvo en el caso de los laterales B1 y B2 donde los usuarios están reunidos en el Comité Limoncillo, incluyendo el lateral B3 que sale de la misma quebrada Limoncillo. El sistema cuenta con dos drenes naturales, la quebrada de Limoncillo y la quebrada de Santa Rosa. Algunos tramos de ambas quebradas se usan a su vez tanto como dren así como canal de riego; sobre todo en las partes bajas del sistema y especialmente en las épocas de estiaje. A parte de estos drenes naturales existen algunos drenes construidos por agricultores individuales o por pequeños grupos de agricultores.

En el estudio de Pre-Factibilidad del proyecto de Riego Alto Mayo realizado por el Consorcio GFA/CES en marzo de 1995, podemos encontrar que en la zona del Alto Mayo, se encuentra operando desde 1982 el Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM), sobre todo en el desarrollo de Infraestructura de Riego, vialidad, créditos agropecuarios e infraestructura social. Sus fuentes de financiamiento fueron el Banco Mundial, el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) y fondos del Tesoro Público.





Mientras que las actividades del Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM) se concentraron principalmente en la margen derecha del Alto Mayo, la margen izquierda quedó relegada, fundamentalmente por razones políticas, que provocaron el retiro del Banco Mundial. El mejoramiento de la infraestructura de riego quedó en una fase de planificación preliminar. Su ejecución no se inició como fue inicialmente propuesta, a pesar de contar con condiciones productivas y una población campesina, con posibilidades de desarrollo agrícola, sobre todo en cultivo de arroz.

La mayoría de los agricultores han llegado de diferentes zonas de la Sierra, más del 50% de agricultores de la zona proviene del departamento de Cajamarca (sobre todo de la Provincia de Chota).

Sin embargo, un número más reducido de agricultores provienen de departamentos costeros (Piura, Lambayeque). Cuando llegaron en 1983 estaba en pleno proceso el proyecto de parcelación a cargo del Ministerio de Agricultura. Los agricultores, solicitaron al Ministerio de Agricultura ser incluidos en el proceso de parcelación, luego de ser aceptados trabajaron en la "parcelación", su trabajo consistía básicamente en hacer trochas, y finalmente recibieron entre 10 a 30 Has por persona.

El sistema de riego fue permanentemente ampliado y hoy abarca un área total de 2539 has, de las cuales 1547 están bajo riego. El número total de usuarios es de 357.

Los agricultores casi en su totalidad producen arroz (911.85 has.), aproximadamente el 50% (485.55 has) en la campaña chica. Es interesante notar, que solamente aproximadamente el 10 – 20% de los productores inmigrantes tenía experiencia en la producción de arroz, lo que no es sorprendente teniendo en cuenta que el arroz no juega un papel importante en el lugar de origen de la mayoría de los agricultores.

Para subsanar la deficiencia anteriormente mencionada, el Instituto Nacional de Desarrollo (INADE) firma un contrato con el KFW para formular un proyecto de desarrollo, basándose en el análisis de 6 proyectos de riego en la margen izquierda del Alto Mayo, propuestos por el Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM).



## **Formulación del problema a resolver**

No existe el diseño hidráulico y estructural del canal principal y toma lateral, que formen parte de los estudios definitivos de Ingeniería de Proyecto de Irrigación El Avisado – La Conquista.

## **2.2 Objetivos generales y específicos**

### **2.2.1 Objetivos generales**

- Realizar el diseño hidráulico y estructural del canal principal y toma lateral del proyecto de irrigación el avisado - la conquista

### **2.2.2 Objetivo específico**

- Favorecer el incremento de la eficiencia de riego en el sistema existente, mediante el mejoramiento de la infraestructura de conducción y de distribución de agua.
- Realizar los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos para determinar la estratigrafía y características físicas del mismo.
- Realizar el diseño hidráulico para determinar la capacidad de conducción y distribución del agua del canal y toma lateral.
- Realizar el diseño estructural del canal principal y toma lateral de modo que respondan las solicitaciones y estados de carga a las que van a estar sometidas.

## **2.3 Justificación de la investigación**

La dificultad que presenta, la no existencia de todos los estudios definitivos de Ingeniería, no permite la culminación del proyecto de Irrigación El Avisado – La Conquista.



Teniendo en consideración la problemática existente, el desarrollo del presente proyecto hará posible realizar el diseño hidráulico y estructural del canal principal y tomas laterales, que permita:

- Mejorar la administración del recurso hídrico.
- Garantizar una óptima operación y conservación de las obras de riego.
- Ampliar la frontera agrícola del Valle El Avisado – La Conquista, al disponer de infraestructura de riego adecuada.
- Contribuir a la formación de una fuente tecnológica de información respecto al diseño de canales de riego.

## **2.4 Delimitación de la investigación**

El desarrollo del presente trabajo de investigación se limita al cálculo hidráulico que permita el dimensionamiento o tamaño de las obras así como de sus componentes, para lo cual se realizará el cálculo estructural, tanto para el canal principal así como para la toma lateral.

## **2.5 Marco Conceptual**

### **2.5.1 Antecedentes de la investigación**

En el año 1983 un grupo aproximadamente de 70 pobladores en la mayoría agricultores, llegaron al valle la conquista para su respectiva población, donde las tierras estaban en pleno proceso de parcelación a cargo del Ministerio de Agricultura, sus trabajos consistían en hacer trochas, donde fueron otorgados entre 10 a 30 hectáreas por poblador.

En el mismo año se inició la construcción rústica del sistema de riego “La Conquista”, construyendo una bocatoma a tajo abierto y un canal de 240 ml, este canal empalmó con la quebrada Santa Rosa posteriormente se construyó los canales laterales denominados “A” y “Taime”, al transcurrir los años se construyeron mas canales y sub laterales, hoy en día cuenta con seis canales laterales.



En el año de 1995 el Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM) realizó el estudio de Pre factibilidad a través del consorcio GFA / CES.

En el año 1982 el Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM), empezó el desarrollo de infraestructura de riego teniendo como financieras al Banco Mundial, Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) y fondos de Tesoro Publico.

En la actualidad el Canal "Valle la Conquista" cuentan con 357 usuarios.

En el año 1982 el Instituto Nacional de Desarrollo (INADE) firma un contrato con KFW para formular un proyecto de desarrollo, basándose en el análisis de 6 proyectos de riego en la margen izquierda del alto Mayo propuesta por el Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM).

De acuerdo a la priorización que comprendían diferentes factores se selecciono los sub proyectos, La Conquista y José Olaya.

En el año 2005, se da inicio el presente trabajo de investigación, que tiene por objetivo el diseño hidráulico y estructural del canal principal del Proyecto de riego en referencia.

### **2.5.2 Fundamentación teórica de la investigación**

Los fundamentos teóricos, se sustentan en la formula de Manning por ser una simplificación de la formula de Ganguillet – Kutter por presentar resultados mas próximos a los valores constatados en un Estudio realizado en los Estados de Norte América que abarcaba la aplicación de la formula.

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

La formula se ha utilizado teniendo en consideración el concepto de máxima eficiencia hidráulica para la condición de canal revestido, y de mínima infiltración para la condición de canal sin revestir.



El caudal de diseño se ha obtenido en base al uso consuntivo y demanda de agua del área del Proyecto de riego en base a la cedula de cultivos propuesta.

Así mismo para el diseño estructural del canal y toma lateral se utilizó el programa SAP-2000. Este diseño se verificó para los dos estados de cargas tanto a canal vacío como a canal lleno de agua.

### **2.5.3 Terminología básica**

#### **2.5.3.1 Demanda de agua de riego <sup>(2)</sup>**

Es la cantidad de agua en MMC necesaria para satisfacer una determinada área a irrigar de acuerdo a los tipos de cultivos que se van a desarrollar, establecidos en la cédula de cultivo.

#### **2.5.3.2 Evapotranspiración <sup>(3)</sup>**

Cantidad de agua transferida del suelo a la atmósfera por evaporación y por la transpiración de las plantas y/o cultivos.

##### **2.5.3.2.1 Evapotranspiración potencial <sup>(3)</sup>**

Pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada por evaporación y transpiración de las plantas, que ocurriría en el caso que hubiera un adecuado abastecimiento de humedad de agua al suelo en todo momento.

---

<sup>(2)</sup> DELGADO VÁSQUEZ, Roiser Enrique. Informe de Ingeniería: Alternativa de Mejoramiento Hidráulico del Canal Principal Margen Derecha Irrigación Sisa, Pág. 17

<sup>(3)</sup> MONSALVE SÁENZ, Germán. Hidrología en la ingeniería. Pág. 21



### 2.5.3.2.2 Evapotranspiración real <sup>(3)</sup>

Pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada, en las condiciones reinantes atmosféricas y de humedad del suelo, por fenómenos de evaporación y transpiración de las plantas.

### 2.5.3.3 Uso consuntivo <sup>(4)</sup>

Es la cantidad de agua pura sin recuperación consumida por los cultivos en su desarrollo y maduración de sus frutos, es decir:

$$Uc = At + Ae + An \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

Uc = Uso Consuntivo

At = Agua para la transpiración

Ae = Agua para la evaporación.

An = Agua para la nutrición de la planta.

### 2.5.3.4 Métodos empleados para el cálculo de la evapotranspiración <sup>(4)</sup>

#### 2.5.3.4.1 Métodos directos

Mediante estos métodos se determinan las dotaciones de riego y se efectúa la planeación de los riegos con pruebas efectuadas directamente en el campo y en el laboratorio. Entre los métodos directos citaremos a los siguientes:

- Parcela o Granja Experimental.
- Lisímetros.
- Control de la Humedad del Suelo.

---

<sup>(4)</sup> ROSELL CALDERÓN, César Arturo. Irrigación. Pág. 51.



#### 2.5.3.4.2 Métodos indirectos

La determinación de fórmulas en base a la experimentación fue desarrollada por el Ministerio de Agricultura de Los Estados Unidos. Muchos investigadores han desarrollado métodos y fórmulas empíricas para calcular la evapotranspiración, entre ellos indicaremos los siguientes:

- Método de Blaney & Criddle.
- Método de Thornthwaite.
- Método de Penman.
- Método de Christiansen.

#### 2.5.3.5 Coeficiente de cultivo <sup>(5)</sup>

Coeficiente empírico de uso consuntivo correspondiente a un determinado cultivo, durante el periodo de riego o para el periodo de desarrollo del cultivo.

#### 2.5.3.6 Cedula de cultivos <sup>(4)</sup>

La cédula de cultivos viene a ser la relación o tabla de cultivos posibles a desarrollar en un valle de acuerdo a sus condiciones de clima, suelos y experiencia de los campesinos. Está conformada por cultivos permanentes y cultivos temporales o anuales.

#### 2.5.3.7 Dotación de riego <sup>(4)</sup>

La Dotación de Riego o demanda de agua de los cultivos viene dada por la siguiente expresión:

$$D = \frac{UC}{Ef} \dots\dots\dots(2)$$

---

<sup>(5)</sup> TORRES HERRERA, Francisco. Obras Hidráulicas, Pág.69, 13.

<sup>(4)</sup> ROSELL CALDERÓN, César Arturo. Irrigación. Pág. 51.



Donde:

D = Dotación de Riego

UC= Evapotranspiración

Ef = Eficiencia total

### 2.5.3.8 Hidrología <sup>(6)</sup>

Es la ciencia que investiga y estudia todo cuanto se relaciona con el agua en la naturaleza. Así podemos indicar lo siguiente:

- Analiza la ocurrencia, distribución y circulación del agua en la tierra, es decir: en la atmósfera (humedad, evaporación, condensación, precipitación), en la superficie terrestre (escorrentía, depósitos lacustres, etc.) y en los estratos geológicos (aguas subterráneas).

- Comprende desde luego el estudio de la calidad de las aguas y los aspectos relacionados con la polución.

- Los análisis y estudios sobre la escorrentía, distribución, circulación y calidad del agua se dirigen a establecer la disponibilidad de los recursos de este elemento para satisfacer las exigencias humanas de supervivencia y/o necesidades fundamentales. Se relaciona, sustancialmente con los campos agrícola, sanitario y económico.

### 2.5.3.9 Canales <sup>(7)</sup>

Los canales son conductos en los cuales el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera.

Los canales pueden ser naturales (ríos o arroyos) o artificiales (construidos por el hombre), dentro de éstos últimos pueden incluirse aquellos conductos cerrados que trabajan parcialmente llenos (alcantarillas, tuberías).

---

<sup>(6)</sup> VILLÓN BÉJAR, Máximo. Hidráulica de Canales. Pág.1.

<sup>(7)</sup> VILLÓN BÉJAR, Máximo. Hidráulica de Canales. Pág.1.





### 2.5.3.9.1 Clasificación de los canales <sup>(4)</sup>

Los canales pueden clasificarse según:

#### a. La función que cumplen en los sistemas:

- Canal de derivación: es el canal que conduce las aguas desde la toma hasta el punto inicial de reparto de las aguas.
- Canal madre o principal: es el canal que recorre por los puntos más altos del terreno por regar y desde el cual se inicia la distribución mediante los canales laterales.
- Canales distributarios: llamados laterales son los que llevan las aguas a las áreas de riego y finalmente a las parcelas.

#### b. De acuerdo a su origen:

- Naturales: Son los cursos de agua existentes en forma natural como consecuencia del escurrimiento de la lluvia, varían desde un pequeño riachuelo, arroyo a un gran río.
- Artificiales: Son los contruidos por el hombre tales como: los canales de navegación, túneles, canales para proyectos de riego, los pequeños canales y conductos empleados en modelos reducidos.

#### c. Según la sección Transversal pueden ser:

- Rectangulares: Son los que adoptan secciones cuadradas y rectangulares. Se utilizan en conductos abiertos transiciones, estructuras menores.
- Trapezoidales: Son los más empleados y sus taludes varían de acuerdo a la geología que atraviesan.
- Triangulares: utilizados en laboratorios y en algunos arroyos naturales con objetos de incrementar el tirante para una mejor determinación de la altura de agua.
- Circulares: utilizados para trabajar parcialmente llenos; se emplean en túneles, conductos cubiertos, alcantarillas, y desagües.

---

<sup>(4)</sup> ROSELL CALDERÓN, César Arturo. Irrigación. Pág. 51.



- Semicirculares: utilizados en canales prefabricados y para pruebas de laboratorio.
- Herraje: también llamados Horse Shoe, se utilizan en túneles, alcantarillas y conductos cerrados.

### 2.5.3.9.2 Elementos de un canal <sup>(7)</sup>

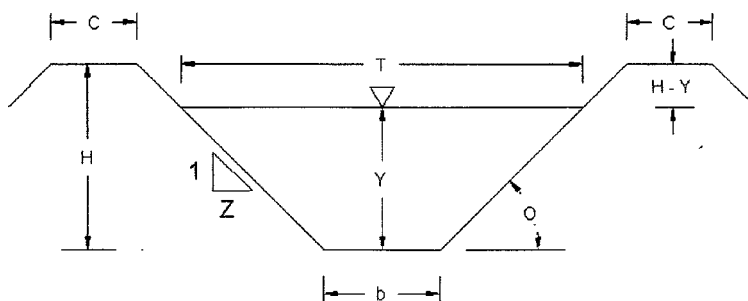
El diseño hidráulico de los canales se define en función de tres tipos de elementos, que son los elementos geométricos, cinéticos y dinámicos del escurrimiento. Los primeros definen la forma del canal, los segundos las condiciones del flujo y los terceros su movilidad. El diseño debe tener en cuenta los tipos de escurrimientos siguientes: <sup>(4)</sup>

- Escurrimiento Uniforme: cuando permanecen constantes el tirante, la velocidad media, la pendiente y la sección.
- Escurrimiento Variado Continuo: cuando son constantes el tirante, la velocidad media, el gasto y la pendiente hidráulica.
- Escurrimiento Variado Discontinuo: cuando el gasto es variable de sección a sección.

#### 2.5.3.9.2.1 Elementos geométricos <sup>(7)</sup>

**Gráfico N° 03:**

**Elementos geométricos de un canal**



Fuente: VILLÓN BÉJAR, Máximo, Hidráulica de canales, pág. 1

<sup>(7)</sup> VILLÓN BÉJAR, Máximo. Hidráulica de Canales. Pág.1.

<sup>(7)</sup> VILLÓN BÉJAR, Máximo. Hidráulica de Canales. Pág.3-5.



Donde:

Y = Tirante de agua. Es la profundidad máxima del agua en el canal.

b = Ancho de plantilla, o ancho de solera. Es el ancho de la base del canal.

T = Espejo de agua. Es el ancho de la superficie libre del agua.

C = Corona del bordo o berma.

H = Altura total.

H – Y = Borde Libre.

$\Theta$  = Angulo de inclinación de las paredes laterales del canal con la horizontal.

z = Talud. Es la relación de la proyección horizontal a la vertical de la pared lateral, o sea z, es el valor de la proyección horizontal cuando la vertical es 1.

A = Área Hidráulica. Es la superficie ocupada por el líquido en una sección transversal normal cualquiera.

P = Perímetro Mojado. Es la parte del contorno del conducto que está en contacto con el líquido.

R = Radio Hidráulico. Es la dimensión característica de la sección transversal, hace las funciones del diámetro en tuberías, se obtiene de la relación:  $R = A / P$ .

#### 2.5.3.9.2.2 Elementos cinéticos <sup>(4)</sup>

Los elementos cinéticos son:

- Gasto en  $m^3/seg$ .
- Gasto unitario en  $m^3/seg/m$ .
- Velocidad media en  $m/seg$ .
- Velocidad en un punto del escurrimiento en  $m/seg$ .

#### 2.5.3.9.2.3 Elementos dinámicos <sup>(4)</sup>

Los elementos dinámicos son:

- Coeficiente de rugosidad (n)
- Pendiente hidráulica (s)

---

<sup>(4)</sup> ROSELL CALDERÓN, César Arturo. Irrigación. Pág. 141.



### 2.5.3.9.3 Tipos de flujo <sup>(7)</sup>

Con relación al efecto de la gravedad, el flujo puede ser crítico, subcrítico y supercrítico, la importancia de la gravedad se mide a través del número de Froude (F), que relaciona las fuerzas de inercia con las fuerzas gravitatorias, el cual se define como:

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * L}} \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

v = velocidad media del agua en la sección, en m/s

g = aceleración de la gravedad, en m/s<sup>2</sup>

L = longitud característica de la sección.

En canales, la longitud característica viene dada por la magnitud de la profundidad media o tirante medio:  $\bar{y} = A/T$  con lo cual se tiene:

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * \bar{y}}} \dots\dots\dots(4)$$

Entonces, de acuerdo al número de Froude el flujo puede ser:

Flujo subcrítico si : F <1

Flujo crítico si : F = 1

Flujo supercrítico si: F >1

### 2.5.3.9.4 Talud del canal <sup>(7)</sup>

Los taludes se designan como la relación de la proyección horizontal a la vertical de la inclinación de las paredes laterales.

La inclinación de los taludes en canales sin revestir o en canales revestidos, en los cuales el revestimiento tiene como función el control de pérdidas por infiltración, depende del

---

<sup>(7)</sup> VILLÓN BÉJAR, Máximo. Hidráulica de Canales. Pág.21.



grado de estabilidad que ofrece el material sobre el cual se construirá el canal. Así, mientras más inestable sea el material, menor deberá ser el ángulo de inclinación. <sup>(4)</sup>

**Tabla N° 01: Taludes recomendados <sup>(4)</sup>**

<b>Para cortes en :</b>	<b>Talud</b>
Conglomerado	1 : 1
Suelos arcillosos	1 : 1
Suelos arena limosos	1.5 : 1
Suelos arenosos	2 : 1
Suelos arenosos sueltos	3 : 1
Roca alterada Suelta	0.5 : 1
Roca sana	0.25 : 1
<b>Para Rellenos en</b>	<b>Talud</b>
Tierra vegetal, arcilla	1.5 : 1
Suelos arenosos	3:1

Fuente: ROSELL CALDERÓN, César Arturo. Irrigación. Pág. 149,150 y 172

#### **2.5.3.9.5 Coeficiente de rugosidad <sup>(4)</sup>**

Es la resistencia al flujo del agua, que presentan los revestimientos de canales artificiales y la geología del cauce en los conductos naturales; se relaciona principalmente a las condiciones y al estado de conservación de los revestimientos.

Para el diseño de un canal puede usarse siguiendo la práctica actual, el coeficiente de rugosidad de Manning (n).

<sup>(4)</sup> ROSELL CALDERÓN, César Arturo. Irrigación. Pág. 149,150 y 172.



**Tabla N° 02: Valores de “n” dados por Horton para ser empleados en las formulas  
de Kutter y Manning. <sup>(4)</sup>**

<b>SUPERFICIE</b>	<b>MEJOR</b>	<b>BUENA</b>	<b>REGULAR</b>	<b>MALA</b>
Ladrillo Vitrificado	0.011	0.012	0.013*	0.014
Albañilería de Ladrillo	0.012	0.013	0.015*	0.017
Acabado de cemento liso	0.010	0.011	0.012	0.013
Cemento de mortero	0.011	0.012	0.013*	0.015
Concreto	0.012	0.014*	0.016*	0.018
Cemento y mampostería de piedra	0.017	0.020	0.025	0.030
Piedras grandes, guijarro	0.025	0.030	0.033	0.035
Metal liso	0.011	0.012	0.013	0.015
Metal corrugado	0.022	0.025	0.028	0.030
De tierra rectos	0.017	0.020	0.022*	0.025
De piedra uniforme	0.025	0.030	0.033*	0.035
De piedra irregular	0.035	0.040	0.045	
Canales de tierra dragada	0.025	0.028	0.030	0.033
De piedra en el fondo	0.028	0.030	0.035	0.040
Con vegetación	0.025	0.030	0.033*	0.035

Fuente: ROSELL CALDERÓN, César Arturo. Irrigación. Pág. 146.

\* Valores que se usan generalmente en el diseño.

### 2.5.3.9.6 Erosión en canales

Si bien la erosión no puede ser eliminada, también es verdad que debe tenderse a que está sea lo más pequeña posible. <sup>(8)</sup>

La erosión puede disminuir con velocidades lentas, para lo cual será necesario aumentar la sección y por lo tanto el costo del canal (en este caso será preferible optar por canales no revestidos). <sup>(4)</sup>

<sup>(8)</sup> ISRAELSEN-HANSEN. Principios y Aplicaciones del Riego, Pág. 299.

<sup>(4)</sup> ROSELL CALDERÓN, César Arturo. Irrigación. Pág. 146.



La Velocidad Máxima de erosión es aquella, a partir de la cual el agua comienza a efectuar destrozos en las paredes y el fondo de los cauces naturales, en los canales revestidos y en lo no revestidos. <sup>(4)</sup>

De acuerdo al material empleado en el revestimiento de los canales artificiales se recomienda no sobrepasar las velocidades que se incluyen en la Tabla N°3: <sup>(4)</sup>

**Tabla N° 03: Velocidad máxima de erosión**

Material del Revestimiento	Variación de las velocidades (m/seg)	
	dé	Á
Arena Fluida ligera	0.23	0.30
Arena suelta muy ligera	0.30	0.45
Suelo arenoso	0.45	0.60
Suelo arenoso grueso	0.60	0.75
Tierra vegetal, suelo aluvial	0.75	0.85
Suelo de ceniza volcánica	0.85	0.95
Tierra vegetal arcillosa	0.90	1.15
Suelo arcilloso duro	1.30	1.50
Ladrillo	1.40	
Suelo con grava	1.50	1.80
Conglomerado	1.80	2.40
Roca sedimentaria suave	2.40	
Roca dura	3.00	4.50
Concreto f'c 140 Kg/cm <sup>2</sup>	3.80	4.40
Concreto f'c 210 Kg/cm <sup>2</sup>	6.60	7.40

Fuente: ROSELL CALDERÓN, César Arturo. Irrigación. Pág. 51

### 2.5.3.9.7 Revestimiento de canales

Los canales se revisten para disminuir pérdidas por filtración durante el transporte de

<sup>(4)</sup> ROSELL CALDERÓN, César Arturo. Irrigación. Pág. 51.



agua, para evitar que crezca las hierbas; para disminuir la erosión producida por las velocidades elevadas; para reducir los gastos de conservación; para hacer menores los problemas de drenaje, y para elevar la capacidad de conducción del agua. <sup>(8)</sup>

El revestimiento de canales lo constituye una capa de material que se agrega sobre el terreno recortado con la forma del diseño, que sirve como superficie de contacto con el agua de modo de controlar las pérdidas por filtración y el valor del coeficiente de resistencia del flujo. <sup>(9)</sup>

#### **2.5.3.9.7.1 Revestimiento de Concreto <sup>(4)</sup>**

Los revestimientos de concreto son los más utilizados y se emplean principalmente como concreto simple en proporciones aproximadamente de 1 parte de cemento, 2 de arena y 4 de piedra, con resistencias  $f'c$  de 175 y 210 Kg/cm<sup>2</sup>, vaciados directamente sobre le fondo y los taludes del canal.

Se emplea menos como concreto armado con refuerzo de armadura de fierro corrugado de 1/4" y 3/8"; en porcentajes que no pasan del 5%, su alto costo permite su empleo solo en zonas muy localizadas.

---

<sup>(8)</sup> ISRAELSEN-HANSEN. Principios y Aplicaciones del Riego, Pág. 85.

<sup>(9)</sup> CORONADO DEL ÁGUILA, Francisco. Diseño y Construcción de Canales. Pág. 100

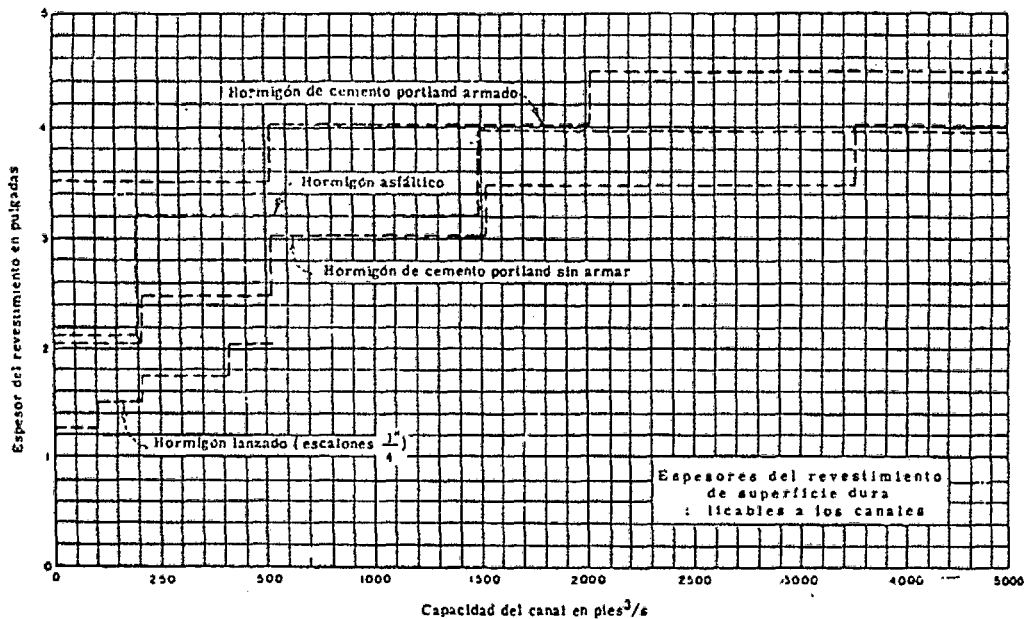
<sup>(4)</sup> ROSELL CALDERÓN, César Arturo. Irrigación. Pág. 51.





**Gráfico N° 04:**

**Espesor del revestimiento en función del caudal según el Bureau of Reclamation**



FUENTE: GARCÍA RICO, Elmer. Manual de Diseño Hidráulico de Canales y Obras de Arte, Pág. 89

**2.5.3.9.7.2 Revestimientos de Tierra <sup>(4)</sup>**

Estos revestimientos tienen un bajo costo cuando se dispone de materiales apropiados y cuando mediante tratamientos al revestimiento se puede controlar su infiltración.

La desventaja es que los revestimientos de tierra se erosionan fácilmente con las lluvias y con la velocidad del flujo del agua.

**2.5.3.9.8 Perdidas de agua por infiltración <sup>(4)</sup>**

Las filtraciones dependen principalmente de la clase de terreno que recorre el canal, pero también es función del tirante y de la sección del canal para lo cual es conveniente a fin

<sup>(4)</sup> ROSELL CALDERÓN, César Arturo. Irrigación. Pág. 164.



de evitar mayores pérdidas diseñar con la sección de mínima infiltración en caso de canales no revestidos.

Los principales factores que influyen en las pérdidas por filtración son las siguientes:

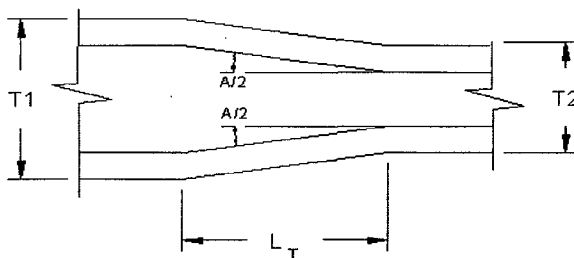
- La textura del suelo: los materiales finos del prisma del canal reducen las pérdidas por filtración, mientras son mayores en los materiales gruesos.
- Relación de dimensiones del canal: las pérdidas son proporcionales al tirante y aumentan cuando es mayor el área mojada.
- Posición del nivel freático: cuando es mayor el desnivel de agua del canal y el nivel freático de la zona que atraviesa el canal se incrementan las pérdidas.

#### 2.5.3.9.9 Transiciones <sup>(5)</sup>

Las transiciones se construyen generalmente en las entradas y salidas de las estructuras y en donde se presentan cambios en la sección hidráulica del canal. Por lo general la velocidad del agua se acelera en las transiciones de entrada y se desacelera en las transiciones de salida.

**Gráfico N° 05:**

**Esquema típico de una transición**



Fuente: TORRES HERRERA, Francisco. Obras Hidráulicas, Pág.175.

Donde:

$T_1$  = Ancho del canal incluido la pendiente

$L_T$  = Longitud de transición

<sup>(5)</sup> TORRES HERRERA, Francisco. Obras Hidráulicas, Pág.175.



$A/2$  = Angulo de inclinación

$T_2$  = Ancho del canal

### 2.5.3.9.10 Radios de curvatura mínimos en canales

Para el replanteo de las curvas horizontales es necesario determinar el radio de curvatura mínimo, de acuerdo al diseño elegido. Se recomienda varíe entre los valores siguientes <sup>(4)</sup>:

$$Rc \geq 10dK \text{ aK } 15d \dots\dots\dots (5)$$

y/o

$$Rc \geq 3BK \text{ aK } 5B \dots\dots\dots (6)$$

En el caso de canales con flujos de velocidades altas será necesario calcular la mayor elevación que se produce por cambio de dirección en el lado exterior de la curva. El borde libre en la pared exterior del canal debido al efecto de vorticidad que se produce, se debe aumentar. El peraltamiento se calcula con la fórmula siguiente <sup>(4)</sup>:

$$P = \frac{v^2 * B}{g * R} \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

P: peraltamiento en m

v: velocidad del flujo en m/seg.

B: ancho del espejo de agua en m.

g: aceleración de la gravedad en m/seg<sup>2</sup>

R: radio de curvatura en m.

d: tirante o altura de agua en el canal

(4) ROSELL CALDERÓN, César Arturo. Irrigación. Pág. 51.



### 2.5.3.10 Diseño hidráulico de canales

#### 2.5.3.10.1 Secciones óptimas en canales

Se considera las secciones de máxima eficiencia hidráulica para canal revestido y de mínima infiltración para canal sin revestir.

##### 2.5.3.10.1.1 Sección de máxima eficiencia hidráulica <sup>(9)</sup>

La sección de máxima eficiencia hidráulica es aquella para la cual para una sección mojada, pendiente y calidad de las paredes, descarga el máximo gasto, dicho de otro modo, es aquella sección para la cual, para un gasto, sección mojada y calidad de las paredes le corresponde el mínimo perímetro mojado. Fundamentalmente se utiliza para canales revestidos pues minimiza el volumen del revestimiento.

La relación de máxima eficiencia Hidráulica es:<sup>(4)</sup>

$$R_{\max} = \frac{A}{P_{\min}} \dots\dots\dots(8)$$

Reemplazando valores se obtiene la fórmula de Máxima Eficiencia Hidráulica:

$$\frac{b}{y} = 2 * (\sqrt{1+z^2} - z) \dots\dots\dots(9)$$

En el cuadro N° 4 se muestran los valores de la relación de Máxima Eficiencia Hidráulica.

**Tabla N° 04: Relación de máxima eficiencia hidráulica. <sup>(4)</sup>**

TALUD	b/y	TALUD	b/y
0	2.00	1:1	0.83
1/4:1	1.56	1.5:1	0.61
1/2:1	1.23	2:1	0.47
3/4:1	1.00	3:1	0.32

Fuente: ROSELL CALDERÓN, César Arturo. Irrigación. Pág. 51

<sup>(9)</sup> CORONADO DEL ÁGUILA, Francisco. Diseño y Construcción de Canales. Pág. 79

<sup>(4)</sup> ROSELL CALDERÓN, César Arturo. Irrigación. Pág. 51.



**2.5.3.10.1.2 Sección de mínima infiltración <sup>(7)</sup>**

Si un canal está trazado sobre un terreno bastante permeable se hace necesario diseñar una sección que permita obtener la menor perdida posible de agua por infiltración.

La relación para una sección de Mínima Infiltración es:

$$\frac{b}{y} = 4 * (\sqrt{1 + z^2} - z) \dots\dots\dots(10)$$

Para fines de diseño se pueden utilizar entonces, multiplicando por dos, los valores mostrados en el cuadro N° 4 para la relación entre la base y el tirante.

**2.5.3.10.1.3 Sección de máxima eficiencia hidráulica y mínima infiltración <sup>(7)</sup>**

Viene a ser una relación intermedia entre una sección de máxima eficiencia hidráulica y de mínima infiltración, cuyo valor es:

$$\frac{b}{y} = 3 * (\sqrt{1 + z^2} - z) \dots\dots\dots(11)$$

**2.5.3.10.2 Consideraciones prácticas para el diseño**

**2.5.3.10.2.1 Caudal (Q) <sup>(7)</sup>**

Para el diseño de un canal a nivel parcelario el caudal tiene que ser un dato de partida, que se puede calcular en base al módulo de riego, la superficie que se va a regar y el caudal que resulte de las pérdidas por infiltración durante la construcción.

<sup>(7)</sup> VILLÓN BÉJAR, Máximo. Hidráulica de Canales. Pág. 73, 77 y 85.



### 2.5.3.10.2.2 Velocidad media <sup>(7)</sup>

La velocidad media se puede determinar por medio de la fórmula de Manning:

$$v = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} \dots\dots\dots (12)$$

Donde:

- v : velocidad media
- n : coeficiente de rugosidad
- R : Radio Hidráulico
- S : Pendiente del canal

Las velocidades en los canales varían en un rango cuyos límites son la velocidad mínima que no produzca depósitos de materiales sólidos en suspensión (sedimentación) y la máxima que no produzca erosión en las paredes y el fondo del canal.

### 2.5.3.10.2.3 Pendiente admisible en canales de tierra (S) <sup>(7)</sup>

La pendiente, en general, debe ser la máxima que permita dominar la mayor superficie posible de tierra y que, a la vez de valores para la velocidad que no cause erosión del material en que esta alojado el canal ni deposito de azolve.

Las pendientes admisibles en función del tipo de suelo son:

**Tabla N° 05: Pendientes admisibles en canales de tierra**

TIPO DE SUELO	PENDIENTE (S) ‰
Suelos sueltos	0.5 – 1.0
Suelos francos	1.5 – 2.5
Suelos arcillosos	3.0 – 4.5

Fuente: VILLÓN BÉJAR, Máximo. Hidráulica de Canales. Pág. 90

<sup>(7)</sup> VILLÓN BÉJAR, Máximo. Hidráulica de Canales. Pág. 90 y 92.



#### 2.5.3.10.2.4 Ancho de solera (b) <sup>(7)</sup>

Resulta muy útil para cálculos posteriores fijar de antemano un valor para el ancho de solera, plantilla o base, con lo cuál teniendo fijo el valor del talud y ancho de solera, se puede manejar con facilidad las fórmulas para calcular el tirante.

Una forma práctica de fijar el ancho de solera, es en función del caudal, la cual se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla N° 06: Caudal Vs Ancho de solera**

CAUDAL (Q) M <sup>3</sup> /s	SOLERA (b) m.
Menor de 0.10	0.30
Entre 0.10 y 0.20	0.50
Entre 0.20 y 0.40	0.75
Mayor de 0.40	1.00

Fuente: VILLÓN BÉJAR, Máximo. Hidráulica de Canales. Pág. 92

#### 2.5.3.10.2.5 Tirante (y) <sup>(7)</sup>

Una regla empírica generalmente usada en los Estados Unidos, establece el valor máximo de la profundidad de los canales de tierra según la siguiente notación:

$$y = \frac{1}{2} * \sqrt{A} \dots\dots\dots (13)$$

Donde:

y = tirante hidráulico (m)

A = área de la sección transversal (m<sup>2</sup>)

---

<sup>(7)</sup> VILLÓN BÉJAR, Máximo. Hidráulica de Canales. Pág. 87, 89, 90 y 92.



Otros establecen:

$$y = \frac{b}{3} \dots\dots\dots(14)$$

b = ancho de solera o base

### 2.5.3.10.2.6 Bordo libre (BL)

Es una altura, adicional al tirante de agua que debe ser suficiente para evitar desbordamientos por los incrementos imprevistos del tirante. <sup>(9)</sup>

Entre las fórmulas recurridas para su determinación se utilizan las siguientes:

Para canales sin revestir:

$$BL = \frac{1}{3} * y \dots\dots\dots(15)$$

Para canales revestidos:

$$BL = \frac{1}{5} * y \dots\dots\dots(16)$$

Existen también otros criterios para designar el valor del bordo libre:

En relación al caudal se tiene:

**Tabla N° 07: Caudal Vs Bordo libre**

CAUDAL m <sup>3</sup> /s	BORDO LIBRE m.
Menores que 0.50	0.30
Mayores que 0.50	0.40

Fuente: CORONADO DEL ÁGUILA, Francisco. Diseño y Construcción de Canales. Pág. 92.

---

<sup>(9)</sup> CORONADO DEL ÁGUILA, Francisco. Diseño y Construcción de Canales. Pág. 92.





En relación con el ancho de solera se tiene:

**Tabla N° 08: Ancho de solera Vs Bordo libre**

<b>ANCHO DE SOLERA</b> m.	<b>BORDO LIBRE</b> m.
Hasta 0.80	0.40
De 0.80 a 1.50	0.50
De 1.50 a 3.00	0.60
De 3.00 a 20.00	1.00

Fuente: VILLÓN BÉJAR, Máximo. Hidráulica de Canales. Pág. 90

#### 2.5.3.10.2.7 Profundidad total (H) <sup>(7)</sup>

La profundidad total del canal se encuentra una vez conocida el tirante y el bordo libre, es decir:

$$H = y + BL \dots\dots\dots (18)$$

#### 2.5.3.10.2.8 Ancho de corona (C) <sup>(7)</sup>

El ancho de corona o bermas de los canales en su parte superior depende esencialmente del servicio que éstos habrán de prestar. En canales grandes se hacen suficientemente anchos, 6.50 m. como mínimo para permitir el tránsito de vehículos y equipos de conservación a fin de facilitar los trabajos de inspección y distribución del agua.

#### 2.5.3.11 Diseño hidráulico del canal principal y toma lateral

##### 2.5.3.11.1 Definiciones

Los parámetros que han intervenido en el diseño hidráulico del canal son:

<sup>(7)</sup> VILLÓN BÉJAR, Máximo. Hidráulica de Canales. Pág. 90



**a. Elementos Geométricos**

Tirante normal	Yn
Tirante crítico	Yc
Ancho de fondo o base	b
Talud	z
Área mojada de la sección	A
Perímetro mojado	P
Radio hidráulico	$R = A / P$
Relación fondo / tirante	b / Y
Ancho de superficie libre	T
Tirante medio	$d = A / T$
Borde libre	b.l.

**b. Elementos Cinéticos**

Gasto o caudal Q

Para el cálculo de los elementos cinéticos se empleará la fórmula de Manning:

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

Donde:

Q = m<sup>3</sup>/s

A = m<sup>2</sup>

R = m

S = m/m

n = adimensional

Gasto unitario (q)



El gasto unitario es el caudal que escurre por unidad de ancho y se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$q = \frac{Q}{b} \quad (\text{m}^3/\text{s})/\text{m}$$

Velocidad media (V)

Su expresión matemática es la siguiente:

$$V = \frac{Q}{A} \text{ m/s}$$

### c. Elementos Dinámicos

Coefficiente de rugosidad..... n

Pendiente hidráulica..... S = hf / L

hf = pérdida por fricción en un tramo de longitud L

### d. Tipo de Flujo

#### Numero de Froude

Es un indicador del tipo de flujo y define la importancia relativa de las fuerzas inerciales y gravitacionales. Su expresión matemática es:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot \frac{A}{T}}}$$

Si:  $F < 1$ , el flujo es subcrítico

$F = 1$ , el flujo es crítico

$F > 1$ , el flujo es supercrítico

Los canales deben operar en flujo sub - critico

### e. Energía Específica

Se define como la energía por kilogramo de agua que fluye a través de la sección, medida con respecto al fondo del canal. Se expresa mediante la siguiente ecuación:



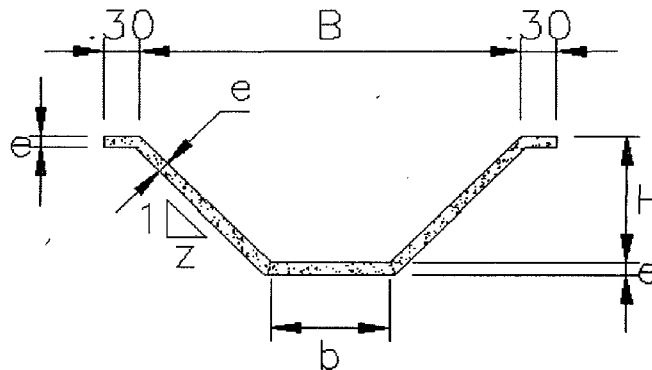
$$E = Y + \frac{V^2}{2 * g}$$

### 2.5.3.12 Diseño estructural <sup>(10)</sup>

El diseño estructural consiste en determinar las dimensiones que tendrá la caja del canal en función de las solicitaciones a la que estará sometido durante su vida útil. Asimismo se deberá verificar las condiciones de estabilidad de la estructura.

**Grafico N° 06:**

**Sección típica de canal**



Fuente: CHÁVEZ CACHAY, Santiago. Apuntes del curso Concreto Armado, UNSM-2001-I

Para el cálculo estructural se analizará los estados de carga críticos, es decir para las condiciones de carga más severas que pueden presentarse durante la vida útil de la infraestructura.

#### 2.5.3.12.1 Estados de carga que se presentan durante la vida útil del canal

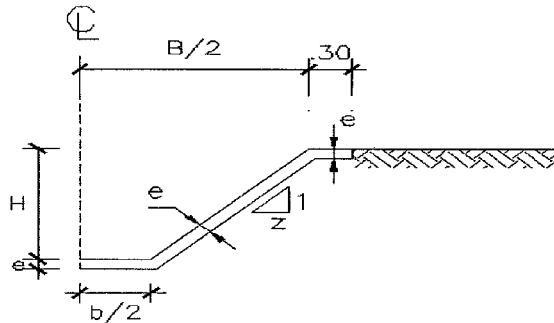
Los estados de carga críticos a los que estará sometido un canal durante su vida útil, son dos, cuando el canal se encuentra vacío y cuando el canal está lleno a capacidad de diseño.

<sup>(10)</sup> CHÁVEZ CACHAY, Santiago. Apuntes del curso Concreto Armado, UNSM-2001-I

- Caso N° I: El canal se encuentra vacío

**Grafico N° 07:**

**Caso I - Canal vacío**

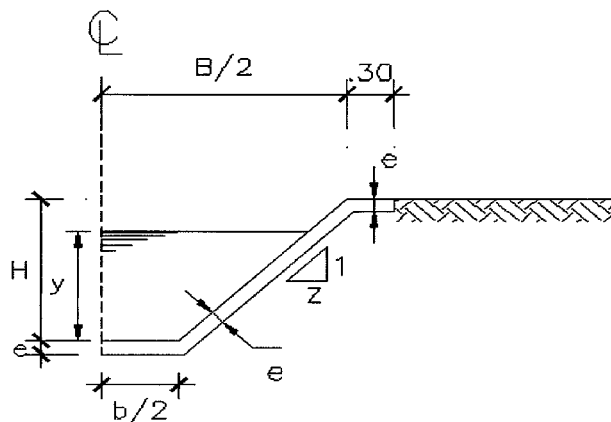


Fuente: CHÁVEZ CACHAY, Santiago. Apuntes del curso Concreto Armado, UNSM-2001-I

- Caso N° II: El canal está lleno

**Grafico N° 08:**

**Caso II - Canal lleno**



Fuente: CHÁVEZ CACHAY, Santiago. Apuntes del curso Concreto Armado, UNSM-2001-I

### 2.5.3.12.2 Análisis estructural

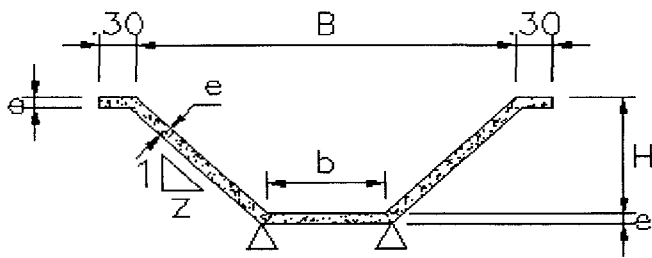
Para el análisis estructural del canal principal, se realizará la idealización de la estructura como un pórtico con apoyos fijos en la base y vigas en voladizo (paredes laterales), ya que este es el modelo que se aproxima a la realidad; aunque lo correcto sería idealizarlo



sin ningún apoyo, pero si así lo haríamos, éste resultaría una estructura totalmente inestable que no podríamos analizar.

**Grafico N° 09:**

**Idealización para el análisis estructural**



Fuente: CHÁVEZ CACHAY, Santiago. Apuntes del curso Concreto Armado, UNSM-2001- I

**2.5.3.12.2.1 Requisitos generales de resistencia y de servicio <sup>(11)</sup>**

**Generalidades**

- Las estructuras y los elementos estructurales deberán diseñarse para obtener en todas sus secciones, resistencias de diseño por lo menos iguales a las resistencias requeridas, calculadas para las cargas amplificadas en las combinaciones que estipulen esta norma.
- Las estructuras y los elementos estructurales también deberán cumplir con todos los demás requisitos de esta norma, para garantizar un comportamiento adecuado en los niveles de carga de servicio.

**Resistencia requerida**

- La resistencia requerida U, para cargas muertas (CM), vivas (CV) y del sismo (CS) deberá ser como mínimo:

<sup>(11)</sup> ACI – PERU. Normas Peruanas de Estructuras. Pág. 181



$$U = 1.5 \cdot CM + 1.8 \cdot CV$$

$$U = 1.25 \cdot (CM + CV \pm CS)$$

$$U = 0.9 \cdot CM + CV \pm CS$$

➤ Si en el diseño se debieran considerar cargas de viento ( $CV_i$ ), se reemplazará este valor por los efectos de sismo ( $CS$ ) en las formulas anteriores, no siendo necesario considerarlas simultáneamente.

En las combinaciones anteriores, donde se incluya cargas de viento o de sismo, deberá considerarse el valor total y cero de la carga viva ( $CV$ ) para determinar la más severa de las condiciones.

➤ Si fuera necesario incluir en el diseño el efecto del empuje lateral del terreno ( $CE$ ), la resistencia requerida será como mínima:

$$U = 1.5 \cdot CM + 1.8 \cdot CV + 1.8 \cdot CE$$

$$U = 1.5 \cdot CM + 1.8 \cdot CV$$

En el caso en que la carga muerta y/o carga viva reduzcan el efecto del empuje lateral, se usará:

$$U = 0.9 \cdot CM + 1.8 \cdot CE$$

➤ Si fuera necesario incluir en el diseño el efecto de cargas debidas a peso y presión de líquidos con densidades bien definidas y alturas controladas, dichas cargas podrán tener un factor de 1.5 y agregarse en todas combinaciones que influyen carga viva.

➤ Si fuera necesario incluir en el diseño el efecto de cargas de impacto estas deberán incluirse en la carga viva ( $CV$ ).

➤ Si fuera necesario incluir el efecto ( $CT$ ) de los asentamientos diferenciales, fluencia, contracción, o cambios de temperatura, la resistencia requerida deberá ser como mínima:

$$U = 1.25 \cdot (CM + CT + CV)$$



$$U = 1.5 \text{ CM} + 1.5 \text{ CT}$$

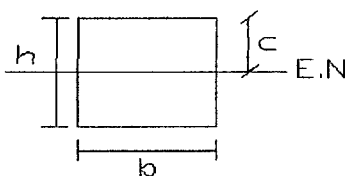
Las estimaciones de los asentamientos diferenciales, la fluencia, la contracción o los cambios de temperatura deben basarse en una determinación realista de tales efectos durante el servicio de la estructura.

- Provee los requerimientos mínimos para el diseño de elementos de concreto no reforzado o para elementos con refuerzos menores a los mínimos especificados para el concreto reforzado.
- El uso del concreto simple deberá limitarse a elementos totalmente apoyados sobre el suelo, o soportados por otros elementos estructurales capaces de proveer un apoyo vertical continuo o cuando el efecto de arco asegure esfuerzos de compresión para todos los estados de carga.
- La Norma impone una resistencia mínima para las construcciones de concreto simple de 140 kg/cm<sup>2</sup>. Este requisito de resistencia mínima se considera necesario debido a que la seguridad se basa únicamente en la resistencia y calidad de concreto considerado como material homogéneo.
- Las juntas deberán dividir el elemento estructural en elementos discontinuos en flexión. El tamaño y la ubicación de las juntas deberán asegurar de que no presenten esfuerzos internos excesivos debido a la retracción de fraguado, cambios de temperatura y flujo plástico.

### Diseño por flexión

Para el diseño por flexión se tendrá en cuenta los siguientes parámetros:

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$



$$\sigma = fc$$





$$c = h/2$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

Reemplazando:

$$fc = \frac{M\left(\frac{h}{2}\right)}{\frac{bh^3}{12}}$$

$$M = \frac{fcbh^2}{6}$$

$$\phi M = \frac{\phi fcbh^2}{6}$$

Donde:

$$c = 0.65 f'c$$

$$b = 100\text{cm}$$

$h$  = espesor del canal.

Debe cumplir que:

$$\phi Mn > Mu$$

### Diseño por cortante

Para el diseño por cortante debe cumplir lo siguiente:

$$\phi Vn = \phi Vuc * b * h$$



Donde:

$$V_{uc} = 0.35 * f'c^{1/2}$$

$$b = 100\text{cm}$$

h = espesor del canal.

Debe cumplir que:

$$\emptyset V_n > V_u$$

## 2.6 Hipótesis a demostrar

Es posible realizar el diseño hidráulico y estructural del canal principal y toma lateral, que forman parte de los estudios definitivos de Ingeniería del Proyecto de Irrigación El Avisado – La Conquista.



## III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Materiales

#### 3.1.1 Recursos humanos

- Tesista
- Técnico de suelos (Laboratorista de la Universidad Nacional de San Martín (UNSM))
- Peones (excavación de calicatas)
- Digitador (a) de texto
- Asesor

#### 3.1.2 Recursos materiales

- Información existente proporcionada por el Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM) (Topografía, hidrología, etc.)
- Material informático (CDS, Diskets, tinta, etc.)
- Muestras de suelo
- Palanas, picos, costales, bolsas, etc.

#### 3.1.3 Recursos de equipo

- De muestreo / mecánica de suelos
- Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de San Martín (UNSM)
- Equipo de computo e impresión de planos

#### 3.1.4 Recursos informáticos

- Softwar - Diseño Autocad versión 2002
- Softwar - SAP -2000 versión 6.11

### 3.2 Metodología

#### 3.2.1 Universo, muestra, población



**a) Universo**

Esta conformado por toda información técnica existente a cerca del proyecto, así como las diferentes teorías, leyes y principios de la hidráulica en general.

**b) Población**

La población esta constituida, por las formulas y teorías de la hidráulica de canales, así como por todos los componentes del canal de riego.

**c) Muestra.**

La muestra tomada esta conformada por la longitud que comprende el canal principal y la obra de arte (toma lateral) proyectada en su recorrido, que formarán parte de los componentes del proyecto de Irrigación El Avisado – La Conquista.

**3.2.2 Sistema de variables**

Para el diseño hidráulico, si  $Q = \left( \frac{A R^{2/3} S^{1/2}}{n} \right)$ , se tiene:

**a) Variable dependiente :** Caudal (Q)

**b) Variable independiente:** Pendiente (S) y rugosidad (n)

**3.2.3 Diseño experimental de la investigación**

No es necesario realizar el diseño experimental por que el presente trabajo de investigación es de Ingeniería Aplicada.

**3.2.4 Diseño de instrumentos**

El diseño, se ha planteado conociendo el valor de las variables, como son: talud, rugosidad, pendiente y caudal, para el aspecto estructural se ha utilizado el softwar SAP 2000 versión 6.11.



### **3.2.5 Procesamiento de información**

Comprende la aplicación y desarrollo de los diferentes instrumentos necesarios para realizar el diseño hidráulico y estructural tanto del canal principal así como de la toma lateral.

#### **3.2.5.1 Demanda de agua en la irrigación el Avisado-La Conquista**

Es importante conocer cuales son las necesidades hídricas de los cultivos considerados en la cédula del Proyecto

La alternativa para su cálculo ha sido la de optar por un método empírico, que se fundamentan en el empleo de parámetros evaluables como la evapotranspiración y los parámetros climáticos de una determinada zona. El método utilizado es el de Hargreaves y Blaney - Criddle, para lo cual, se requiere, primeramente conocer la cédula de cultivo y determinar la evapotranspiración así como los coeficientes de cultivo.

##### **a) Cédula de cultivo**

La cédula seleccionada se ha basado en su adaptabilidad a las condiciones ecológicas y agrológicas del ámbito del Avisado y en la tradición agrícola que tienen los agricultores beneficiarios del proyecto.

Aparte de los cultivos mencionados, dadas las excelentes condiciones ecológicas de la zona, existen otros cultivos que tiene grandes perspectivas de exportación y que se podrían adaptar muy bien a las condiciones de suelo y clima de la zona, como en el caso de Pijuayo, Marigold, Camu – Camu y Ají Páprika. Desgraciadamente no existe experiencia en estos cultivos en la zona y sería muy aventurado proponerlos como componentes de la cédula. Es necesario hacer previamente experimentación en los suelos de la zona, en áreas pilotos, para evaluar su adaptabilidad.

Con la cédula de cultivo propuesta se pretende impulsar la producción de alimentos, sin descuidar las excelentes condiciones del área para promover la agro industria y la agro exportación.



Esta cédula de cultivos representa la propuesta del desarrollo agrícola para el año de estabilización del proyecto y tiene su fase de maduración que esta condicionada por dos factores. El primero de ellos es el carácter físico y está en relación con la ejecución de las obras proyectadas, y que dependen, a su vez, del financiamiento para su ejecución y de las posibilidades de los agricultores para financiar la habilitación de sus tierras. El otro factor es de carácter socio económico y esta relacionado con la aceptación y convencimiento del productor de que la cedula de cultivos propuesta es la más favorable respecto a sus expectativas de rentabilidad.

La aceptación por parte del productor de la cedula propuesta se puede lograr mediante diversas acciones, como el reforzamiento de la Comisión de Regantes El Avisado para que los productores tengan una participación más activa en la institución y se comprometan en el futuro a pagar la tarifa del agua, la cual permitirá financiar los costos de operación y mantenimiento de la infraestructura de riego y drenaje.

Para el desarrollo agrícola del Sistema El Avisado – La Conquista se propone la distribución del área de riego de la siguiente manera:

<b>CULTIVOS</b>	<b>SUPERFICIE</b>
ARROZ	1048.00
FREJOL	285.00
MAIZ	300.00
PLATANO	150.00
YUCA	150.00
CITRICOS	150.00
PASTOS	150.00
<b>TOTAL</b>	<b>2233.00</b>

La cédula de cultivo, se presenta en el cuadro N° 15, en la cual se propone lo siguiente:



**Cuadro N° 15:**  
**Cédula de cultivos propuesta**  
**Proyecto de irrigación El Avisado – La Conquista**

CULTIVOS	SUPERFICIE		MESES												
	Has		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
	SIN PROYECTO	CON PROYECTO													
Arroz	2,034.90	2,711.00	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048			1,663	1,663	1,663	1,663	1,663	1,663
Frejol	8.20	285.00	285	285	285										
Maiz	49.50	300.00	300	300	300	300	300								
Platano	0.00	150.00	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Yuca	15.20	150.00	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Citricos	0.00	150.00	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Pastos	255.60	150.00	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
<b>Total</b>	<b>2,363.40</b>	<b>3,896.00</b>	<b>2,233</b>	<b>2,233</b>	<b>2,233</b>	<b>1,948</b>	<b>1,948</b>	<b>600</b>	<b>2,263</b>	<b>2,263</b>	<b>2,263</b>	<b>2,263</b>	<b>2,263</b>	<b>2,263</b>	<b>2,263</b>

Fuente: Agua y Agro Asociados S.A

Se considera en 127 has como área de caminos de servicio y canales



**b) Coeficiente de cultivo ( $K_c$ )**

El coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) es la relación entre la evapotranspiración de un cultivo determinado y la evapotranspiración de un cultivo de referencia (evapotranspiración potencial). Cada cultivo presenta diferentes características, las cuales se reflejan en sus respectivos coeficientes de cultivo  $K_c$ , que varían mes a mes de acuerdo a la cobertura (tipo o grado de desarrollo) que presente el cultivo en ese momento.

En el cuadro N° 16, se presentan los valores de  $K_c$ , para los cultivos propuestos en la cédula.





**Cuadro N° 16:**  
**Coeficientes de cultivo (Kc) para la cédula propuesta**

CULTIVO	AREA (Ha)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Maiz	300	0.44	0.62	1.00	1.05	0.55							
Arroz 1	1048	1.10	1.10	1.05	1.05	0.95							
Arroz 2	1663							1.10	1.10	1.05	1.05	1.00	0.95
Platano	150	0.60	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Yuca	150	0.60	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Frijol	285	0.46	1.03	0.90									
Pastos	150	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Citricos	150	0.50	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
<b>Area (Ha)</b>	<b>3896</b>	<b>2233</b>	<b>2233</b>	<b>2233</b>	<b>1948</b>	<b>1948</b>	<b>600</b>	<b>2263</b>	<b>2263</b>	<b>2263</b>	<b>2263</b>	<b>2263</b>	<b>2263</b>



**c) Información meteorológica a utilizar**

Se ha utilizado la información meteorológica de la Estación Rioja debido a que posee mayores datos y está dentro del ámbito del área del proyecto.

**d) Determinación de la evapotranspiración potencial**

Para estimar la evapotranspiración potencial (ETP) se han tenido en cuenta las condiciones climáticas de la zona, y se ha utilizado el Método de HARGREAVES (mm).

Hargreaves propuso una ecuación para la estimación de la evapotranspiración potencial (ETP), basada en el factor mensual de latitud (MF), temperatura media mensual del aire (TMF), un coeficiente para la humedad relativa media mensual (CH) y un coeficiente de corrección por altitud o elevación (CE). La ecuación es la siguiente:

$$ETP = MF \times TMF \times CE$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial (mm/mes)

MF = Factor de latitud, indicando en tablas (mm/mes)

TMF = Temperatura media mensual (°F)

CH = Factor de humedad (CH = 0.166\*(100 – HRM))

HRM = Humedad relativa media mensual (%)



**Cuadro N° 17:**

**Estimación de la evapotranspiración potencial por el método de Hargreaves  
(mm) – Estación Moyabamba**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
TM (°C)	23.0	23.0	23.0	23.3	23.2	23.0	22.7	22.9	23.0	23.6	23.8	23.5
TMF	73.48	73.33	73.46	73.96	73.84	73.33	72.78	73.26	73.47	74.39	74.89	74.31
HRM (%)	83.2	83.6	84.4	83.6	82.9	81.9	80.5	80.3	81.1	80.9	80.7	82.2
CH	0.68	0.67	0.66	0.67	0.69	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.73	0.70
MF	2.45	2.21	2.34	2.12	1.98	1.82	1.98	2.1	2.23	2.42	2.37	2.44
CE	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
ETP (mm/mes)	124.3	110.4	114.4	107	102	135.6	146.2	156.6	166.2	183.1	131.7	129.1
ETP (mm/día)	4.01	3.94	3.69	3.57	3.29	4.52	4.71	5.05	5.54	5.91	4.39	4.16

**Calculo de la evapotranspiración por el método de Blaney & Criddle:**

La fórmula de Blaney & Criddle se expresa:

$$U = Kc * F$$

Donde:

- U : Uso consuntivo para todo el periodo vegetativo en cm.  
 Kc : Coeficiente empírico del uso consuntivo para cada cultivo, en el periodo de crecimiento (cuadro N° 16).  
 F : Suma de los factores mensuales de uso consuntivo para el periodo.

El factor de uso consuntivo mensual viene dado por la fórmula siguiente:

$$f = p * \left( \frac{t + 17.8}{21.8} \right)$$

Donde:

- P : porcentaje de horas de sol mensual  
 T : temperatura media mensual en °C.

En caso de zonas áridas el coeficiente F se debe corregir por el factor siguiente:

$$Kc = 0.03114 * (t + 0.2396)$$



Los cálculos de la evapotranspiración por el método de Blaney & Criddle se presentan en el cuadro N°18

**Cuadro N° 18:**

**Estimación de la evapotranspiración potencial por el método de Blaney -  
Criddle (mm) – Estación Moyabamba**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
T°C	23.0	23.0	23.0	23.3	23.2	23.0	22.7	22.9	23.0	23.6	23.8	23.5
Kc	0.96	0.96	0.96	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.96	0.97	0.98	0.97
P%	8.78	7.75	8.52	8.12	8.27	7.96	8.24	8.33	8.18	8.59	8.45	8.75
ETP (mm/mes)	156.87	138.46	152.22	147.57	149.44	142.21	144.71	147.98	146.15	158.77	157.93	160.82

**e) Cálculo de la demanda de agua mensual de la irrigación El Avisado – La Conquista**

El requerimiento de agua mensual depende de la cédula de cultivo propuesta, cuyos valores varían de acuerdo al área a irrigar, tipo de cultivo y las condiciones meteorológicas de cada mes.



**DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA**

**Cuadro N° 19:**

**Demanda de agua de los cultivos del proyecto Irrigación El Avisado – La Conquista**

CULTIVO	AREA (Ha)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Maiz	300	0.44	0.62	1.00	1.05	0.55							
Arroz 1	1048	1.10	1.10	1.05	1.05	0.95							
Arroz 2	1663							1.10	1.10	1.05	1.05	1.00	0.95
Platano	150	0.60	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Yuca	150	0.60	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Frijol	285	0.46	1.03	0.90									
Pastos	150	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Citricos	150	0.50	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
<b>Area (Ha)</b>	<b>3896</b>	<b>2233</b>	<b>2233</b>	<b>2233</b>	<b>1948</b>	<b>1948</b>	<b>600</b>	<b>2263</b>	<b>2263</b>	<b>2263</b>	<b>2263</b>	<b>2263</b>	<b>2263</b>
<b>Kc (promedio)</b>		<b>0.82</b>	<b>0.93</b>	<b>0.94</b>	<b>0.95</b>	<b>0.82</b>	<b>0.74</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>0.97</b>	<b>0.97</b>	<b>0.93</b>	<b>0.89</b>
<b>ETP (mm/mes)</b>		<b>140.60</b>	<b>124.43</b>	<b>133.32</b>	<b>127.26</b>	<b>125.71</b>	<b>138.92</b>	<b>145.43</b>	<b>152.28</b>	<b>156.18</b>	<b>170.94</b>	<b>144.79</b>	<b>144.96</b>
<b>ETA (mm/mes)</b>		<b>115.29</b>	<b>115.72</b>	<b>125.32</b>	<b>120.90</b>	<b>103.08</b>	<b>102.80</b>	<b>145.43</b>	<b>152.28</b>	<b>151.49</b>	<b>165.81</b>	<b>134.65</b>	<b>129.01</b>
<b>PE (mm/mes)</b>		<b>77.60</b>	<b>75.60</b>	<b>82.30</b>	<b>79.90</b>	<b>61.00</b>	<b>61.60</b>	<b>46.40</b>	<b>60.20</b>	<b>76.60</b>	<b>78.70</b>	<b>81.50</b>	<b>76.50</b>
<b>DEM. NETA (mm/mes)</b>		<b>37.69</b>	<b>40.12</b>	<b>43.02</b>	<b>41.00</b>	<b>42.08</b>	<b>41.20</b>	<b>99.03</b>	<b>92.08</b>	<b>74.89</b>	<b>87.11</b>	<b>53.15</b>	<b>52.51</b>
<b>DEM. BRUTA (mm/mes)</b>		<b>113.07</b>	<b>120.36</b>	<b>129.06</b>	<b>123.00</b>	<b>126.24</b>	<b>123.60</b>	<b>297.09</b>	<b>276.24</b>	<b>224.67</b>	<b>261.33</b>	<b>159.45</b>	<b>157.53</b>
<b>DEM. UNITARIA (mm/mes)</b>		<b>1130.7</b>	<b>1203.6</b>	<b>1290.6</b>	<b>1230</b>	<b>1262.4</b>	<b>1236</b>	<b>2970.9</b>	<b>2762.4</b>	<b>2246.7</b>	<b>2613.3</b>	<b>1594.5</b>	<b>1575.3</b>
<b>MODULO DE RIEGO (lt/ha)</b>		<b>0.44</b>	<b>0.47</b>	<b>0.50</b>	<b>0.48</b>	<b>0.49</b>	<b>0.48</b>	<b>1.15</b>	<b>1.07</b>	<b>0.87</b>	<b>1.01</b>	<b>0.62</b>	<b>0.61</b>
<b>VOLUMEN TOTAL (MMC)</b>		<b>2.52</b>	<b>2.69</b>	<b>2.88</b>	<b>2.40</b>	<b>2.46</b>	<b>0.74</b>	<b>6.72</b>	<b>6.25</b>	<b>5.08</b>	<b>5.91</b>	<b>3.61</b>	<b>3.56</b>
<b>CAUDAL "Q" (l/s)</b>		<b>982.52</b>	<b>1049.50</b>	<b>1116.50</b>	<b>935.04</b>	<b>954.50</b>	<b>288.00</b>	<b>2602.50</b>	<b>2421.40</b>	<b>1968.80</b>	<b>2285.60</b>	<b>1403.10</b>	<b>1380.40</b>

Fuente: Elaboración propia

Caudal de captación y/o operación del sistema =  $[ Q + Q / 10 ] = 2602.50 \text{ lts / seg} + 260.25 \text{ lts / seg} \Rightarrow Q \text{ operación} = 2.86 \text{ m}^3/\text{seg}$



#### f) **Calculo del caudal de diseño para el canal principal**

El caudal de diseño del canal principal se ha calculado en base al mes de máxima demanda de agua, que corresponde al mes de octubre con un  $Q_d = 2.86 \text{ m}^3/\text{seg}$

#### **3.2.5.2 Balance hidrológico**

Con la estimación de la disponibilidad de agua en la fuente y demanda de agua del Proyecto, se procedió a realizar el balance hidrológico.

Según los resultados obtenidos (ver Cuadro N° 23), no existen problemas de disponibilidad para el abastecimiento de agua al área de riego, siendo el mes más crítico julio, en el cual el balance arroja un valor de  $+ 0.71 \text{ m}^3/\text{s}$ . Con estos resultados no hay riesgo de que el caudal ecológico, que debe seguir discurriendo por el cauce del río Avisado, aguas abajo de la nueva captación a construirse, se vea afectado.

#### **3.2.5.3 Geotecnia y mecánica de suelos**

El estudio Geotécnico tiene por objetivo, determinar y conocer las características naturales de las condiciones geológicas y geomorfológicas regionales, locales y definir los parámetros geotécnicos para la cimentación del canal principal por medio de los análisis de las pruebas y ensayos de campo y laboratorio de suelos.

El estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación para el nuevo canal principal teniendo en consideración la uniformidad del suelo se ha efectuado en base a las exploraciones de seis calicatas representativa, para realizar los análisis y ensayos del laboratorio de suelos representativos a fin de obtener las principales características físicas y parámetros requerido en el diseño de la cimentación.



## **Análisis de la información geotécnica**

La información básica de los estudios geotécnicos, condiciones topográficas, geológicas y geomorfológicas son de gran interés principalmente las observaciones locales efectuadas durante los ensayos de campo que permiten formar el perfil estratigráfico.

### **Estudios anteriores**

**Regionales:** La información geológica y geotécnica regional es ampliamente conocida para la cuenca del Alto Mayo.

**Locales:** Solo se dispone de un estudio de la zona, denominada Estudio Geológico y Geotécnico de la ubicación de la bocatoma principal del Río Avisado. Así como del proyecto de Irrigación Pueblo Libre Atumplaya – Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM) realizado por el Ingeniero geólogo Federico Cubas Quiroz en el año de 1994.

**Topográficas:** El área estudiada, es de topografía plana ligeramente ondulada ó irregular, debido a las diferentes áreas y zonas de inundación con desniveles que van entre 1 a 0,50 m.

### **Geología Regional**

Las características mas relevantes son los depósitos cuaternarios fluvial reciente (Qr – fluv), formado por relleno de sedimento superficiales de arena - limosa sueltas, limos y arcillas, con espesor que varían de 2 a 4 m, que descansa sobre las arcillas grises veteadas de origen aluvional (Qp – aluv) así como de los depósitos del cuaternario pleistoceno que es el mas antiguo y descansa los estratos formados por lutitas, limolitas, pizarras y areniscas cuarzosas alteradas y con una leve inclinación de 4° al N-E como buzamiento (inclinación de una capa



de tierra). No se ve ninguna estructura geológica de importancia que puede incidir en la estabilidad del canal.

El mayor efecto es la erosión pluvial ocurrida sobre las arenas que han sido encontradas en trochas para canales; el mismo Río Avisado en su recorrido erosiona los sedimentos arenosos - limosos y limoso superficiales ya que los arcillosos del pleistoceno son mas estables que las arenas limosas y el cuaternario reciente superficial.

### **Geología local**

Las condiciones geológicas en el área de estudio del proyecto se considera muy homogéneas y simples. Predominan las arenas – limosas y limos sueltos del cuaternario fluvial (Qr – fluv) reciente de color amarillento, de fácil erosión por las lluvias si se encuentra desprotegida de vegetación y en las zonas de trochas o en las zonas descubiertas por cualquier motivo, en cambio los sedimentos arcillosos del cuaternario aluvional pleistoceno (Qp – aluv ) son mas resistentes a la erosión pluvial y erosión hidráulica del Río Avisado.

Se puede apreciar que el suelo a lo largo de toda la caja del canal en estudio presenta un suelo arenoso – limoso suelto. Pasa los 2.00 m de profundidad, no se encontró el nivel freático. Hasta las 2.00 m, el suelo es arenoso o suelo con algunas pequeñas variaciones superficiales de sedimentos orgánicos de humus y limos arenosos a veces arcillosos que no pasan los 30 cm de espesor.

### **Geomorfológicos**

#### **Geomorfología regional**

El área en estudio pertenece a la planicie fluvio - lacustre del Alto Mayo.

El río Mayo es el principal modelador de la depresión tectónica del valle hundido por fallas regionales, en la parte plana se desarrolla el río Mayo, formando grandes meandros. Los afluentes como los ríos que están en la margen derecha son el Tonchima, Negro, Yuracyacu y en la margen izquierda del Río Mayo, el río





Cachiyacu y en especial el Avisado que apenas llega el Río Mayo ya que sus aguas son captadas para su uso en el riego. Esta zona es baja en unos 2.00 m aproximadamente, donde abundan los aguajales, otra característica es que la margen izquierda del río Mayo es mas vulnerable a la inundación por las aguas del río Mayo que tiene de mediana a poca pendiente y cuya erosión laminar actual es mayor que la socavación vertical y sus riberas están expuestas al fenómeno de licuación de arena por efectos de los sismos.

### **Geomorfología local**

El área se encuentra en la parte llamada del valle del Alto Mayo en la margen izquierda del Río Mayo

El canal principal recibe el nombre de El Luchador que en su extremo final se bifurca en los canales 14 de Junio y El taimé.

La derivación del canal principal forma algunos pequeños meandros, donde sobresalen las partes cóncavas por la fácil erosión de arenas y en la parte opuesta con sedimentación de depósitos en la nueva Bocatoma con suficiente material de construcción.

### **Estudio geotécnico**

#### **Mecánica de Suelos**

En los perfiles de suelo (Anexo I) destacan los suelos y formaciones geológicas predominantes a lo largo del eje del canal que constituye la nueva alternativa cuyas características son:

En la caja actual de los canales se pueden apreciar el perfil de los suelos como se indica en el Registro de Excavación los valores limites a considerar serian taludes para los canales excavados en arenas limosas.



### Trabajos de campo

Los trabajos de exploración de campo fueron ejecutados por la tesista. Se excavó una calicata y se evaluó el perfil hasta 3.00 m, el nivel freático se encontró casi a los 2.00 m

Las calicatas se excavaron a lo largo del eje del canal principal.

### Ensayo de laboratorio

Se han ejecutado los ensayos estándar para la clasificación y propiedades de las muestras seleccionadas mas representativas, ejecutados en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín.

Estos ensayos fueron realizados en cumplimiento de las normas de la American Society for Materials ASTM según los sgtes detalles.

Análisis granulométrico por tamizado ASTM D- 422.

Contenido de humedad ASTM D-2216

Densidad Máxima ASTM D-4253

Densidad Mínima ASTM D-4254.

Limite Líquido y plástico ASTM D –4318

Peso volumétrico ASTM D-2937

Corte Directo ASTM D-3080

<b>CALICATA</b>	<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>PROGRESIVA</b>
C-1	3.0	0+500
C-2	3.0	1+000
C-3	3.0	1+500



C-4	3.0	2+000
C-5	3.0	2+500
C-6	3.0	3+000

Con los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio; se han clasificado los tipos de suelos de acuerdo a su textura y características principales, las mismas que se detallan en los registros de pruebas y análisis.

**Perfil Estratigráfico**

Sobre la base del perfiles de suelos de las calicatas se determinó el perfil estratigráfico que se muestra en el Anexo I de Registro de Excavación una distribución muy uniforme los tipos de suelo: arenas – limosas superficiales.

**Análisis de Cimentación en Canales**

**Tipos de Cimentación**

De acuerdo a las observaciones de campo con las muestras de los perfiles y calicatas se preparó el perfil estratégico (planos adjuntos) que comparado con los estudios básicos y los resultados de los registros de ensayos y laboratorio, permite el análisis de las alternativas de cimentación.

**Profundidad de cimentación**

Para la nueva caja del canal en toda su longitud será excavada sobre suelo arenoso - limoso y por los resultados obtenidos del ensayo de corte directo (Anexo 3: Estudios de suelos) el tipo de suelo presenta los siguientes resultados:

Angulo de fricción  $\theta = 32.5^\circ$  y cohesión  $c = 0.01 \text{ kg / m}^2$ , con la Tabla N° 11 se obtiene el peso volumétrico teórico  $\sigma = 1.92 \text{ tm / m}^3$

Para el cálculo de la capacidad portante del terreno se considera lo siguiente:

**Parámetros Geométricos de Resistencia – Laboratorio de Suelos**

$\theta$  (Angulo de Fricción) =  $32.50^\circ$   
 $c$  (Cohesión) =  $0.01 \text{ Kg/cm}^2$

$\gamma_d(\text{g/cm}^3)$ (densidad seca)	1.46	1.46	1.46
w% (humedad %)	15.60%	15.59%	15.55%



Para el cálculo de peso específico de masa o densidad aparente  $\gamma_m$

$$\gamma_m = \gamma_d (1+w) = 1.46(1+0.1559) = 1.6876 \text{ tn/m}^3$$

$$\gamma_m = 1.69 \text{ tn/m}^3$$

Por Falla Local tenemos:

$c'$  = cohesión para falla local

$\phi'$  = ángulo de fricción para falla local.

$q_u$  = capacidad de carga última

$N'c, N'q, N'\gamma$  = factores adimensionales de capacidad de carga

$q$  = presión sobre capa efectiva

$df$  = base del canal

$$c' = \frac{c}{F_{s \text{ corte}}} = \frac{0.10 \text{ tn/m}^2}{1.50} = 2/3 c$$

$$\phi' = \text{tg}^{-1} \frac{\text{tg} \phi}{F_{s \text{ corte}}} = \text{tg}^{-1} \left( \frac{2 \text{tg} \phi}{3} \right) = \phi'$$

$$1.40 \leq F_{s \text{ corte}} \leq 1.60 *$$

Si  $F_{s \text{ corte}} = 1.50$ , entonces:

$$\phi' = \text{tg}^{-1} \frac{\text{tg} \phi}{F_{s \text{ corte}}} = \text{tg}^{-1} \left( \frac{2 \text{tg} \phi}{3} \right)$$

$$\phi' = \text{tg}^{-1} \left( \frac{\text{tg} 32.50}{1.50} \right) = \text{tg}^{-1} \left( \frac{2}{3} \text{tg} 32.50 \right) = 23.01$$

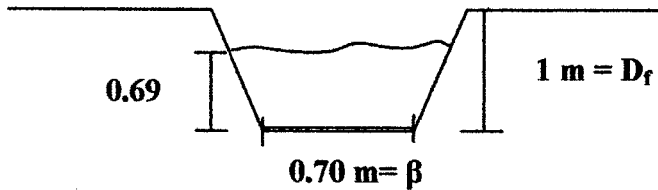
$$q_u = \left( \frac{2}{3} \right) c' N'c + q N'q + 0.5 \gamma \beta N'\gamma \dots \infty$$

$$\phi' = N'q' = \frac{e^{\left( \frac{3\pi}{2} - \phi' \right) \text{tg} \phi'}}{2 \cos^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right)} = \dots \dots \dots 1 \quad \phi'_{\text{rad}} = \frac{\phi' * \pi}{180} = 0.40$$

$$\phi' = N'q' = \frac{\left( \frac{3\pi}{2} - 0.40 \right) \text{tg} 23.01}{2 \cos^2 (45 + 23.01/2)} = N'q' = 10.25$$

$$N'c' = \frac{(N'q' - 1)}{\text{tg} \phi'} = \frac{(10.25 - 1)}{\text{tg} 23.01} = 21.78 \dots \dots \dots 2$$

\*Delgado Vargas, Manuel; Ingeniería de cimentaciones



$$Ny' = 2(Nq' + 1) \operatorname{tg} \varnothing' = 2(10.25 + 1) \operatorname{tg} 23.01 = 9.55 \dots\dots\dots 3$$

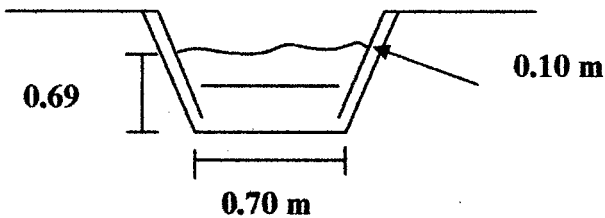
$$q = Df * \gamma m = 1m * 1.69 \operatorname{tn} / m^3 = 1.69 \operatorname{tn} / m^2$$

Reemplazando los valores de 1, 2, 3 en  $\infty$

$$qu = \left(\frac{2}{3}\right) (0.10 \operatorname{tn}/m^2 * 21.78) + 1.69 \operatorname{tn}/m^2 * 10.25 + 0.50 * 1.69 \operatorname{tn} / m^3 * 0.70m * 9.55$$

$$qu = 24.42 \operatorname{tn}/m^2 = 2.44 \operatorname{kg}/cm^2$$

Calculo del peso total de la estructura:



$$W_{total} = W_{concreto} + W_{agua} = 0.75 \operatorname{tn} + 0.40 \operatorname{tn} = 1.15 \operatorname{tn}.$$

$$Fs(\operatorname{capacidad de apoyo}) = \left(\frac{qu * \beta * Df}{w_{total}}\right) = \left(\frac{24.42 \operatorname{tn}/m^2 * 0.70m * 1m}{1.15 \operatorname{tn}}\right)$$

$$Fs(\operatorname{capacidad de apoyo}) = 14.86 \geq 3 * \dots\dots\dots \text{OK} \dots\dots\dots \text{Cumple}$$

\*THOMSON, Principio de Ingeniería de cimentaciones 5ta Edición

Para el cálculo de la carga admisible neto se considera un factor de seguridad  $Fs=3$  para fines de cálculo.

$$q_{adm} = \left(\frac{qu - Df * \gamma m}{Fs}\right) = \left(\frac{24.42 \operatorname{tn}/m^2 - (1m * 1.69 \operatorname{tn}/m^3)}{4}\right)$$

Se considerará un  $Fs=4$

$$q_{adm} = 5.68 \operatorname{Tn}/m^2 = 0.57 \operatorname{Kg}/cm^2 \dots\dots\dots \text{OK Cumple}$$



$$\frac{Q * n}{S^{1/2} * b^{8/3}} = \frac{K^{5/3} * (1 + K * Z)^{5/3}}{(1 + 2 * K * \sqrt{1 + Z^2})^{2/3}}$$

Igualando esta expresión a un valor **X**, tenemos:

$$X = \frac{K^{5/3} * (1 + K * Z)^{5/3}}{(1 + 2 * K * \sqrt{1 + Z^2})^{2/3}}$$

O su equivalente:

$$\frac{Q * n}{S^{1/2} * b^{8/3}} = X$$

De esta última expresión despejamos el ancho de solera:

$$b = \left( \frac{Q * n}{S^{1/2} * X} \right)^{3/8}$$

### TRAMOS QUE COMPRENDE EL CANAL PRINCIPAL:

#### - Canal sin revestir

❖ Tramo I: Km 0+000 – Km 1+227.43

Caudal: Q = 2.86 m<sup>3</sup>/s

Pendiente: S = 0.0003

❖ Tramo II: Km 1+227.43 – Km 2+175

Caudal: Q = 1.43 m<sup>3</sup>/s

Pendiente: S = 0.0004

❖ Tramo III: Km 2+175 – Km 3+119.33

Caudal: Q = 1.43 m<sup>3</sup>/s

Pendiente: S = 0.0005

Para el diseño se asumirán los siguientes datos:

Z = 1.50..... Suelo arenoso

n = 0.025..... Canal sin revestir



- **Canal revestido**

- ❖ Los datos necesarios para el diseño hidráulico del canal que se deben conocer son:

El caudal de diseño: **Qd**

El talud de las paredes del canal: **Z**

El coeficiente de rugosidad: **n**

La pendiente del canal: **S**

- ❖ Utilizando la relación de máxima eficiencia hidráulica para canales revestidos obtenemos la relación **b/Y** y lo llamamos **1/K**.

$$\frac{b}{Y} = 2 * (\sqrt{1 + z^2} - z) = \frac{1}{K} \quad (\text{Canales revestidos})$$

Invirtiendo este valor obtenemos:

$$Y / b = K$$

Despejando Y:

$$Y = K * b$$

- ❖ Se sabe además que :

Área de la sección hidráulica:

$$A = Y * (b + Z * Y)$$

Perímetro mojado:

$$P = b + 2 * Y * \sqrt{1 + Z^2}$$

Radio hidráulico:

$$R = \frac{Y * (b + Z * Y)}{b + 2 * Y * \sqrt{1 + Z^2}}$$

Espejo de agua:

$$T = b + 2 * Z * Y$$



Tirante Medio:

$$d = \frac{Y * (b + Z * Y)}{b + 2 * Z * Y}$$

❖ De la ecuación de Manning despejando los elementos geométricos, tenemos:

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

Luego reemplazando las relaciones anteriores obtenemos:

$$\frac{Q * n}{S^{1/2}} = Y * (b + Z * Y) * \left[ \frac{Y * (b + Z * Y)}{b + 2 * Y * \sqrt{1 + Z^2}} \right]^{2/3}$$

Reemplazando la ecuación (3) en la ecuación (10), resulta:

$$\frac{Q * n}{S^{1/2} * b^{8/3}} = \frac{K^{5/3} * (1 + K * Z)^{5/3}}{(1 + 2 * K * \sqrt{1 + Z^2})^{2/3}}$$

Igualando esta expresión a un valor **X**, tenemos:

$$X = \frac{K^{5/3} * (1 + K * Z)^{5/3}}{(1 + 2 * K * \sqrt{1 + Z^2})^{2/3}}$$

O su equivalente:

$$\frac{Q * n}{S^{1/2} * b^{8/3}} = X$$

De esta última expresión despejamos el ancho de solera:

$$b = \left( \frac{Q * n}{S^{1/2} * X} \right)^{3/8}$$

Los canales revestidos se construyen por las siguientes cinco razones primordiales:

- 1.- Permitir el transporte de agua a altas velocidades.
- 2.- Permitir el transporte de agua a alta velocidad con un costo reducido de construcción.
- 3.- Disminuir la infiltración, conservando el agua y reduciendo la sobrecarga en los terrenos adyacentes al canal.





- 4.- Reducir el costo anual de operación y mantenimiento del canal.
- 5.- Asegurar la estabilidad de la sección transversal del canal.

El diseño hidráulico de canales revestidos se realizarán para la condición de Máxima Eficiencia Hidráulica, debido a que esta condición nos asegura que por una sección mínima discurra el máximo caudal posible.

El diseño hidráulico del canal principal del proyecto de irrigación "El Avisado-La Conquista" con revestimiento consta de los siguientes tramos:

CANAL PRINCIPAL:

- ❖ Tramo I: Km 0+000 a Km 1+227.43

Caudal:  $Q = 2.86 \text{ m}^3/\text{s}$

Pendiente:  $S = 0.0008$

- ❖ Tramo II: Km 1+227.43 a Km 2+175

Caudal:  $Q = 1.43 \text{ m}^3/\text{s}$

Pendiente:  $S = 0.0025$

- ❖ Tramo III: Km 2+175 a Km 3+119.33

Caudal:  $Q = 1.43 \text{ m}^3/\text{s}$

Pendiente:  $S = 0.001403$

Para el diseño se asumirán los siguientes datos:

Talud  $Z = 1$ , debido a que este talud es más trabajable y por ser canal revestido con concreto simple.

Rugosidad  $n = 0.017$ , por tratarse de un canal revestido de concreto y tomando en cuenta la calidad del acabado según el tipo de material utilizado en el frotachado de la caja del canal

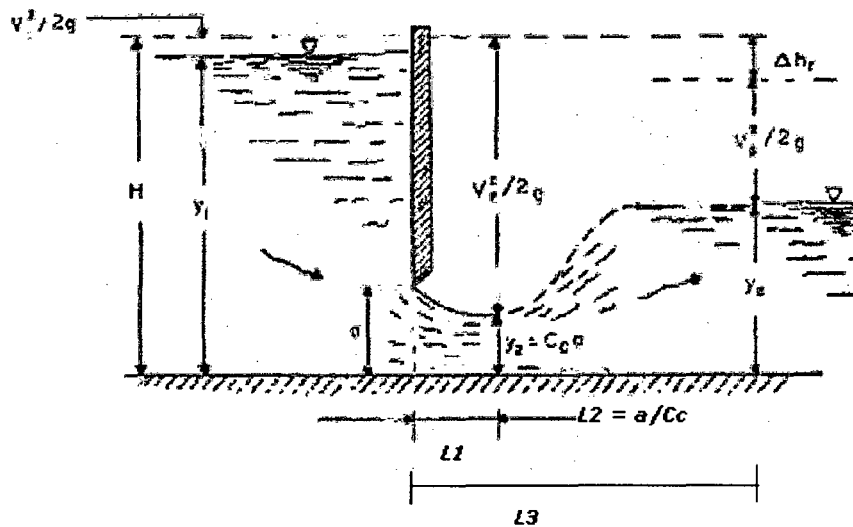
**- Toma lateral**

Está conformada por una compuerta que es una placa móvil, plana que al levantarse permite guardar la altura del orificio que se va descubriendo, a la vez que controla el



caudal que ingresa a través de él. El orificio generalmente se hace entre el piso del canal y el borde inferior de la compuerta, por lo que su ancho coincide con el del canal lateral. El flujo en el canal cuando se coloca la compuerta de la toma lateral, por lo general es normal a ella.

**Grafico N°: 11**  
**Longitud del conducto**



Fuente: VILLÓN BEJAR, Máximo, Hidráulica de canales

En el grafico, los elementos son:

$H = y_1 + (v_1)^2 / 2g$ : Carga total aguas arriba de la compuerta lateral

$\frac{v_1^2}{2g}$  = Carga de velocidad con que llega el agua en el canal, aguas arriba de la

compuerta

$y_1$ : Tirantes aguas arriba de la compuerta

$y_2 = C_c \times a$ : tirante de la vena contraída aguas abajo de la compuerta

$a$ : abertura de la compuerta

$b$ : ancho de la compuerta

$C_c$ : Coeficiente de contracción

$L = a/C_c$ : longitud desde la compuerta hasta  $y_2$  (sección contraída)

$y_3$ : tirante normal (si las condiciones lo permitan), aguas abajo de la compuerta



La ecuación para el cálculo del caudal que sale por la compuerta es similar al del orificio, en este caso, la sección es rectangular, siendo el área  $A = b \times a$ , y la ecuación del caudal:

$$Q = C_d b a \sqrt{2gy_1}$$

Donde:

$$C_d = \frac{C_c \cdot C_v}{\sqrt{1 + \frac{C_c a}{y_1}}}$$

$$C_c = \frac{a}{2y_1} \left( \frac{Cd}{Cv} \right)^2 + \sqrt{\left[ \frac{a}{2y_1} \left( \frac{Cd}{Cv} \right)^2 \right]^2 + \left( \frac{Cd}{Cv} \right)^2}$$

$$C_v = 0.960 + 0.0979 \frac{a}{y_1}$$

Siendo:

$C_d$ : Coeficiente de descarga

$C_c$ : Coeficiente de Contracción

$C_v$ : Coeficiente de Velocidad.

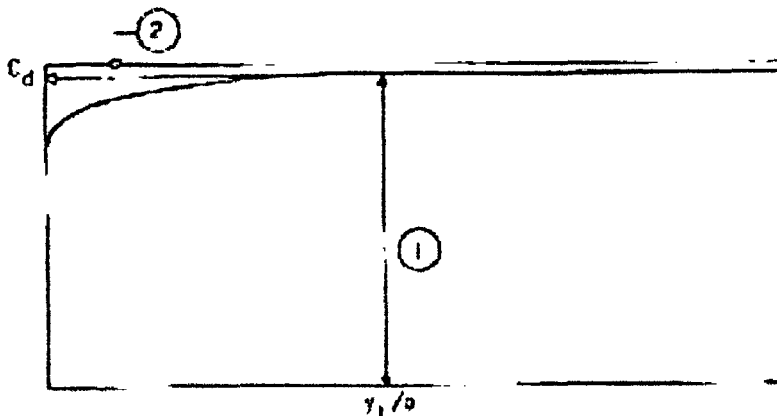
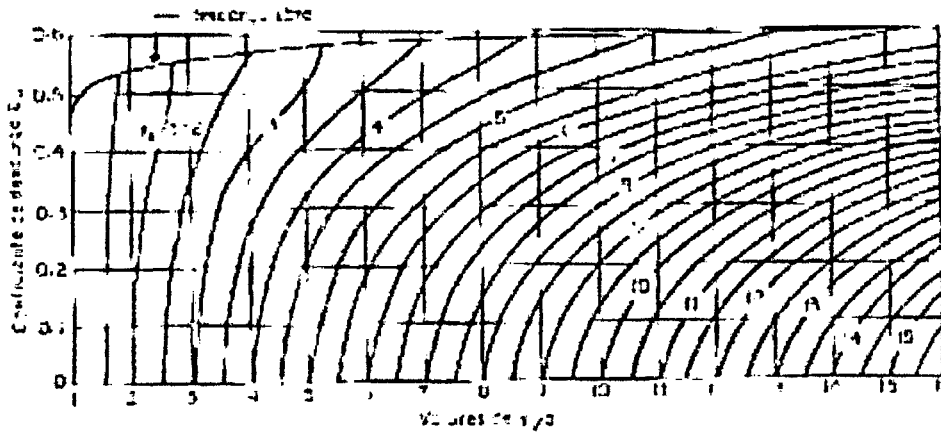
El valor de  $C_d$ , se puede determinar con la ecuación (6.18) o a partir del nomograma de la figura 6.12. en esta figura:

- Ubicar en el eje x, el valor correspondiente a la relación  $y_1 / a$ .
- Trazar una vertical hasta intersectar a la curva de descarga libre ( si así lo fuera) o a la curva  $y_3 / a$  ( si la descarga fuera sumergida )



- La figura 6.11 muestra un esquema de este proceso.
- El cálculo de  $C_d$ , visto anteriormente corresponde a una compuerta vertical, para el caso en que la compuerta sea plana con una indicación,  $C_d$  se calcula con el nomograma de la entrar en el eje x con el valor de la relación  $y_1 / a$

**Grafico N° 12**  
**Coefficiente de descarga**

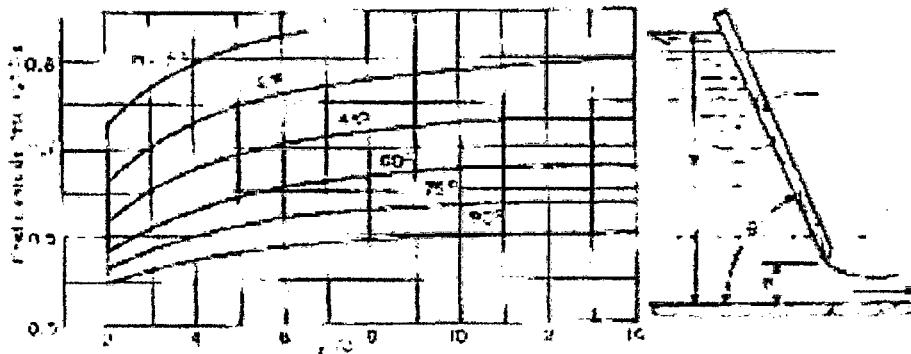


Fuente: VILLÓN BEJAR, Máximo, Hidráulica de canales



### Grafico N° 13

#### **Coeficiente de descarga para compuertas planas inclinadas**



Fuente: VILLÓN BEJAR, Máximo, Hidráulica de canales

Coeficiente de descarga para compuertas planas inclinadas con descarga libre (tomada de Gilberto Sotelo)

- Trazar una vertical hasta la curva trazada con el ángulo de inclinación de la compuerta
- Trazar una horizontal en el punto de intersección y leer el valor de  $C_d$ , en el eje y.

El valor de  $C_v$ , se calcula:

El valor de  $C_c$ , se calcula. Para fines prácticos, se recomienda usar un valor de  $C_c = 0,62$  para cualquier relación de  $y_1 / a$ , inclusive para descarga sumergida.

#### **b) Diseño hidráulico**

##### **- Diseño hidráulico del canal principal sin revestir**

El diseño hidráulico del canal principal, se ha realizado para los tramos en la que ha sido dividida la longitud total que es de 3,193.33m. El diseño es el siguiente:



TRAMO : I

Progresivas : KM 0+000 - KM 1+227.43

**Datos de diseño:**

<b>Qd =</b>	2.86	m <sup>3</sup> /s
<b>Z =</b>	1.50	
<b>n =</b>	0.025	(canal excavado en tierra sin revestir)
<b>S =</b>	0.0003	

**Solución:**

Condición de máxima eficiencia hidráulica y mínima infiltración:

$$b/Y = 0.908$$

Invertimos este valor:

$$K = 1.101$$

Y obtenemos el valor de **X**:

$$X = 2.047$$

Ancho de solera:

$$b = 1.3008045 \text{ m}$$

Tirante hidráulico:

$$Y = 1.4321 \text{ m}$$

**Comprobación:**

Área hidráulica:

$$A = 4.939183 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado:

$$P = 6.4642728 \text{ m}$$

Radio hidráulico:

$$R = 0.764074 \text{ m}$$

Espejo de agua :

$$T = 5.5970698 \text{ m}$$



Tirante medio:

$$d = 0.8824587 \text{ m}$$

Caudal que transporta la sección:

$$Q = 2.86 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{OK}_i$$

**Dimensiones definitivas a usar:**

Ancho de solera:

$$b = 1.30 \text{ m}$$

Tirante hidráulico:

$$Y = 1.43 \text{ m}$$

Área hidráulica:

$$A = 4.9391593 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado:

$$P = 6.4641953 \text{ m}$$

Radio hidráulico:

$$R = 0.7640795 \text{ m}$$

Espejo de agua :

$$T = 5.5968702 \text{ m}$$

Tirante medio:

$$d = 0.8825 \text{ m}$$

Altura total del canal:

$$H = 1.55 \text{ m}$$

Ancho total del canal:

$$B = 5.95 \text{ m}$$



Borde libre:

$$f = 0.12 \text{ m}$$

Caudal que transporta la sección:

$$Q = 2.86 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{OK}_i$$

**Características del flujo:**

Velocidad:

$$V = 0.58 \text{ m/s}$$

Energía específica:

$$E = 1.45 \text{ Kg-m/Kg}$$

Número de Froude:

$$F = 0.20 < 1 \quad \text{el flujo es subcrítico} \quad \text{OK}_i$$

Tirante crítico:

$$Q^2/g = Ac^3/Tc$$

$$Y_c = 0.62 \text{ m} < Y = 1.43 \text{ m}$$

**el flujo es subcrítico OK<sub>i</sub>**





TRAMO : II

Progresivas : KM 1+227.43 - KM 2+175

**Datos de diseño:**

<b>Qd =</b>	1.43	m <sup>3</sup> /s
<b>Z =</b>	1.50	
<b>n =</b>	0.025	(canal excavado en tierra sin revestir)
<b>S =</b>	0.0004	

**Solución:**

Condicion de máxima eficiencia hidráulica y minima infiltración:

$$b / Y = 0.908$$

Invertimos este valor:

$$K = 1.101$$

Y obtenemos el valor de X:

$$X = 2.047$$

Ancho de solera:

$$b = 0.95039 \text{ m}$$

Tirante hidráulico:

$$Y = 1.0463 \text{ m}$$

**Comprobación:**

Área hidráulica:

$$A = 2.63652 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado:

$$P = 4.72289 \text{ m}$$

Radio hidráulico:

$$R = 0.55824 \text{ m}$$

Espejo de agua :

$$T = 4.0893 \text{ m}$$



Tirante medio:

$$d = 0.644736 \text{ m}$$

Caudal que transporta la sección:

$$Q = 1.43 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{OK}_i$$

**Dimensiones definitivas a usar:**

Ancho de solera:

$$b = 0.95 \text{ m}$$

Tirante hidráulico:

$$Y = 1.05 \text{ m}$$

Área hidráulica:

$$A = 2.636509 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado.

$$P = 4.722848 \text{ m}$$

Radio hidráulico:

$$R = 0.558246 \text{ m}$$

Espejo de agua :

$$T = 4.0892 \text{ m}$$

Tirante medio:

$$d = 0.6447 \text{ m}$$

Altura total del canal:

$$H = 1.20 \text{ m}$$

Ancho total del canal:

$$B = 4.55 \text{ m}$$



Borde libre:

$$f = 0.15 \text{ m}$$

Caudal que transporta la sección:

$$Q = 1.43 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{OK}_j$$

**Características del flujo:**

Velocidad:

$$V = 0.54 \text{ m/s}$$

Energía específica:

$$E = 1.06 \text{ Kg-m/Kg}$$

Número de Froude:

$$F = 0.22 < 1 \quad \text{el flujo es subcrítico} \quad \text{OK}_j$$

Tirante crítico:

$$Q^2/g = Ac^3/Tc$$

$$Y_c = 0.48 \text{ m} < Y = 1.05 \text{ m}$$

**el flujo es subcrítico OK<sub>j</sub>**



DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA

TRAMO : III

Progresivas : KM 2+175 - KM 3+119.33

**Datos de diseño:**

Qd =	1.43	m <sup>3</sup> /s
Z =	1.50	
n =	0.025	(canal excavado en tierra sin revestir)
S =	0.0005	

**Solución:**

Condicion de máxima eficiencia hidráulica y minima infiltración:

$$b / Y = 0.908$$

Invertimos este valor:

$$K = 1.101$$

Y obtenemos el valor de X:

$$X = 2.047$$

Ancho de solera:

$$b = 0.911442 \text{ m}$$

Tirante hidráulico:

$$Y = 1.0034 \text{ m}$$

**Comprobación:**

Área hidráulica:

$$A = 2.424875 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado.

$$P = 4.529359 \text{ m}$$

Radio hidráulico:

$$R = 0.535368 \text{ m}$$

Espejo de agua :

$$T = 3.921731 \text{ m}$$



Tirante medio:

$$d = 0.618317 \text{ m}$$

Caudal que transporta la sección:

$$Q = 1.43 \text{ m}^3/\text{s} \text{ OK}_i$$

**Dimensiones definitivas a usar:**

Ancho de solera:

$$b = 0.90 \text{ m}$$

Tirante hidráulico:

$$Y = 1.01 \text{ m}$$

Área hidráulica:

$$A = 2.424644 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado:

$$P = 4.528279 \text{ m}$$

Radio hidráulico:

$$R = 0.535445 \text{ m}$$

Espejo de agua :

$$T = 3.918911 \text{ m}$$

Tirante medio:

$$d = 0.6187 \text{ m}$$

Altura total del canal:

$$H = 1.20 \text{ m}$$

Ancho total del canal:

$$B = 4.5 \text{ m}$$



Borde libre:

$$f = 0.19 \text{ m}$$

Caudal que transporta la sección:

$$Q = 1.43 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{OK}_i$$

**Características del flujo:**

Velocidad:

$$V = 0.59 \text{ m/s}$$

Energía específica:

$$E = 1.02 \text{ m-Kg/Kg}$$

Número de Froude:

$$F = 0.24 < 1 \quad \text{el flujo es subcrítico} \quad \text{OK}_i$$

Tirante crítico:

$$Q^2/g = Ac^3/Tc$$

$$Yc = 0.48 \text{ m} < Y = 1.01 \text{ m}$$

**el flujo es subcrítico OK<sub>i</sub>**



**CUADRO N°20**

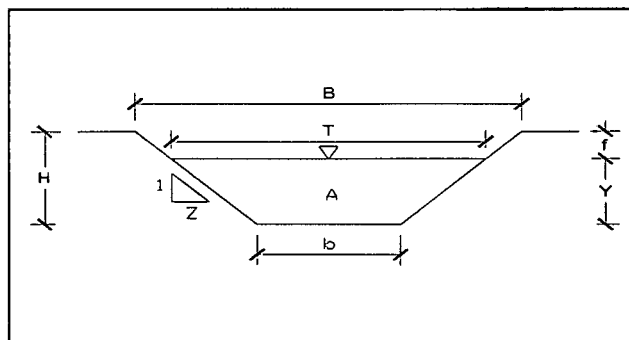
**RESUMEN DE ELEMENTOS GEOMÉTRICOS-DINÁMICOS Y CINEMÁTICOS  
DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL CANAL PRINCIPAL IRRIGACION EL AVISADO-LA CONQUISTA**

**CONDICION: CANAL SIN REVESTIMIENTO**

ELEMENTO	TRAMO		
	I	II	III
<b>Qd (m<sup>3</sup>/s)</b>	2.86	1.43	1.43
<b>S</b>	0.0003	0.0004	0.0005
<b>n</b>	0.025	0.025	0.025
<b>Yn</b>	1.43	1.05	1.01
<b>b</b>	1.30	0.95	0.90
<b>A</b>	4.94	2.64	2.42
<b>P</b>	6.46	4.72	4.53
<b>R</b>	0.76	0.56	0.54
<b>T</b>	5.60	4.09	3.92
<b>d</b>	0.88	0.64	0.62
<b>H</b>	1.55	1.20	1.20
<b>B</b>	5.95	4.55	4.50
<b>f</b>	0.12	0.15	0.19
<b>V</b>	0.58	0.54	0.59
<b>E</b>	1.45	1.06	1.02
<b>F</b>	0.20	0.22	0.24
<b>Yc</b>	0.62	0.48	0.48
<b>Z</b>	1.50	1.50	1.50

S = Pendiente del canal.  
 n = Coeficiente de rugosidad.  
 Yn = Tirante normal en m.  
 b = Ancho de solera en m.  
 A = Área hidráulica en m<sup>2</sup>  
 P = Perímetro mojado en m.  
 R = Radio hidráulico en m.  
 T = Espejo de agua en m.

d = Tirante medio en m.  
 H = Altura total del canal en m.  
 B = Ancho total del canal en m.  
 f = Borde libre en m.  
 V = Velocidad en m/s.  
 E = Energía específica en m-Kg/Kg.  
 F = Número de Frode.  
 Yc = Tirante crítico en m.





### - Diseño hidráulico de canal revestido

El diseño hidráulico del canal principal revestido con concreto simple, se ha realizado para los tramos en la que ha sido dividida la longitud total que es de 3,193.33. El diseño es el siguiente:

**TRAMO : I**

**Progresivas : KM 0+000 - KM 1+227.43**

#### Datos de diseño:

<b>Qd =</b>	2.86	m <sup>3</sup> /s
<b>Z =</b>	1.00	
<b>n =</b>	0.017	(canal revestido con concreto simple)
<b>S =</b>	0.0008	

#### Solución:

Relación de máxima eficiencia hidráulica:

$$b / Y = 0.828$$

Invertimos este valor:

$$K = 1.207$$

Y obtenemos el valor de X:

$$X = 1.903$$

Ancho de solera:

$$b = 0.962629 \text{ m}$$

Tirante hidráulico:

$$Y = 1.1620 \text{ m}$$

#### Comprobación:

Área hidráulica:

$$A = 2.4688055 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado:

$$P = 4.2492498 \text{ m}$$

Radio hidráulico:

$$R = 0.580998 \text{ m}$$

Espejo de agua :

$$T = 3.2866209 \text{ m}$$





Tirante medio:

$$d = 0.7511683 \text{ m}$$

Caudal que transporta la sección:

$$Q = 2.86 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{OK}_i$$

**Dimensiones definitivas a usar:**

Ancho de solera:

$$b = 1.00 \text{ m}$$

Tirante hidráulico:

$$Y = 1.15 \text{ m}$$

Área hidráulica:

$$A = 2.468885 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado.

$$P = 4.2495917 \text{ m}$$

Radio hidráulico:

$$R = 0.5809699 \text{ m}$$

Espejo de agua :

$$T = 3.2978084 \text{ m}$$

Tirante medio:

$$d = 0.7486 \text{ m}$$

Altura total del canal:

$$H = 1.35 \text{ m}$$

Ancho total del canal:

$$B = 3.70 \text{ m}$$



Borde libre:

$$f = 0.20 \text{ m}$$

Caudal que transporta la sección:

$$Q = 2.86 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{OK}_i$$

**Características del flujo:**

Velocidad:

$$V = 1.16 \text{ m/s}$$

Energía específica:

$$E = 1.22 \text{ Kg-m/Kg}$$

Número de Froude:

$$F = 0.43 < 1 \quad \text{el flujo es subcrítico} \quad \text{OK}_i$$

Tirante crítico:

$$Q^2/g = Ac^3/Tc$$

$$Y_c = 0.73 \text{ m} < Y = 1.15 \text{ m}$$

**el flujo es subcrítico OK<sub>i</sub>**



**DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA**

**TRAMO : II**

**Progresivas : KM 1+227.43 - KM 2+175**

**Datos de diseño:**

**Qd = 1.43 m<sup>3</sup>/s**  
**Z = 1.00**  
**n = 0.017 (canal revestido con concreto simple)**  
**S = 0.0025**

**Solución:**

Relación de máxima eficiencia hidráulica:

$$b / Y = 0.828$$

Invertimos este valor:

$$K = 1.207$$

Y obtenemos el valor de **X**:

$$X = 1.903$$

Ancho de solera:

$$b = 0.598871 \text{ m}$$

Tirante hidráulico:

$$Y = 0.7229 \text{ m}$$

**Comprobación:**

Área hidráulica:

$$A = 0.955512 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado.

$$P = 2.643546 \text{ m}$$

Radio hidráulico:

$$R = 0.361451 \text{ m}$$

Espejo de agua :

$$T = 2.044675 \text{ m}$$



DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA

---

Tirante medio:

$$d = 0.467317 \text{ m}$$

Caudal que transporta la sección:

$$Q = 1.43 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{OK}_i$$

**Dimensiones definitivas a usar:**

Ancho de solera:

$$b = 0.70 \text{ m}$$

Tirante hidráulico:

$$Y = 0.69 \text{ m}$$

Área hidráulica:

$$A = 0.956085 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado.

$$P = 2.647512 \text{ m}$$

Radio hidráulico:

$$R = 0.361126 \text{ m}$$

Espejo de agua :

$$T = 2.077099 \text{ m}$$

Tirante medio:

$$d = 0.4603 \text{ m}$$

Altura total del canal:

$$H = 1.00 \text{ m}$$

Ancho total del canal:

$$B = 2.70 \text{ m}$$



Borde libre:

$$f = 0.31 \text{ m}$$

Caudal que transporta la sección:

$$Q = 1.43 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{OK}_i$$

**Características del flujo:**

Velocidad:

$$V = 1.50 \text{ m/s}$$

Energía específica:

$$E = 0.80 \text{ Kg-m/Kg}$$

Número de Froude:

$$F = 0.70 < 1 \quad \text{el flujo es subcrítico} \quad \text{OK}_i$$

Tirante crítico:

$$Q^2/g = Ac^3/Tc$$

$$Y_c = 0.57 \text{ m} < Y = 0.69 \text{ m}$$

**el flujo es subcrítico OK<sub>i</sub>**



DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA

TRAMO : III

Progresivas : KM 2+175 - KM 3+119.33

**Datos de diseño:**

Qd =	1.43	m <sup>3</sup> /s
Z =	1.00	
n =	0.017	(canal revestido con concreto simple)
S =	0.0014	

**Solución:**

Relación de máxima eficiencia hidráulica:

$$b / Y = 0.828$$

Invertimos este valor:

$$K = 1.207$$

Y obtenemos el valor de X:

$$X = 1.903$$

Ancho de solera:

$$b = 0.668349 \text{ m}$$

Tirante hidráulico:

$$Y = 0.8068 \text{ m}$$

**Comprobación:**

Área hidráulica:

$$A = 1.190077 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado:

$$P = 2.950233 \text{ m}$$

Radio hidráulico:

$$R = 0.403384 \text{ m}$$

Espejo de agua :

$$T = 2.281885 \text{ m}$$



**DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA**

---

Tirante medio:

$$d = 0.521533 \text{ m}$$

Caudal que transporta la sección:

$$Q = 1.43 \text{ m}^3/\text{s} \text{ OK}_j$$

**Dimensiones definitivas a usar:**

Ancho de solera:

$$b = 0.70 \text{ m}$$

Tirante hidráulico:

$$Y = 0.80 \text{ m}$$

Área hidráulica:

$$A = 1.190134 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado:

$$P = 2.950586 \text{ m}$$

Radio hidráulico:

$$R = 0.403355 \text{ m}$$

Espejo de agua :

$$T = 2.291405 \text{ m}$$

Tirante medio:

$$d = 0.5194 \text{ m}$$

Altura total del canal:

$$H = 1.00 \text{ m}$$

Ancho total del canal:

$$B = 2.70 \text{ m}$$



Borde libre:

$$f = 0.20 \text{ m}$$

Caudal que transporta la sección:

$$Q = 1.43 \text{ m}^3/\text{s} \text{ OK}_i$$

**Características del flujo:**

Velocidad:

$$V = 1.20 \text{ m/s}$$

Energía específica:

$$E = 0.87 \text{ m-Kg/Kg}$$

Número de Froude:

$$F = 0.53 < 1 \text{ el flujo es subcrítico OK}_i$$

Tirante crítico:

$$Q^2/g = Ac^3/Tc$$

$$Y_c = 0.57 \text{ m} < Y = 0.80 \text{ m}$$

**el flujo es subcrítico OK<sub>i</sub>**





**DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA**

**CUADRO N°21**

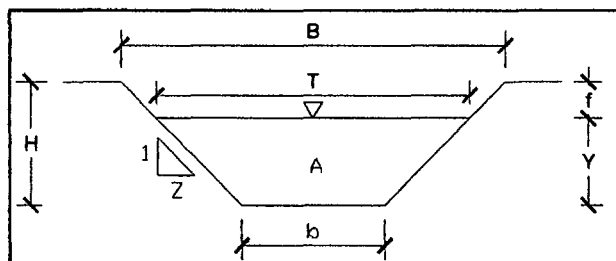
**RESUMEN DE ELEMENTOS GEOMÉTRICOS-DINÁMICOS Y CINEMÁTICOS  
DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL CANAL PRINCIPAL IRRIGACION EL AVISADO-LA CONQUISTA**

**CONDICION: CANAL REVESTIDO**

ELEMENTO	TRAMO		
	I	II	III
Qd (m <sup>3</sup> /s)	2.86	1.43	1.43
S	0.0008	0.0025	0.0014
n	0.017	0.017	0.017
Yn	1.15	0.69	0.80
b	1.00	0.70	0.70
A	2.47	0.96	1.19
P	4.25	2.65	2.95
R	0.58	0.36	0.40
T	3.30	2.08	2.29
d	0.75	0.46	0.52
H	1.35	1.00	1.00
B	3.70	2.70	2.70
f	0.20	0.31	0.20
V	1.16	1.50	1.20
E	1.22	0.80	0.87
F	0.43	0.70	0.53
Yc	0.73	0.57	0.57
Z	1.00	1.00	1.00

S = Pendiente del canal.  
 n = Coeficiente de rugosidad.  
 Yn = Tirante normal en m.  
 b = Ancho de solera en m.  
 A = Área hidráulica en m<sup>2</sup>  
 P = Perímetro mojado en m.  
 R = Radio hidráulico en m.  
 T = Espejo de agua en m.

d = Tirante medio en m.  
 H = Altura total del canal en m.  
 B = Ancho total del canal en m.  
 f = Borde libre en m.  
 V = Velocidad en m/s.  
 E = Energía específica en m-Kg/Kg.  
 F = Número de Frode.  
 Yc = Tirante crítico en m.





En el Cuadro N° 20 y Cuadro N° 21 se presenta el resumen de los elementos geométricos, dinámicos y cinemáticos de los diferentes tipos de secciones y para el de talud de las paredes laterales  $Z=1.5$  y  $Z=1.0$  respectivamente.

- **Diseño hidráulico de toma lateral**

A lo largo del canal principal solo hay una toma lateral ubicada en el Km. 1+227.43.

El caudal de diseño de la toma lateral es de  $1.43\text{m}^3/\text{seg}$ , debido a que el área de influencia de riego es el 50% del área del proyecto, por lo que para el diseño hidráulico, se ha considerado lo siguiente:

$Q_d = 1.43 \text{ m}^3/\text{seg}$  (Caudal del diseño)

$H = 1.35\text{m}$  (Altura total del canal en m)..... (Cuadro N° 21)

$Y_1 = 1.15\text{m}$  (Tirante normal en el canal principal en m)..... (Cuadro N° 21)

$V_1 = 1.16\text{m/s}$  (Velocidad asumida en m/s)..... (Cuadro N° 21)

$a = 0.55\text{m}$  (Abertura de la compuerta en m)

$C_c = 0.62$  (Coeficiente de contracción)

$b = 1.00\text{m}$  (Base de la toma en m)

Luego:

Calculo del coeficiente de velocidad

Aplicando las formula tenemos:

$$C_v = 0.960 + 0.0979 \frac{a}{y_1} = 0.960 + 0.0979 \frac{0.55}{1.15} = 1.01$$

$$C_v = 1.01$$



Calculo del coeficiente de descarga

$$Cd = \frac{Cc \cdot Cv}{\sqrt{1 + \frac{Cca}{y_1}}} = \frac{0.62 \times 1.01}{\sqrt{1 + \frac{0.62 \times 0.55}{1.15}}} = 0.55$$

$$Cd = 0.55$$

Calculo del tirante  $Y_2$  en el conducto cubierto.

Reemplazando valores, tenemos que:

$$Y_2 = Cc \times a = 0.62 \times 0.55 = 0.34\text{m}$$

$$Y_2 = 0.34\text{m}$$

Calculo de la longitud desde la compuerta hasta  $Y_2$  (Sección contraída)

$$L_1 = a / Cc = 0.55 / 0.62 = 0.89\text{m}$$

Como:

$$Q = V_2 \times A$$

$$V_2 = 1.43 / 0.55 / 0.62 / 1.01 = 4.15\text{m/seg}$$

$$V_2 = 4.15\text{m/seg}$$

Calculo del tirante normal en el conducto cubierto

$$\text{Para } Y_3 = \frac{Y_2}{2} \left( \sqrt{8F_1^2 + 1} - 1 \right)$$

$$\text{Donde } F_1 = \frac{V_2}{\sqrt{gY_2}}$$

Remplazando tenemos:



**DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA**

$$F_1 = \frac{4.15}{\sqrt{9.81 * .34}} = 2.27$$

$$Y_3 = \frac{.34}{2} \left( \sqrt{8 * 2.27^2 + 1} - 1 \right) = 0.93 \text{ m}$$

$$Y_3 = 0.93\text{m}$$

Cálculo deL resalto hidráulico L<sub>2</sub> se tiene:

**Tabla N° 9:**

**Longitud del resalto en canales con Tirante conjugado F<sub>1</sub> según el US. BUREAU Of. Reclamamción**

<b>F<sub>1</sub></b>	<b>1.7</b>	<b>2.00</b>	<b>2.50</b>	<b>3.00</b>	<b>3.50</b>	<b>4.00</b>
<b>L / Y<sub>2</sub></b>	4.00	4.35	4.85	5.28	5.55	5.8

$$L_2 = 4.62 * 0.93 = 4.30\text{m}$$

Según Sieñchin se tiene que L<sub>2</sub> = A (Y<sub>3</sub> - Y<sub>2</sub>)

Donde A depende del talud Z del canal, según la siguiente tabla:

**Tabla N° 10:**

**Longitud del resalto en canales con pendientes según el US. BUREAU Of. Reclamamción**

<b>Talud Z</b>	<b>0.00</b>	<b>0.50</b>	<b>0.75</b>	<b>1.00</b>	<b>1.25</b>	<b>1.50</b>
<b>A</b>	5.00	7.90	9.20	10.60	12.60	15.00

El resalto se calcula para comprobar que la longitud del conducto cubierto de la toma lateral debe ser mayor a la longitud originado en el tirante normal del resalto hidráulico.

$$L_2 = \text{Longitud del resalto}$$



$$L_2 = 5 * (0.93 - 0.34) = 2.95\text{m}$$

Promediando las longitudes tenemos:

$$L_2 = 4.30/2 + 2.95/2 = 3.63\text{m}$$

### Perdida de carga por derivación

Para obtener una medición exacta del caudal a derivar estas tomas se diseñan utilizando dos tipos de compuerta la primera denominada compuerta de orificio y la segunda compuerta de toma y entre ellas un espacio que actúa como cámara de regulación.

Para caudales pequeños y considerando el aspecto económico se utilizan tomas con una sola compuerta con la cual la medición del caudal no será muy exacta pero si bastante aproximada.

### Cálculos Hidráulicos

#### 1.- Ecuación de la pérdida de carga total ( $\Delta h$ )

Aplicando la ecuación de Bernulli en la sección 1 (entrada al conducto y salida) y considerando como nivel de referencia al eje del conducto.

**Tabla N° 11: Valores de Ke**

Forma de entrada :	Ke
Compuerta en pared delgada-contracción suprimida en los lados y en el fondo	1.00
Tubo entrante	0.78
Entrada con arista en ángulo recto	0.50
Entrada con arista ligeramente redondeada	0.23
Entrada con arista completamente redondeada ( $r/D=0.15$ )	0.10
Entrada abocinada circular	0.004

FUENTE: Máximo, Villón Bejar , Diseño de Estructuras hidráulicas, pág. 174



$$H_1 + \frac{V_1^2}{2g} = H_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_{1-2}$$

$V_1 = 0$  (velocidad perpendicular a la dirección del flujo en la alcantarilla)

$$H_1 = H_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_{1-2}$$

$$H_1 - H_2 = \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_{1-2}$$

$$\Delta h = \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_{1-2} \dots\dots\dots ( 1 )$$

Donde:

$\Delta h$  = Carga total

$\frac{V_2^2}{2g}$  = Carga de velocidad en el conducto

$\sum h_{1-2}$  = Sumatoria entre los puntos 1 y 2

En la sumatoria perdidas se tiene que considerar perdidas de carga por entrada ( $h_e$ ) perdida de carga por fricción ( $h_f$ ) y perdidas de carga por salida ( $h_s$ ) siendo ( $h_s$ ) despreciable.

Tenemos:

$$\sum h_{1-2} = h_e + h_f \dots\dots\dots ( 2 )$$

Las perdidas de entrada se calculan con la siguiente relación:

$$h_e = \frac{K_e * V_2^2}{2g} \dots\dots\dots ( 3 )$$

Donde

$h_e$  = perdida por entrada

$V_2$  = Velocidad del conducto

$K_e$  = Coeficiente que depende de la forma de entrada (Ver tabla).



Las pérdidas por fricción se calculan en la ecuación:

$$hf = Se L$$

L = Longitud del conducto

Se = Pendiente de la línea de energía.

Por la ecuación de Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Donde

$$S = \left( \frac{V * n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

Entonces la pérdida por fricción será:

$$hf = \left( \frac{V * n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 * L$$

Perdida total

$$\Delta h = \frac{K_2 * V_2^2}{2g} + \left( \frac{V_2 * n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 * L$$

Calculamos he por el diseño de la toma lateral:

L = 4.60m

Q = 1.43m<sup>3</sup>/ seg

Ke = se tomara con arista con ángulo recto

Ke = 0.15

$Q = V_2 * A$  ..... ( 1 )

A = a \* Cc \* Cv del diseño de la toma lateral

$$V_2 = \frac{1.43}{(0.55 * 0.62 * 1.01)} = 4.15 \frac{m}{seg}$$

$$he = \frac{Ke * V^2}{2g}$$

$$he = \frac{0.5 * (4.15)^2}{2 * 9.81} = 0.44m$$



Calculo perdida por fricción

$$hf = Se * L$$

$$hf = \left[ \frac{V^2 * n}{R^{\frac{2}{3}}} \right]^2 * L$$

$$Se = \left[ \frac{V * n}{R^{\frac{2}{3}}} \right]^2$$

Con los siguientes datos se obtiene:

$$V = 4.15 \text{ m/seg}$$

$$n = 0.015$$

$$A = \pi r^2 = 0.55 * 0.62 * 1.01 = 0.34\text{m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.34}{\pi}} = 0.33\text{m}$$

$$Se = \left[ \frac{4.15 * 0.015}{(0.33)^{\frac{2}{3}}} \right]^2 = 0.017$$

$$hf = Se * L$$

$$hf = 0.017 * 4.60\text{m}$$

$$hf = 0.078\text{m}$$

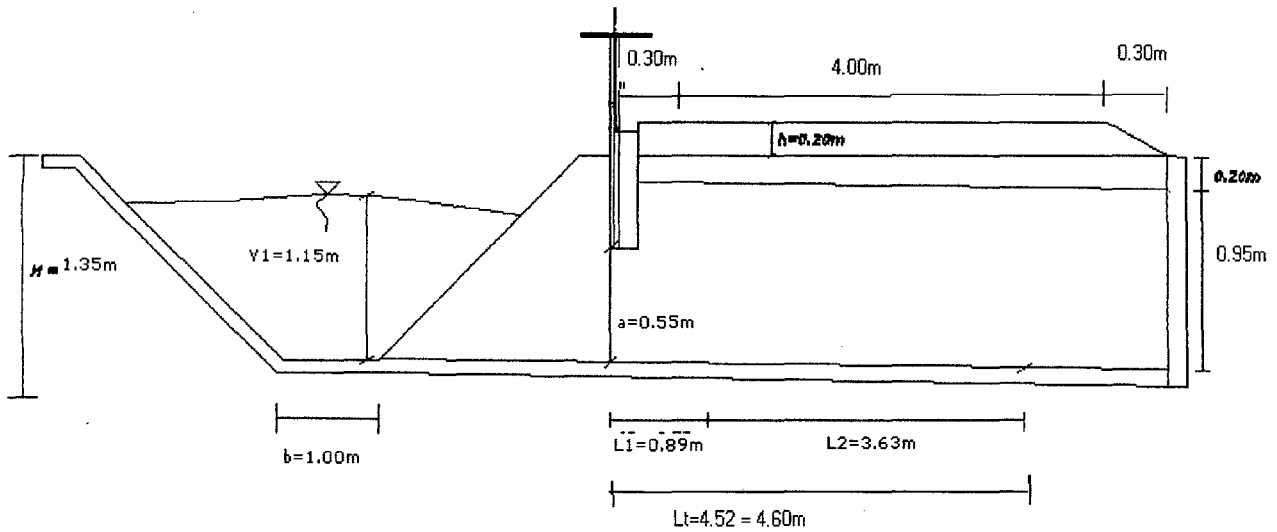
Entonces la pérdida de carga por derivación es:

$$\Delta h = h_e + h_f = 0.44 + 0.017 = 0.46\text{m}$$

$$\Delta h = 0.46\text{m}$$

Por medidas constructivas la compuerta tendrá las dimensiones siguientes: ancho = 0.6 m y altura = 0.55m y la longitud cubierto bajo el camino de servicio del canal principal será de 4.60m.





## Diseño Hidráulico y Estructural del Canal Principal y Toma lateral

### a) Consideraciones para el diseño estructural

Se ha realizado el diseño estructural del canal principal El Avisado – La Conquista para cada uno de los tramos, utilizando el método elástico.

#### - Canal revestido

Para el diseño estructural del canal revestido se ha seguido los lineamientos que establece el Reglamento Nacional de Construcciones. Para el análisis estructural de un canal revestido, este se ha idealizado como un pórtico con apoyos fijos en la base y vigas en voladizo las paredes laterales. El cálculo de la armadura se ha realizado mediante el método elástico o cargas de servicio.

#### ❖ Determinación del espesor del recubrimiento

Para el cálculo del espesor del recubrimiento, nos apoyaremos en el gráfico N° 04, en el cual se toma en cuenta el caudal que conduce el canal y el tipo de recubrimiento que llevará para la determinación del espesor del mismo para luego verificar si este espesor



adoptado es suficiente para resistir el momento máximo obtenido en el análisis estructural del canal.

#### ❖ **Metrado de Cargas y Cálculo de Momentos**

Para el diseño estructural de la toma, el metrado de cargas se ha realizado tomando un tramo de canal de 1.00 m de longitud, en las que intervienen las siguientes cargas:

##### Primera Condición: Cuando el canal está vacío (condición crítica)

Las cargas actuantes son las siguientes:

- Peso de la losa
- Empuje activo del terreno
- Reacción del terreno sobre la losa de fondo

##### Segunda Condición: Cuando el canal está lleno (condición favorable)

Las cargas actuantes son las siguientes:

- Peso de la losa
- Empuje activo del terreno
- Peso del agua sobre las paredes y el fondo del canal.
- Reacción del terreno sobre la losa de fondo

En el metrado del empuje activo del terreno, se ha tomado en cuenta el tipo de terreno en el que se encontrará emplazado la caja del canal para así poder determinar el peso específico del mismo y el ángulo de fricción interna según la Tabla N° 10.



**Tabla N° 12 :**

**Peso específico y ángulo de fricción interna**

Material	W (Kg/m <sup>3</sup> )	Ø (°)
Arcilla suave	1,440 a 1,920	0° a 15°
Arcilla media	1,600 a 1,920	15° a 30°
Limo seco y suelto	1,600 a 1,920	27° a 30°
Limo denso	1,760 a 1,920	30° a 35°
Arena suelta y grava	1,600 a 2,100	30° a 40°
Arena densa y grava	1,920 a 2,100	25° a 35°
Arena suelta, seca y bien graduada	1,840 a 2,100	33° a 35°
Arena densa, seca y bien graduada	1,920 a 2,100	42° a 46°

FUENTE: HARMSEN, Teodoro E. & MAYORCA, Paola, Diseño de Estructuras de Concreto Armado, pág. 358

❖ **Análisis estructural**

El análisis estructural, cálculo de los momentos flectores y fuerzas cortantes finales, se ha realizado utilizando el programa SAP 2000, Versión 6.11.

❖ **Material a ser utilizado en el revestimiento del canal**

La selección del material depende principalmente de la disponibilidad y costo del material, del método de construcción y del propósito para el cual va a ser utilizado el canal. Los materiales no erosionables utilizados para formar parte de la terminación del canal incluyen generalmente hormigón o piedra chancada. Se ha proyectado el empleo de concreto simple  $f'c=140\text{kg/cm}^2$  en el revestimiento del canal principal.

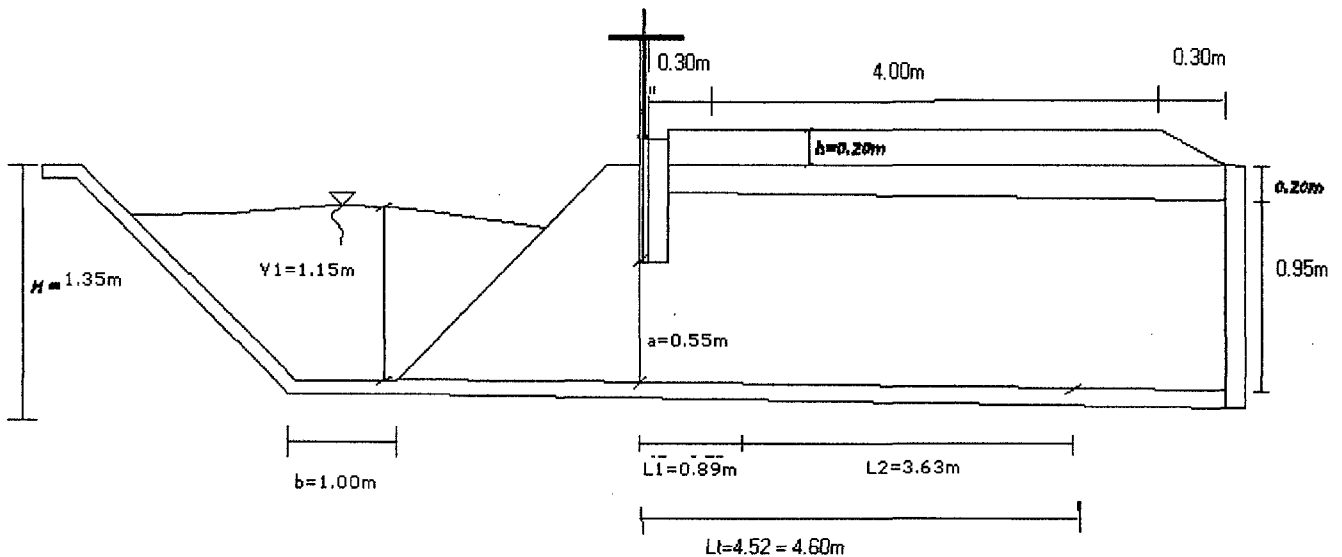
**- Toma lateral**

Para el diseño estructural de la toma lateral se ha seguido los lineamientos que establece el Reglamento Nacional de Construcciones. Para el análisis estructural de una toma lateral, este se ha idealizado como un pórtico con apoyos fijos en la base y loza vigas que



conforman el conducto que une la estructura de la compuerta y el canal lateral con la finalidad de dar continuidad al camino de servicio del canal principal. La longitud (L) del conducto abierto es 5.00m tal como se indica en el grafico N° 14.

**Grafico N° 14:**  
**Longitud del conducto cubierto**



Si  $y_2 = 0.34$  entonces: la altura de la compuerta será 0.55m y el ancho 0.60m.

## b) Diseño Estructural

### - Canal revestido en concreto simple

#### ❖ Tramo N° I = (Km 00+000 al Km 01+227.43)

##### Datos

$f'c$	=	140 Kg/cm <sup>2</sup>
$e$	=	0.10 m (espesor de loza de revestimiento)
$L$	=	1.00 m (longitud del canal a analizar)
$H$	=	1.35 m (altura del canal)
$b$	=	1.00m (Solera o base del canal principal)
$y$	=	1.15 m (tirante de agua)



- z = 1.00 (talud del canal)
- $\gamma_c$  = 2.40 Tn/m<sup>3</sup> (peso específico del concreto)
- $\gamma_a$  = 1.00 Tn/m<sup>3</sup> (peso específico del agua)

### Solución

- o Determinación del espesor del recubrimiento

El espesor del recubrimiento es el que se obtiene del Gráfico N° 04, mediante el cual obtenemos que para un caudal de 2.86 m<sup>3</sup>/seg y para un recubrimiento de hormigón de cemento Pórtland simple; le corresponde un espesor de 3.5", que es equivalente a 0.889 m en la caja del canal y por motivos constructivos tomaremos 0.10m.

- o Metrado de Cargas

*Primera Condición: Cuando el canal está vacío*

- Empuje activo

Según los ensayos de laboratorio tenemos:

- $\gamma_t$  = 1920 Kg/m<sup>3</sup> (peso específico del terreno)
- $\phi$  = 32.5° (ángulo de fricción interna)

Cálculo de Ka (Coefi. de Rankine) para el empuje activo:

$$K_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right) \quad K_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{32.5^\circ}{2}\right) = 0.300$$

Cálculo del valor del empuje como carga distribuida en la base del canal:

$$P_f = \gamma_t \times H \times K_a \times L$$

$$P_f = 1.92 \text{ Tn/m}^3 \times 1.35 \text{ m} \times 0.30 \times 1.00 \text{ m}$$

$$P_f = 0.78 \text{ Tn/m}$$



- Peso de la losa

$$P_{\text{llosa}} = \gamma_c \times e \times L$$

$$P_{\text{llosa}} = 2.40 \text{ Tn/m}^3 \times 0.10 \text{ m} \times 1.00 \text{ m}$$

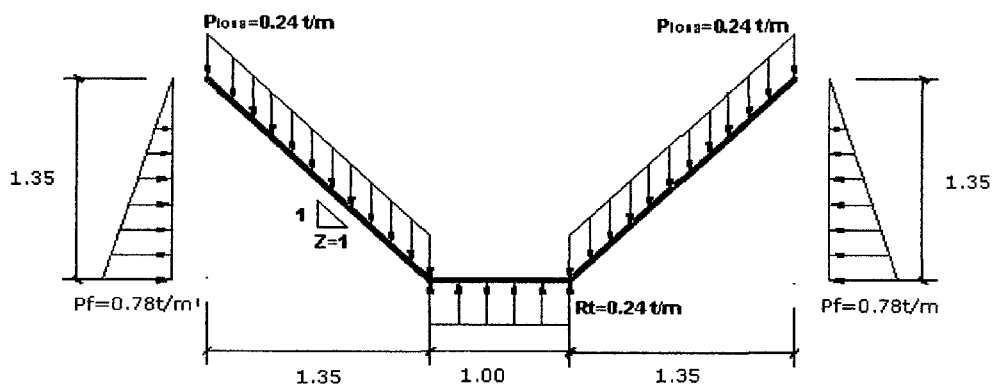
$$P_{\text{llosa}} = 0.24 \text{ Tn/m}$$

- Reacción del terreno

La reacción del terreno es igual al peso de la losa de fondo.

$$R_t = 0.24 \text{ Tn/m}$$

Gráfico N° 15: Primer estado de cargas: Canal vacío



Segundo Estado: Cuando el canal está lleno

- Empuje activo del terreno

$$P_f = 0.78 \text{ Tn/m}$$

- Peso de la losa

$$\gamma_{\text{llosa}} = 0.24 \text{ Tn/m}$$

- Peso del Agua sobre las paredes laterales y fondo del canal (se considera hasta el borde superior donde  $y = H$ )

$$P_a = \gamma_a \times H \times L$$

$$P_a = 1.00 \text{ Tn/m}^3 \times 1.35 \text{ m} \times 1.00 \text{ m}$$

$$P_a = 1.35 \text{ Tn/m}$$



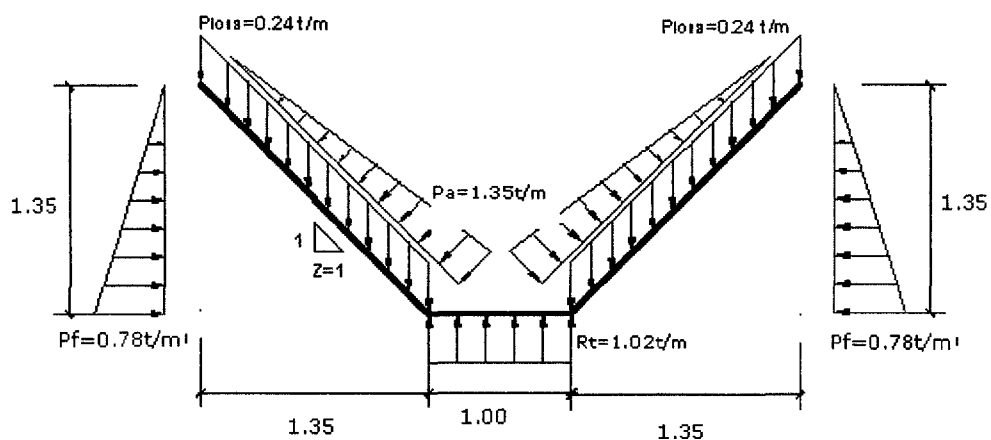
- Reacción del terreno

La reacción del terreno es igual al peso de la losa de fondo más el peso del agua sobre la misma.

$$R_t = 0.24 \text{ Tn/m} + 0.78 \text{ Tn/m}$$

$$R_t = 1.02 \text{ Tn/m}$$

Gráfico N° 16: Segundo estado de cargas



o Cálculo de Momentos y Cortantes

Los momentos y cortantes finales son los obtenidos mediante el programa SAP 2000, versión 6.11.

Gráfico N° 17: Envolvente de momentos flectores

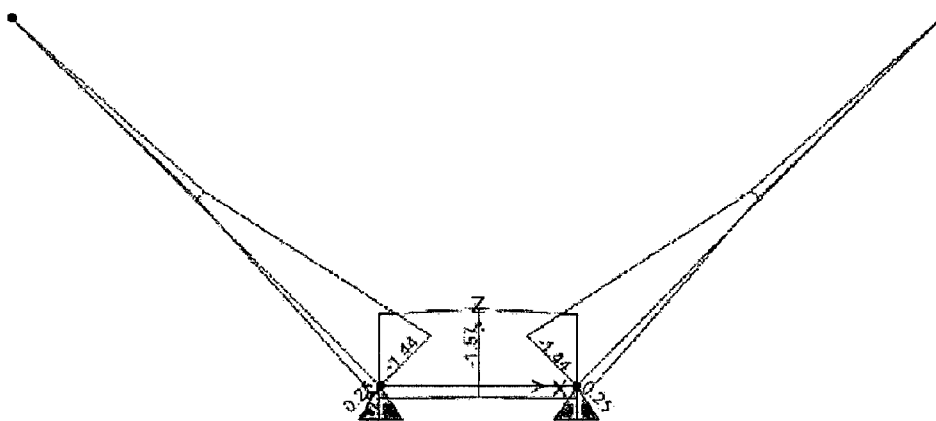
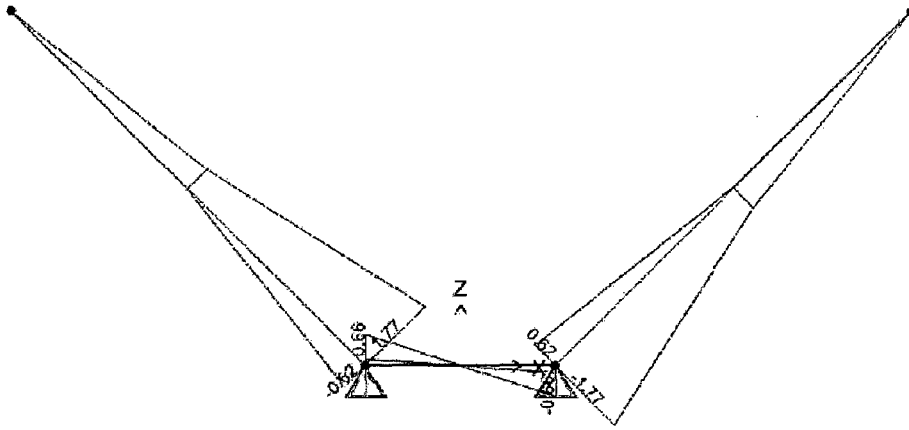




Gráfico N° 18: Envolvente de fuerzas cortantes



○ Comprobando el diseño por flexión para la base del canal.

Para un momento último de:

$$Mu = 1.57 \text{ tn} - \text{m}$$

Debe cumplir que:  $\emptyset Mn > Mu$

Donde:  $\emptyset Mn = \emptyset fc * b * h^2 / 6$

Para:

$$\emptyset = 0.90$$

$$f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$$

$$fc = 0.65 f'c = 0.65 * 140 = 91 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 4.0'' = (10.00 \text{ cm})$$

Se tiene que:

$$\emptyset Mn = 0.90 * 0.91 * 100 * 10^2 / 6$$

$$\emptyset Mn = 1.37 \text{ tn-m}$$





Se cumple que:

$$\emptyset M_n > M_u$$

- Comprobando el diseño por flexión para los taludes del canal.

Para un momento último de:

$$M_u = 1.44 \text{ tn} - \text{m}$$

Debe cumplir que:  $\emptyset M_n > M_u$

$$\text{Donde: } \emptyset M_n = \emptyset f_c * b * h^2 / 6$$

Para:

$$\emptyset = 0.90$$

$$f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 0.65 f'_c = 0.65 * 140 = 0.91$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 4.0'' (10.0 \text{ cm})$$

Se tiene que:

$$\emptyset M_n = 0.90 * 0.91 * 100 * 10^2 / 6$$

$$\emptyset M_n = 1.37 \text{ tn-m}$$

Se cumple que:

$$\emptyset M_n > M_u$$

- Comprobando el diseño por cortante.

Para:

$$V_u = 1.77$$

Debe cumplir que:  $\emptyset V_n > V_u$

$$\text{Donde: } \emptyset V_n = \emptyset V_{uc} * b * h$$



Para:

$$\emptyset = 0.85$$

$$f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_{uc} = 0.35 * f'c^{1/2} = 0.35 * 140^{1/2} = 4.14$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 4.0'' = (10.0 \text{ cm})$$

Se tiene que:

$$\emptyset V_n = 0.85 * 4.14 * 100 * 10^2$$

$$\emptyset V_n = 3.52 \text{ tn-m}$$

Se cumple que:

$$\emptyset V_n > V_u$$

❖ **Tramo N° II: (Km 1+227.43 al Km 2+175)**

Datos

$$f'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$$

$$e = 0.10 \text{ m (espesor del canal)}$$

$$L = 1.00 \text{ m (longitud del canal a analizar)}$$

$$H = 1.00 \text{ m (altura del canal)}$$

$$y = 0.69 \text{ m (tirante de agua)}$$

$$z = 1.00 \text{ (talud del canal)}$$

$$\gamma_c = 2.40 \text{ Tn/m}^3 \text{ (peso específico del concreto)}$$

$$\gamma_a = 1.00 \text{ Tn/m}^3 \text{ (peso específico del agua)}$$

$$b = 0.70 \text{ m}$$

Solución

- Determinación del espesor del recubrimiento



El espesor del recubrimiento es el que se obtiene del Gráfico N° 04, mediante el cual obtenemos que para un caudal de 1.43 m<sup>3</sup>/seg y para un recubrimiento de hormigón de cemento Pórtland simple; le corresponde un espesor de 3.5" pero por razones constructivas asumiremos 4" que es equivalente a 0.10 m.

o **Metrado de Cargas**

*Primer Estado: Cuando el canal está vacío*

- **Empuje activo**

Según la los ensayos de laboratorio se tiene:

$$\gamma_t = 1920 \text{ Kg/m}^3 \text{ (peso específico del terreno)}$$

$$\phi = 32.5^\circ \text{ (ángulo de fricción interna)}$$

Cálculo de Ka (Coefi. de Rankine) para el empuje activo:

$$K_a = \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_a = \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{32.5^\circ}{2} \right) = 0.300$$

Cálculo del valor del empuje como carga distribuida en la base del canal:

$$P_f = \gamma_t \times H \times K_a \times L$$

$$P_f = 1.92 \text{ Tn/m}^3 \times 1.00 \text{ m} \times 0.30 \times 0.70 \text{ m}$$

$$P_f = 0.40 \text{ Tn/m}$$

- **Peso de la losa**

$$P_{\text{llosa}} = \gamma_c \times e \times L$$

$$P_{\text{llosa}} = 2.40 \text{ Tn/m}^3 \times 0.10 \text{ m} \times 0.70 \text{ m}$$

$$P_{\text{llosa}} = 0.17 \text{ Tn/m}$$

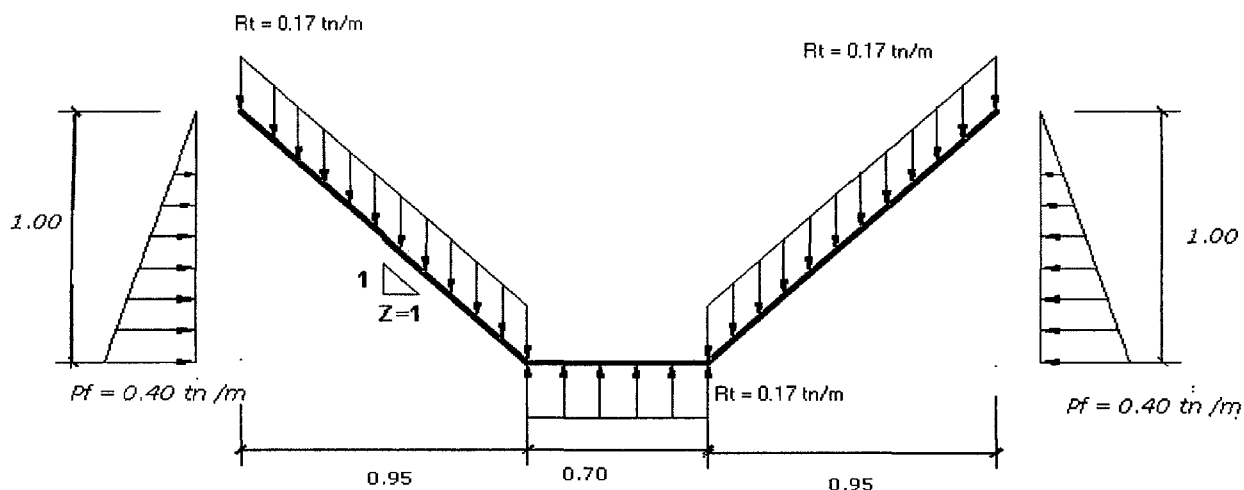
- **Reacción del terreno**

La reacción del terreno es igual al peso de la losa de fondo.

$$R_t = 0.17 \text{ Tn/m}$$



Gráfico N° 19: Primer estado de cargas



Segundo Estado: Cuando el canal está lleno

- Empuje activo del terreno

$$P_f = 0.40 \text{ Tn/m}$$

- Peso de la losa

$$\gamma_{\text{llosa}} = 0.17 \text{ Tn/m}$$

- Peso del Agua sobre las paredes laterales y fondo del canal (se considera hasta el borde superior donde  $y = H$ )

$$P_a = \gamma_a \times H \times L$$

$$P_a = 1.00 \text{ Tn/m}^3 \times 1.00 \text{ m} \times 1.00 \text{ m}$$

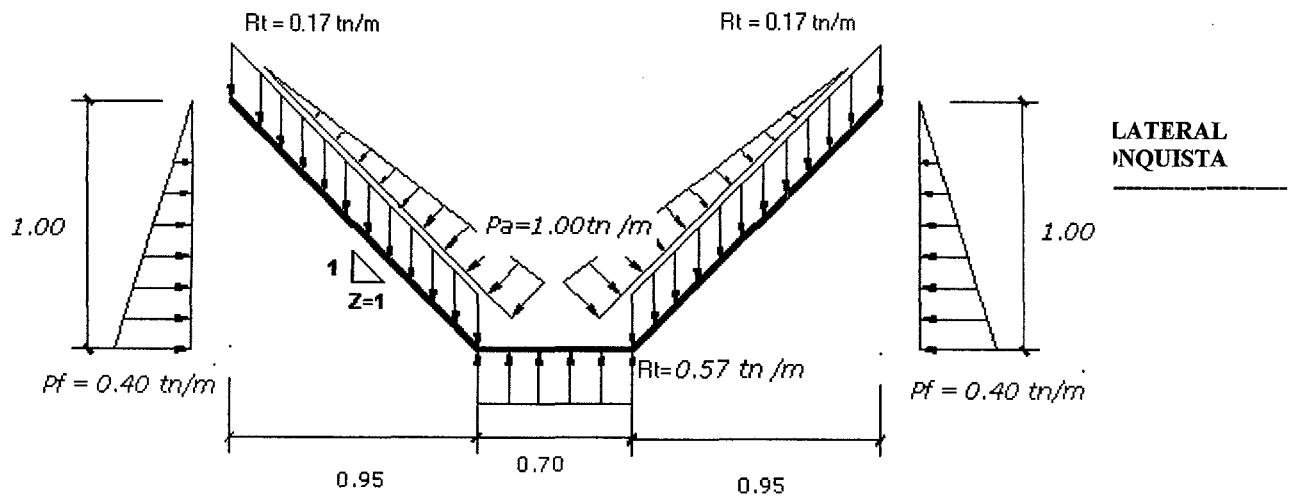
$$P_a = 1.00 \text{ Tn/m}$$

- Reacción del terreno

La reacción del terreno es igual al peso de la losa de fondo más el peso del agua sobre la misma.

$$R_t = 0.17 \text{ Tn/m} + 0.40 \text{ Tn/m}$$

$$R_t = 0.57 \text{ Tn/m}$$

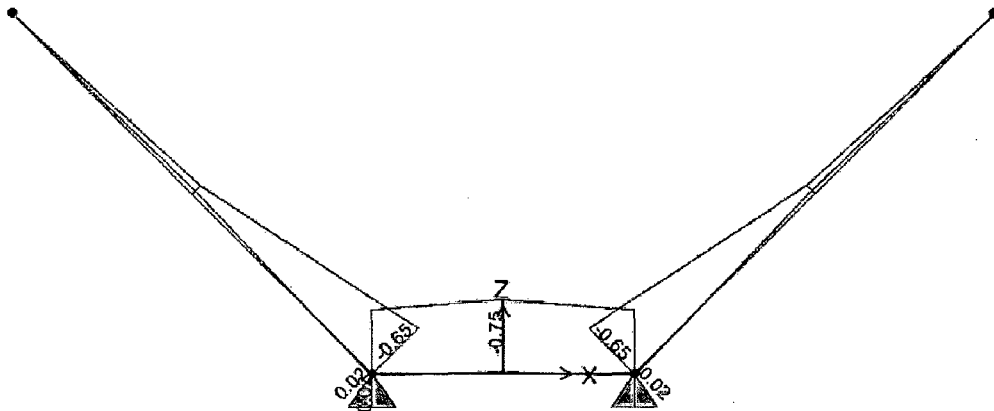


**Gráfico N° 20: Segundo estado de cargas**

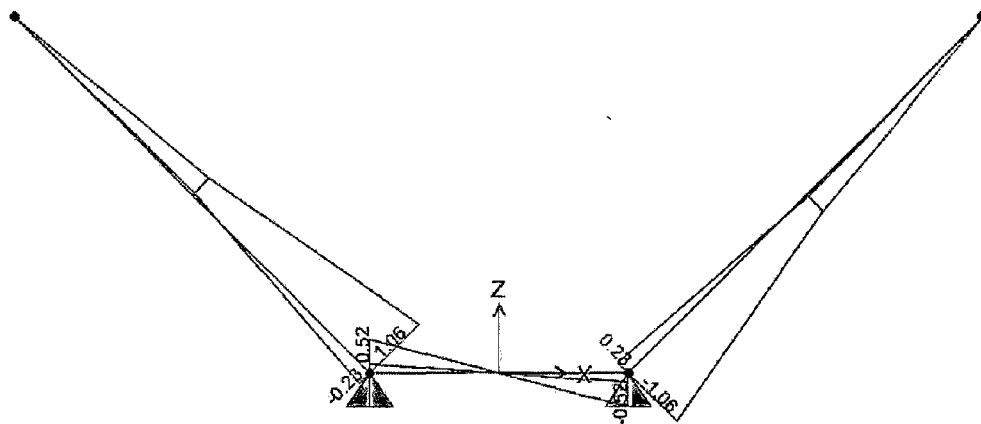
○ Cálculo de Momentos y Cortantes

Los momentos y cortantes finales son los obtenidos mediante el programa SAP 2000, versión 6.11.

**Gráfico N° 21: Envoltura de momentos flectores**



**Gráfico N° 22: Envoltura de fuerzas cortantes**





- Comprobando el diseño por flexión para la base del canal.

Para un momento último de:

$$M_u = 0.75 \text{ tn} - \text{m}$$

Debe cumplir que:  $\phi M_n > M_u$

$$\text{Donde: } \phi M_n = \phi f_c * b * h^2 / 6$$

Para:

$$\phi = 0.90$$

$$f_c = 140 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 0.65 f_c = 0.65 * 140 = 0.91$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 4.0'' = (10.00 \text{ cm})$$

Se tiene que:

$$\phi M_n = 0.90 * 0.91 * 100 * 10.00^2 / 6$$

$$\phi M_n = 1.36 \text{ tn-m}$$

Se cumple que:

$$\phi M_n > M_u$$

- Comprobando el diseño por cortante.

Para:

$$V_u = 1.06$$

Debe cumplir que:  $\phi V_n > V_u$

$$\text{Donde: } \phi V_n = \phi V_{uc} * b * h$$



Para:

$$\emptyset = 0.85$$

$$f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_{uc} = 0.35 * f'c^{1/2} = 0.35 * 140^{1/2} = 4.14$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 4.0'' = (10.00 \text{ cm})$$

Se tiene que:

$$\emptyset V_n = 0.85 * 4.14 * 100 * 10.0^2$$

$$\emptyset V_n = 3.52 \text{ Tn-m}$$

Se cumple que:

$$\emptyset V_n > V_u$$

❖ **Tramo N° III: (Km 2+175 al Km 3+119.33)**

Datos

$f'c$	=	140 Kg/cm <sup>2</sup>
$e$	=	0.10 m (espesor del canal)
$L$	=	1.00 m (longitud del canal a analizar)
$H$	=	1.00 m (altura del canal)
$y$	=	0.80 m (tirante de agua)
$z$	=	1.00 (talud del canal)
$\gamma_c$	=	2.40 Tn/m <sup>3</sup> (peso específico del concreto)
$\gamma_a$	=	1.00 Tn/m <sup>3</sup> (peso específico del agua)
$b$	=	0.80m

Solución

- Determinación del espesor del recubrimiento



El espesor del recubrimiento es el que se obtiene del Gráfico N° 04, mediante el cual obtenemos que para un caudal de 1.43 m<sup>3</sup>/seg y para un recubrimiento de hormigón de cemento Pórtland simple; le corresponde un espesor de 4" que es equivalente a 0.10 m.

○ **Metrado de Cargas**

*Primer Estado: Cuando el canal está vacío*

- **Empuje activo**

Según los ensayos de laboratorio tenemos:

$$\gamma_t = 1920 \text{ Kg/m}^3 \text{ (peso específico del terreno)}$$

$$\phi = 32.5^\circ \text{ (ángulo de fricción interna)}$$

Cálculo de Ka (Coefi. de Rankine) para el empuje activo:

$$K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{32.5^\circ}{2} \right) = 0.300$$

Cálculo del valor del empuje como carga distribuida en la base del canal:

$$P_f = \gamma_t \times H \times K_a \times L$$

$$P_f = 1.92 \text{ Tn/m}^3 \times 1.00 \text{ m} \times 0.30 \times 0.70 \text{ m}$$

$$P_f = 0.40 \text{ Tn/m}$$

- **Peso de la losa**

$$P_{\text{llosa}} = \gamma_c \times e \times L$$

$$P_{\text{llosa}} = 2.40 \text{ Tn/m}^3 \times 0.10 \text{ m} \times 0.70 \text{ m}$$

$$P_{\text{llosa}} = 0.17 \text{ Tn/m}$$

- **Reacción del terreno**

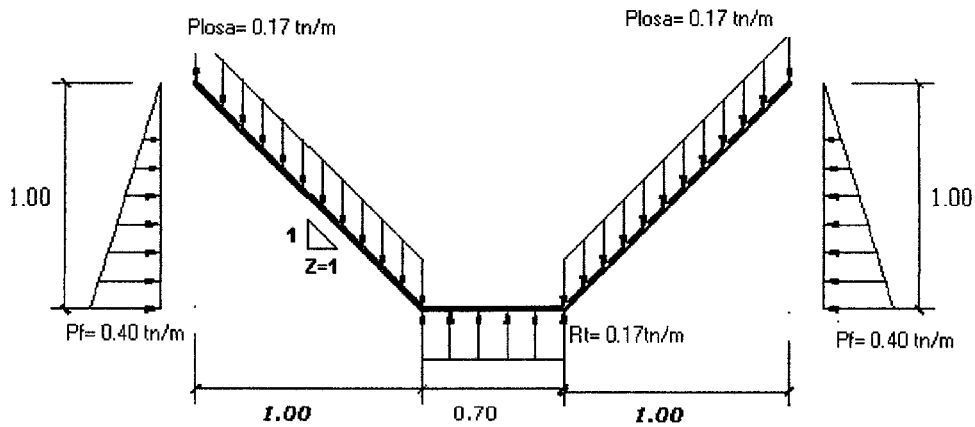
La reacción del terreno es igual al peso de la losa de fondo.

$$R_t = 0.17 \text{ Tn/m}$$





Gráfico N° 23: Primer estado de cargas



Segundo Estado: Cuando el canal está lleno

- Empuje activo del terreno

$$Pf = 0.40 \text{ Tn/m}$$

- Peso de la losa

$$\gamma_{\text{llosa}} = 0.17 \text{ Tn/m}$$

- Peso del Agua sobre las paredes laterales y fondo del canal (se considera hasta el borde superior donde  $y = H$ )

$$Pa = \gamma_a \times H \times L$$

$$Pa = 1.00 \text{ Tn/m}^3 \times 1.00\text{m} \times 0.70\text{m}$$

$$Pa = 1.00\text{Tn/m}$$

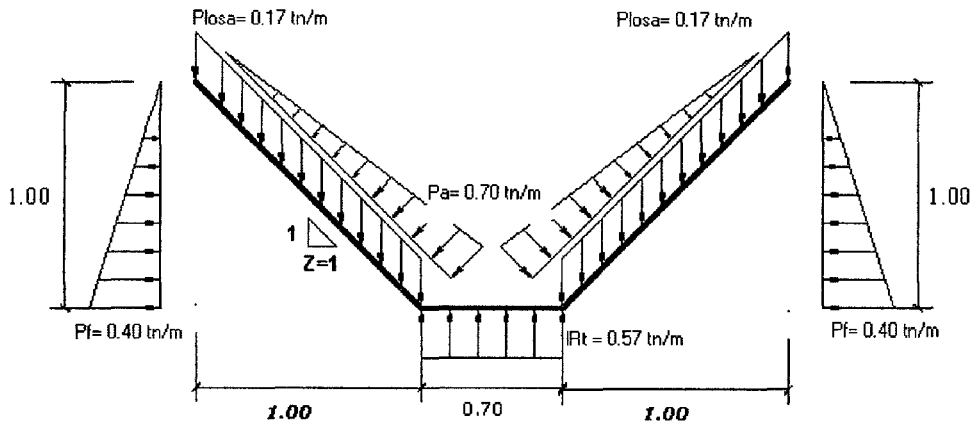
- Reacción del terreno

La reacción del terreno es igual al peso de la losa de fondo más el peso del agua sobre la misma.

$$Rt = 0.17 \text{ Tn/m} + 0.40 \text{ Tn/m}$$

$$Rt = 0.57\text{Tn/m}$$

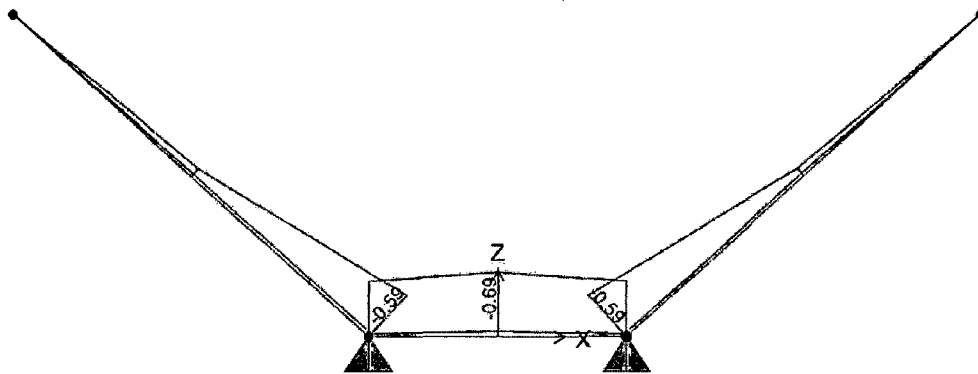
**Gráfico N° 24: Segundo estado de cargas**



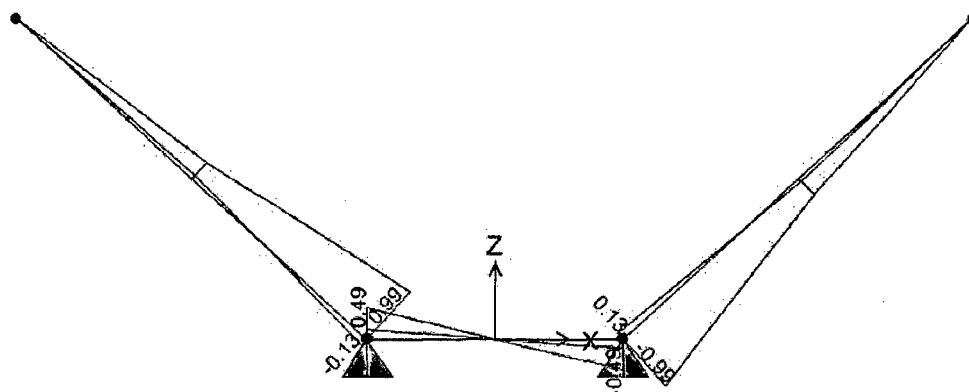
○ **Cálculo de Momentos y Cortantes**

Los momentos y cortantes finales son los obtenidos mediante el programa SAP 2000, versión 6.11.

**Gráfico N° 25: Envolvente de momentos flectores**



**Gráfico N° 26: Envolvente de fuerzas cortantes**





- Comprobando el diseño por flexión para la base del canal.

Para un momento último de:

$$M_u = 0.69 \text{ tn} - \text{m}$$

Debe cumplir que:  $\phi M_n > M_u$

$$\text{Donde: } \phi M_n = \phi f_c * b * h^2 / 6$$

Para:

$$\phi = 0.90$$

$$f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 0.65 f'_c = 0.65 * 140 = 0.91$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 4.0'' = (10.00 \text{ cm})$$

Se tiene que:

$$\phi M_n = 0.90 * 0.91 * 100 * 10.00^2 / 6$$

$$\phi M_n = 1.36 \text{ tn-m}$$

Se cumple que:

$$\phi M_n > M_u$$

- Comprobando el diseño por cortante.

Para:

$$V_u = 0.99$$

Debe cumplir que:  $\phi V_n > V_u$



Donde:  $\emptyset V_n = \emptyset V_{uc} * b * h$

Para:

$$\emptyset = 0.85$$

$$f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_{uc} = 0.35 * f'_c^{1/2} = 0.35 * 140^{1/2} = 4.14$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 4.0'' = (10.00 \text{ cm})$$

Se tiene que:

$$\emptyset V_n = 0.85 * 4.14 * 100 * 10.0^2$$

$$\emptyset V_n = 3.52 \text{ Tn-m}$$

Se cumple que:

$$\emptyset V_n > V_u$$

### - Diseño estructural de toma lateral

Para el diseño se tiene la siguiente información:

$$L = 1.00 \text{ m (longitud del canal a analizar)}$$

$$H = 1.35 \text{ m (altura del canal principal)}$$

$$y = 1.15 \text{ m (tirante de agua)}$$

$$z = 0.00 \text{ (talud del conducto cubierto que es de sección rectangular)}$$

$$\gamma_c = 2.40 \text{ Tn/m}^3 \text{ (peso específico del concreto)}$$

$$\gamma_a = 1.00 \text{ Tn/m}^3 \text{ (peso específico del agua)}$$

$$f'_c = 140 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$e = 0.20 \text{ m (espesor del conducto cubierto)}$$



### Solución

- Metrado de Cargas

*Primer Estado: Cuando el conducto está vacío*

- Cargas sobre la losa superior

$$\text{Peso propio} = 1 * 0.20 * 2.4 = 0.48\text{tn/m}$$

$$\text{Peso de la cobertura (afirmado)} = 1.0 * 0.35 * 2 = 0.70\text{tn/m}$$

$$\text{Sobre carga vehicular S/C H20} = 1 * 8\text{tn} / 0.95 = 8.42\text{tn/m}$$

$$\text{Total} = 9.60\text{tn/m}$$

- Carga sobre la losa inferior

$$\text{Peso de la estructura} = 2.4 * (1.10 * 1.75 - 0.8 * 1.40) = 1.3\text{tn/m}$$

$$\text{Peso de la tierra} = 1.10 * 0.35 * 2 = 0.77\text{tn/m}$$

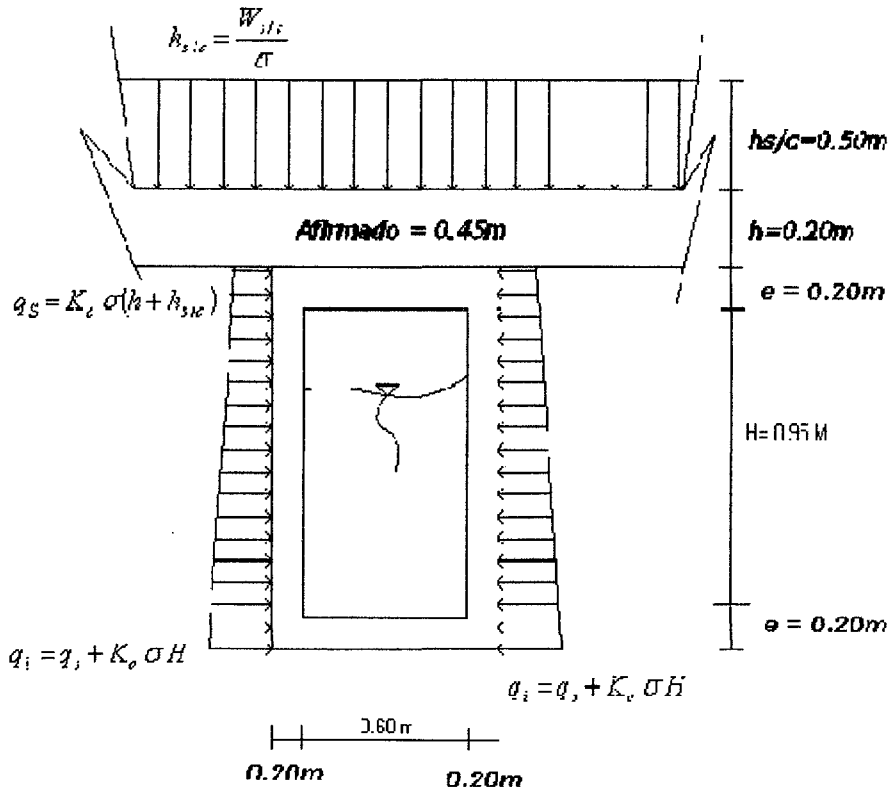
$$\text{Carga vertical por S/C} = 1 * 8 / 0.95 = 8.42\text{tn/m}$$

$$\text{Total} = 11.12\text{tn/m}$$

$$\text{Reacción del terreno} = 11.12 / 1.10 = 10.11\text{tn/m}$$



Gráfico N° 27: Primer y segundo estado de cargas: Toma Lateral



$$K_a = \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = \text{tg}^2 (45^\circ - 32.5/2) = 0.30$$

$$h_{s/c} = \frac{W_{s/c}}{\sigma} = 0.96/1.92 = 0.50 \text{ tn-m}$$

$$q_s = K_o \cdot \sigma \cdot (h + h_{s/c}) = 0.30 \cdot 1.92 \cdot (0.45 + 0.5) = 0.55 \text{ tn-m}$$

$$q_i = q_s + K_o \cdot \sigma \cdot H = 0.55 + 0.3 \cdot 1.92 \cdot 0.675 = 0.94 \text{ tn-m}$$

o Cálculo de Momentos y Cortantes

Los momentos y cortantes finales son los obtenidos mediante el programa SAP 2000, versión 6.11.



Gráfico N° 28: Envolvente de momentos flectores

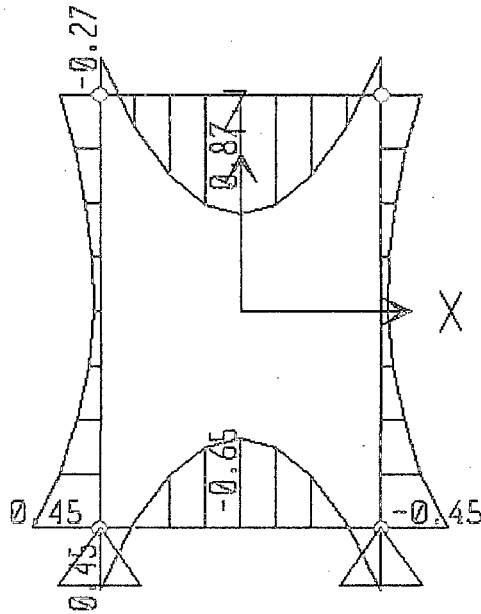
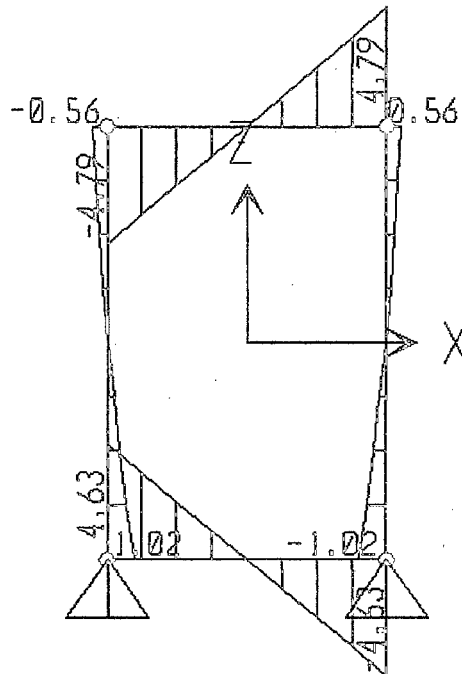


Gráfico N° 29: Envolvente de fuerzas cortantes



### Verificación del Peralte por Flexión

Datos:

$$f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$



$$f_c = 0.45x f'c = 78.75 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_s = 0.50x f_y = 2100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_s = 2.1x10^6 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_c = 15000x\sqrt{f_c} = 198\,431.35 \text{ Kg/cm}^2$$

$$n = 2.1x10^6/198\,431.35 = 11$$

$$k = 1/[1 + f_s/(n f_c)] = 0.292$$

$$j = 1 - k/3 = 0.903$$

El peralte mínimo es: 
$$d_{min} = \sqrt{\frac{2xM}{f_c.k.j.L}}$$

Donde:

$$M = 0.65 \text{ tn-m}$$

$$L = 1.00 \text{ m}$$

Realizando operaciones:

$$d_{min} = \sqrt{\frac{2x0.65*10^5}{78.75*0.292*0.903*100}} \quad d_{min} = 7.92 \text{ cm}$$

El peralte efectivo real "d" es:

Considerando:

$$\text{Ø } 5/8" = 1.60 \text{ cm} \quad \text{r.e.e.} = 4.00 \text{ cm}$$

$$d = h - (\text{r.e.e.} + \text{Ø}/2) \quad d = 20.00 - (4.00 + 1.60/2)$$

$$d = 15.2 \text{ cm} > d_{min} = 7.92 \text{ cm} \quad \text{CORRECTO}$$

### Verificación del Peralte por Cortante

El peralte mínimo por cortante es:

$$d_v = \frac{V}{v_c * j * b}$$

Donde:

$$V = \text{Fuerza cortante actuante máxima} = 4630 \text{ Kg}$$

$$v_c = \text{Esfuerzo admisible del concreto por cortante.}$$





$$v_c = \phi * 0.35 * \sqrt{f'c}$$

$$v_c = 0.85 * 0.35 * \sqrt{175} = 3.94 \text{ Kg/cm}^2$$

$$j = 0.903$$

$$b = L = 100 \text{ cm}$$

Realizando operaciones:

$$d_v = \frac{4630}{3.94 * 0.903 * 100} = 13.01 \text{ cm}$$

$$d = 15.20 \text{ cm} > d_v = 13.01 \text{ cm}$$

**CORRECTO**

### **Cálculo del Refuerzo**

El área de acero es: 
$$A_s = \frac{M}{f_s \cdot j \cdot d}$$

$$f_s = 2100 \text{ Kg/cm}^2 \quad j = 0.903$$

$$d = 15.20 \text{ cm}$$

Reemplazando datos:

$$A_s = \frac{M}{2100 * 0.903 * (15.20/100)} \quad A_s = 0.00347 * M \text{ cm}^2$$

### **Refuerzo Principal:**

Losa Superior:

$$A_s^{(-)} = 0.00347 * 270 = 0.94 \text{ cm}^2$$

$$A_s^{(+)} = 0.00347 * 870 = 3.02 \text{ cm}^2$$

Losa Inferior:

$$A_s^{(-)} = 0.00347 * 450 = 1.56 \text{ cm}^2$$

$$A_s^{(+)} = 0.00347 * 650 = 2.26 \text{ cm}^2$$

Paredes Laterales:

$$A_s^{(-)} = 0.00347 * 450 = 1.56 \text{ cm}^2$$



### Refuerzo Mínimo:

$$A_{s \text{ min}} = \rho_{\text{min}} \times L \times e$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.0018 \times 100.00 \times 20.00$$

$$A_{s \text{ min}} = 3.60 \text{ cm}^2$$

Por tanto: Se usará acero mínimo.

$$A_s = 3.60 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento:

$$S = 100 \times A_b / A_s$$

$$S_{\text{máx}} = 45 \text{ cm} \text{ ó } 3 * e \text{ (60 cm)}$$

$$S_{\text{máx}} = 45.00 \text{ cm}$$

Para  $\emptyset = 1/2''$

$$A_b = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$S = 100 \times 1.27 / 3.60$$

$$S = 35.28 \text{ cm}$$

$S > S_{\text{máx}}$ , entonces:

**Usar  $\emptyset 1/2'' @ 0.35 \text{ m}$**

### Refuerzo Transversal:

$$A_{st} = 0.0018 \times L \times e$$

$$A_{st} = 0.0018 \times 100 \times 20.00 = 3.60 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento:  $S = 100 \times A_b / A_{st}$

$$S_{\text{máx}} = 45 \text{ cm} \text{ ó } 5 * e \text{ (100 cm)} \quad S_{\text{máx}} = 45 \text{ cm}$$

Para  $\emptyset = 3/8''$   $A_b = 0.71 \text{ cm}^2$

$$S = 100 \times 0.71 / 3.60 \quad S = 19.72 \text{ cm}$$

$S < S_{\text{máx}}$ , entonces: **Usar  $\emptyset 3/8'' @ 0.20 \text{ m}$**

### **Verificación por Adherencia**

Se debe certificar que el perímetro de adherencia necesario sea menor que el perímetro de adherencia disponible.

$$\sum_o \text{necesario} \leq \sum_o \text{disponible}$$



$$\sum_o \text{necesario} = \frac{V}{\mu * j * d}$$

$$\sum_o \text{disponible} = N^{\circ} \text{Varillas} * \text{Perímetro}$$

Esfuerzo admisible de adherencia debe tomarse como:

$$\mu = \frac{2.3 * \sqrt{f'c}}{d_b} \leq 25 \text{ Kg/cm}^2$$

Perímetro de adherencia necesario:

Para  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  y  $\phi 1/2''$  ( $d_b = 1.27 \text{ cm}$ , Perímetro =  $3.99 \text{ cm}$ )

$$\mu = \frac{2.3 * \sqrt{175}}{1.27} = 23.96 \text{ Kg/cm}^2 \leq 25 \text{ Kg/cm}^2$$

Reemplazando datos:

$$V = 4630 \text{ Kg}$$

$$\mu = 23.96 \text{ Kg/cm}^2$$

$$j = 0.903$$

$$d = 15.20 \text{ cm}$$

$$\sum_o \text{necesario} = \frac{4630}{23.96 * 0.903 * 15.2} = 14.08 \text{ cm} \Rightarrow 3.99 \text{ cm} * 1 \text{ m} / 14.08 \text{ cm} = 0.30 \text{ m} \diamond \phi 1/2'' @ 0.30$$

Perímetro de adherencia disponible:

Según diseño por flexión  $\phi 1/2'' @ 0.35$

$$\sum_o \text{disponible} = 3 * 3.99 = 11.97 \text{ cm} \diamond \phi 1/2'' @ 0.35 \text{ En } 1 \text{ m de ancho hay } 1 / 0.35 = 3$$

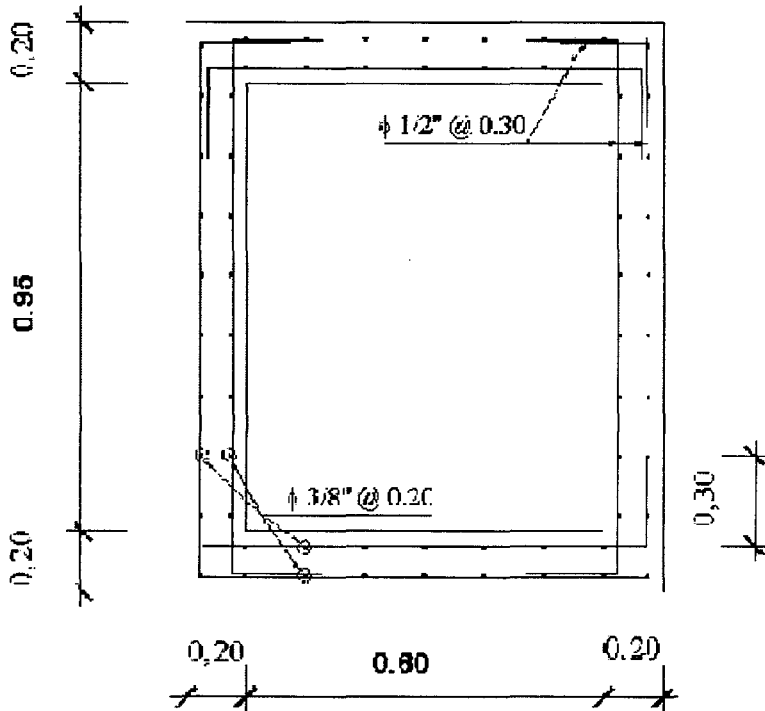
Por tanto:  $\sum_o \text{necesario} > \sum_o \text{disponible}$ , se colocará el refuerzo por adherencia.

Usar  $\emptyset$

$1/2'' @ 0.30 \text{ m}$



SECCIÓN TÍPICA CONDUCTO CUBIERTO TOMA LATERAL





## IV RESULTADOS

### 4.1 Disponibilidad de agua en la fuente

El caudal medio del río Avisado es de 6.18m<sup>3</sup>/seg.

### 4.2 Cédula de cultivo del Proyecto

La cedula de cultivo es como sigue: 2312 ha de arroz en dos campañas agrícolas, 285 ha de fréjol, 300 ha de maíz, 150 ha de plátano, 150 ha de yuca, 150 ha de cítricos y 150 ha de pastos; el área total es de 2233ha.

### 4.3 Demanda de agua en la irrigación el Avisado-La Conquista

La demanda de agua anual en la irrigación es de 44.82 MMC.

#### 4.3.1 Requerimiento de agua mensual en la irrigación El Avisado-La Conquista

La demanda de agua mensual en la Irrigación es variable y va de 0.74 MMC en el mes de junio a 6.72 MMC en el mes de julio y se presenta en el Cuadro N° 19 del Anexo.

#### 4.3.2 Caudal de diseño

Según la demanda de agua del Proyecto se ha obtenido el caudal de diseño del canal principal que es de **Qd = 2.86 m<sup>3</sup>/s** correspondiente al mes de **julio** con el cual ha realizado el dimensionamiento hidráulico de la sección del canal principal.

#### 4.3.3 Balance hidrológico

Según los resultados obtenidos, no existirán problemas en el abastecimiento de agua al Proyecto, siendo el mes crítico julio, en el cual el balance arroja un valor de + 0.71 m<sup>3</sup>/s



**DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA**

con el cual se asegura el caudal ecológico, que debe seguir discurriendo por el cauce del río Avisado, aguas abajo de la nueva captación (ver cuadro N° 23)

#### 4.4 Dimensionamiento hidráulico del Canal Principal y Toma Lateral

Se ha realizado el diseño para cada uno de los tres tramos, y los resultados son los siguientes:

##### 4.4.1 Tramo I

RESUMEN DEL DISEÑO HIDRAULICO Y ESTRCUTURAL DEL CANAL PRINCIPAL

TIPO	TRAMO	PROGRESIVA	ELEMENTOS GEOMETRICOS				ELEM. CINETICOS		ELEMENTOS DINAMICOS		DISEÑO ESTRUCTURAL *
			b	H	Z	B	Q	V	S	n	e
CANAL SIN REVESTIR	I	Km 0+000 - Km 1+227.43	1.3	1.6	1.5	6.0	2.9	0.58	0.00030	0.025	
CANAL REVESTIDO	I	Km 0+000 - Km 1+227.43	1.0	1.4	1.0	3.7	2.9	1.16	0.00080	0.017	0.100

##### 4.4.2 Tramo II

RESUMEN DEL DISEÑO HIDRAULICO Y ESTRCUTURAL DEL CANAL PRINCIPAL

TIPO	TRAMO	PROGRESIVA	ELEMENTOS GEOMETRICOS				ELEM. CINETICOS		ELEMENTOS DINAMICOS		DISEÑO ESTRUCTURAL *
			b	H	Z	B	Q	V	S	n	e
CANAL SIN REVESTIR	II	Km 1+227.43 - Km 2+175	1.0	1.2	1.5	4.6	1.4	0.54	0.00040	0.025	
CANAL REVESTIDO	II	Km 1+227.43 - Km 2+175	0.7	1.0	1.0	2.6	1.4	1.50	0.00250	0.017	0.100

\* Resistencia al concreto simple  $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$

##### 4.4.3 Tramo III

RESUMEN DEL DISEÑO HIDRAULICO Y ESTRCUTURAL DEL CANAL PRINCIPAL

TIPO	TRAMO	PROGRESIVA	ELEMENTOS GEOMETRICOS				ELEM. CINETICOS		ELEMENTOS DINAMICOS		DISEÑO ESTRUCTURAL *
			b	H	Z	B	Q	V	S	n	e
CANAL SIN REVESTIR	III	Km 2+175 - Km 3+119.33	0.9	1.2	1.5	4.5	1.4	0.59	0.00050	0.025	
CANAL REVESTIDO	III	Km 2+175 - Km 3+119.33	0.7	1.0	1.0	2.7	1.4	1.20	0.00140	0.017	0.100

\* Resistencia al concreto simple  $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$



#### 4.4.4 Toma lateral

##### DISEÑO HIDRAULICO Y ESTRUCTURAL DE LA TOMA LATERAL

$Q_d = 1.43 \text{ m}^3/\text{seg}$

$H = 1.35 \text{ m}$

$a = 0.60 \text{ m}$

$e = 0.20 \text{ m}$

Refuerzo mínimo :  $\varnothing 1/2" @ 0.35\text{m}$

Refuerzo transversal :  $\varnothing 3/8" @ 0.20\text{m}$

Refuerzo por adherencia :  $\varnothing 1/2" @ 0.30\text{m}$



## V ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

➤ De acuerdo los resultados de los ensayos de laboratorio el tipo de suelo en el cual se alojará la caja del canal principal es arenoso por lo cual se ha considerado su revestimiento en concreto simple para minimizar perdidas por infiltración. Asimismo se ha considerado colocar en la base del canal principal una capa de hormigón compactado de 0.50m de espesor, para mejorar el suelo de sustentación de la caja del canal principal, tal como se puede apreciar en los planos PP-01 al PP-03. Los resultados obtenidos de los análisis de suelos por capa son:

- Primera capa: de 0.40cm presenta material orgánico color negro con mezcla de arena blanquecina en la calicata N° 01.
- Primera capa: de 0.15cm presenta material orgánico color negro con mezcla de arena blanquecina en las calicatas N° 02, 03, 04, 05 y 06.
- Tercera capa: de 0.40cm a 1.50cm y 0.15cm a 1.50cm respectivamente es un suelo arenoso limosa con poco fino, no presenta plasticidad, resistencia al corte, compresibilidad y expansión baja, no presenta niveles de napa freática.
- La muestra al Ensayo de corte directo se obtuvo un ángulo de fricción  $(\phi) = 32.5^\circ$  y cohesión de  $0.01 \text{ kg/cm}^2$  con el cual obtuvimos el peso específico teórico  $\gamma = 1.92 \text{ tn/m}^3$ .
- Se obtuvo un peso específico de masa o densidad aparente  $\gamma = 1.69 \text{ tn/m}^3$ , para efectos de calculo estructural se tomará el teórico.
- De acuerdo a la capacidad portante del suelo calculado para una falla local se puede determinar que cumplen los parámetros establecidos por TERZAGHI – PECK.

Los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio son:

- El análisis granulométrico nos indica que se trata de una arena limosa (SM).
- El límite líquido se encuentra dentro de los parámetros establecidos pero no presenta índice de plasticidad (NP).
- La densidad seca es muy baja por ser arena limosa.

Todos estos resultados nos recomiendan mejorar el terreno.





## DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA

- Debido al tipo de suelo arenoso no es conveniente realizar un canal sin revestimiento por la poca estabilidad y la pérdida de agua por infiltración sería muy alta.
- El diseño hidráulico del canal en el primer tramo es para un caudal de  $2.86 \text{ m}^3/\text{s}$  y en el segundo y tercer tramo es de  $1.43 \text{ m}^3/\text{s}$ ; así mismo  $1.43 \text{ m}^3/\text{s}$  es el caudal de diseño de la toma lateral., se ha proyectado un conducto cubierto de 4.60m de longitud de concreto armado para dar continuidad al camino de servicio del canal principal.
- La resistencia del concreto a ser utilizado en la solera del canal principal es de concreto simple de  $f'c = 140\text{kg}/\text{cm}^2$ , que permitirá absorber los esfuerzos actuantes sobre ella.
- Los valores de la velocidades obtenidos para cada tramo son permisibles:
  - Tramo I :  $V=1.16\text{m}/\text{seg}$
  - Tramo II :  $V=1.50\text{m}/\text{seg}$
  - Tramo III :  $V=1.20\text{m}/\text{seg}$Estos valores, no originan problemas de erosión sobre las paredes y losa del canal principal.
- El dimensionamiento hidráulico de la hoja de compuerta de la toma lateral es de  $0.55 \times 0.60\text{m}$  lo cual se tuvo en consideración para diseñar el conducto cubierto que tiene como dimensiones:  $0.95\text{m} \times 0.60\text{m}$  el cual cruza el camino de servicio para empalmar con el canal lateral.
- Para el dimensionamiento hidráulico y estructural de las obras propuestas se ha considerado la condición más desfavorable es decir cuando están vacías.,
- Para el metrado de cargas actuantes sobre el conducto cubierto de la toma lateral se ha considerado el espesor del afirmado del camino de servicio así como se tuvo en consideración la carga de H - 20.(para camiones pesados).



## DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA

---

- Los requerimientos de acero en el conducto cubierto se presentan en el Plano N° 04
  
- **Selección de alternativa.-** Teniendo en consideración el dimensionamiento hidráulico obtenido tanto para la alternativa de la caja de canal sin revestir y canal revestido con concreto simple, se selecciona la alternativa canal revestido, pues esta representa una menor sección hidráulica, por tanto garantiza una eficiente conducción de agua de riego, disminuyendo el costo de conservación y mantenimiento del canal.
  
- **Contrastación de la hipótesis.-** El diseño hidráulico y estructural del canal principal y tomas laterales, realizadas en el presente trabajo de investigación pueden formar parte de los Estudios Definitivos de Ingeniería del Proyecto de Irrigación El Avisado – La Conquista.



## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

1. Las condiciones geológicas y geomorfológicas no son las más difíciles si no las normales de la región, donde no hay estructura geológica que amenace la estabilidad de las obras del proyecto; sólo aquellas ligadas a los sismos como son fallas regionales que existen en la cuenca del Alto Mayo.
2. Los perfiles de suelos encontrados en las calicatas muestran que superficialmente existen arenas-limosas, limos y arcillas superficiales a partir de la progresiva Km. 1+500 al Km. 2+000 y del Km. 3+ 000 al Km. 3+193.33 a lo largo del eje del canal proyectado.
3. Teniendo en consideración el perfil estratigráfico de los suelos, así como el tipo de estructura proyectada se determinó la profundidad de cimentación promedio para los canales de 2.00 m.
4. Para evitar pérdidas de agua por infiltración así como disminuir los costos de mantenimiento, se ha optado por revestir de concreto simple la caja del canal principal.
5. No existirá déficit de agua para el abastecimiento del Proyecto pues la disponibilidad en la fuente (Río Avisado) es mayor que la demanda.
6. Para el cálculo del uso consuntivo en base al cual se determinó el caudal de diseño, existen varios métodos tales como Christiansen, Penman, Thorntwaite y Blaney - Criddle y Hargreaves. Este último ha sido utilizado en el desarrollo de la presente tesis.



## 6.2 Recomendaciones

- Se recomienda la construcción de un sistema de drenaje agrícola para abatir el nivel freático a por lo menos un metro de profundidad y garantizar el desarrollo normal de los cultivos.
- La ejecución de un programa de Asistencia Técnica a los agricultores beneficiarios que conlleve a una transferencia de tecnología en manejo de agua de riego a cargo del Distrito de Riego, correspondiente.
- Se recomienda tener en consideración algún procedimiento para densificar las arenas debajo del nivel de la base o solera del canal en por lo menos 0.50 m a 1.00 m para garantizar su estabilidad.
- Utilizar los agregados adecuados en la preparación del concreto simple con la finalidad de obtener un  $f'_c = 140\text{kg/cm}^2$ .
- Los resultados de este estudio, así como sus conclusiones y recomendaciones son validas solo para el área y zonas estudiadas del proyecto realizado, no garantizan su uso para otros proyectos similares aún en la misma zona de influencia.



## VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAPITULO PERUANO DEL AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. "Normas Peruanas de Estructuras", Segunda Edición, Lima Perú.- 2001
2. CHÁVEZ CACHAY, Santiago, "Apuntes del Curso de Concreto Armado". Facultad de Ingeniería Civil- Semestre 2001-I. UNSM-T.
3. CHÁVEZ DÍAZ, Rosendo, "Hidrología para Ingenieros", Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Primera Edición, Lima, Perú.1994.
4. DELGADO VÁSQUEZ, Roiser Enrique, "Alternativas del Mejoramiento Hidráulico del Canal Principal Margen Derecha Irrigación Sisa", UNSM-T. Tarapoto. 2002.
5. Diccionario Enciclopédico Everest 5, Tomo 1,2,3, 4, España 1986
6. GARCÍA RICO, Elmer, "Manual de Diseño Hidráulico de Canales y Obras de Arte", CONCYTEC 1° Edición, Chiclayo – Perú 1997.
7. ISRAELSEN O.W. Y HANSEN V.E, "Principios y Aplicaciones de Riego", Editorial REVERTÉ S.A., Segunda Edición. Barcelona, España. 1985.
8. MONSALVE SÁENZ, German, "Hidrología en la Ingeniería", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Segunda Edición, Colombia.
9. PIZARRO BALDERA, José del Carmen, "Apuntes del Curso de Irrigación", Facultad de Ingeniería Civil-Semestre 2002-II, UNSM-T.



**DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA**

---

10. ROSELL CALDERÓN, César Arturo, "Irrigación", Colección del Ingeniero Civil, libro 14, Lima, Perú. 1998.
11. TORRES HERRERA, Francisco, "Obras Hidráulicas", Editorial LIMUSA S.A., Segunda Edición. México. 1987.
12. VILLÓN BÉJAR, Máximo, "Hidráulica de Canales", Editorial Horizonte Latinoamericano S.A., Segunda Edición, Lima, Perú. 1985.
13. VILLON BEJAR, Máximo, Hidrología, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Agrícola, Lima – Perú. 1995.



## VIII. ANEXOS

### CUADRO N° 01:

#### PROMEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURAS MÁXIMAS (°C) ESTACIÓN (RIOJA: 1972-1998)

Estación	M E S E S												Promedio Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr.	May	Jun	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
<b>Rioja</b>	28.3	28.2	27.9	27.9	27.7	27.9	27.7	28.0	28.6	29.1	28.4	28.0	28.1

FUENTE: SENAMHI SAN MARTÍN

### CUADRO N° 02:

#### PROMEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURAS MÍNIMAS (°C) ESTACIÓN (RIOJA: 1972-1998)

Estación	M E S E S												Promedio Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr.	May	Jun	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
<b>Rioja</b>	17.7	17.7	17.8	17.6	17.2	16.3	16.0	16.0	16.5	17.3	17.6	17.9	17.1

FUENTE: SENAMHI SAN MARTÍN



DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA

**CUADRO N° 03:**  
**TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)**  
**ESTACIÓN VALLE LA CONQUISTA**

<b>Años</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Prom</b>
1996		24.3	24.8	24.3	24.3	23.9	23.3	23.3	24.0	24.5	24.8	24.3	24.2
1997	24.2	23.5	24.3	24.3	23.9	24.2	23.9	23.3	24.4	25.2	25.5	24.9	24.3
1998	25.4	26.2	26.3	26.0	25.3	24.4	24.7	24.8	25.1	25.5	26.4	25.5	25.5
1999	24.1	24.0	25.1	24.1	23.8	24.3	23.4	23.8	24.6	24.7	25.2	24.8	24.3
2000	24.4	24.1	24.5	24.0	24.7	23.7	23.2	23.9		24.6	25.6	24.1	24.3
2001	23.9	23.5	24.0	24.3	24.4	23.4	23.7	23.1	23.0				23.7
<b>Media</b>	<b>24.4</b>	<b>24.3</b>	<b>24.8</b>	<b>24.5</b>	<b>24.4</b>	<b>24.0</b>	<b>23.7</b>	<b>23.7</b>	<b>24.2</b>	<b>24.9</b>	<b>25.5</b>	<b>24.7</b>	<b>24.4</b>

FUENTE: SENAMHI SAN MARTÍN

**CUADRO N° 04:**  
**TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)**  
**ESTACIÓN PUEBLO LIBRE**

<b>Años</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Prom</b>
1996		23.6	24.0	23.9	24.3	24.1	23.4	23.3	23.8	24.1	24.7	23.8	23.9
1997	24.2	22.9	24.1	24.5	24.0	24.3	24.2	23.5	24.7	24.9	24.8	24.3	24.2
1998	24.4	25.2	25.1	25.3	25.2	24.4	24.4	24.5	24.9	24.4	25.0	25.1	24.8
1999	23.6	23.5	24.1	23.6	23.8	23.9	23.3	23.6	24.6	24.3	24.9	24.5	24.0
2000	24.1	23.4	23.8	23.6	24.5	24.1	23.2	23.7		24.6	25.4	24.2	24.1
2001	23.4	23.1	23.4	23.8	24.1	23.3	23.5	23.7	23.8				23.6
<b>Media</b>	<b>23.9</b>	<b>23.6</b>	<b>24.1</b>	<b>24.1</b>	<b>24.3</b>	<b>24.0</b>	<b>23.7</b>	<b>23.7</b>	<b>24.4</b>	<b>24.5</b>	<b>25.0</b>	<b>24.4</b>	<b>24.1</b>

FUENTE: SENAMHI SAN MARTÍN





DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA

**CUADRO N° 05:**  
**TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)**  
**ESTACIÓN SAN JOSÉ**

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
1996		22.9	23.3	23.4	23.7	23.7	22.5	22.5	23.3	23.4	24.2	23.0	23.3
1997	23.8	22.6	23.3	23.4	23.1	22.9	22.8	22.4	23.7	24.1	24.3	23.4	23.3
1998	23.6	24.7	24.6	24.3	24.0	23.1	23.4	24.0	23.8	24.7	24.9	25.3	24.2
1999	23.6	23.5	23.6	23.6	23.5	23.2	22.4	22.6	23.1	24.0	24.6	24.3	23.5
2000	23.5	22.9	23.0	23.4	23.9	23.2	22.3	22.9		24.0	24.6	24.3	23.5
2001	22.9	22.3	22.6	22.5	23.4	22.4	22.8	23.0	23.4				22.8
<b>Media</b>	<b>23.5</b>	<b>23.2</b>	<b>23.4</b>	<b>23.4</b>	<b>23.6</b>	<b>23.1</b>	<b>22.7</b>	<b>22.9</b>	<b>23.5</b>	<b>24.0</b>	<b>24.5</b>	<b>24.1</b>	<b>23.5</b>

FUENTE: SENAMHI SAN MARTÍN

**CUADRO N° 06:**  
**TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)**  
**ESTACIÓN BUENOS AIRES**

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
1996					23.5	22.4	22.0	21.7	22.4	23.2	23.9	22.8	22.7
1997	23.3	22.1	23.1	23.2	22.6	22.5	22.5	22.2	23.1	23.9	23.5	23.3	22.9
1998	23.5	24.3	24.2	24.1	23.6	22.4	22.6	23.4	23.3	23.5	24.3	24.2	23.6
1999	22.5	22.4	22.9	22.4	22.2	22.3	21.7	21.9	22.6	22.9	23.3	23.2	22.5
2000	23.0	22.2	22.5	22.2	23.2	22.7	21.7	22.3		23.0	24.3	23.1	22.7
2001	22.1	21.6	22.1	22.6	22.6	22.0	21.9	21.9	22.3				22.1
<b>Media</b>	<b>22.9</b>	<b>22.5</b>	<b>23.0</b>	<b>22.9</b>	<b>23.0</b>	<b>22.4</b>	<b>22.1</b>	<b>22.2</b>	<b>22.7</b>	<b>23.3</b>	<b>23.9</b>	<b>23.3</b>	<b>22.8</b>

FUENTE: SENAMHI SAN MARTÍN



**DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA**

**CUADRO N° 07:  
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)  
ESTACIÓN RIOJA**

<b>Años</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Prom</b>
1964		22.7	23.5	24.2	23.8	22.5	23.1	22.3	22.2	22.8	23.1	22.8	
1965	23.6	22.1	23.4	23.0	23.0	22.6	23.0	23.4	23.0	23.7	23.9	23.5	23.2
1966	23.0	23.0	23.2	23.0	22.6	22.0	21.9	22.1	22.3	22.7	23.3	23.4	22.7
1967	22.3	22.7	22.6	22.4	22.5	22.1	21.4	21.7	22.0	22.6	23.8	22.8	22.4
1968	22.0	23.2	22.1	23.5	22.6	22.7	21.8	21.9	22.2	22.4	23.2	23.4	22.6
1969	23.4	22.7	23.3	23.6	23.4	23.0	21.4	21.7	22.7	23.1	23.5	23.2	22.9
1970	23.1	23.1	22.7	22.9	23.0	22.4	21.6	21.9	22.1	22.8	21.5	22.4	22.5
1971	22.3	21.9	22.0	22.4	22.1	22.0	21.5	21.3	22.1	22.8	21.5	22.4	22.0
1972	22.2	22.7	22.6	22.8	22.9	22.2	22.1	22.2	22.4	23.0	23.5	22.7	22.6
1973	22.4	23.3	23.2	23.8	22.7	22.6	22.4	22.4	22.4	23.0	23.0	22.6	22.8
1974	22.1	22.1	22.9	22.8	22.6	22.1	21.6	22.0	21.9	22.7	23.7	22.4	22.4
1975	21.8	22.3	22.6	22.8	22.7	21.9	21.3	22.2	22.0	22.8	23.4	22.9	22.4
1976	22.2	22.1	22.7	22.8	22.9	22.2	21.9	21.8	22.7	23.4	23.2	22.9	22.6
1977	23.2	22.3	22.4	23.5	22.7	22.2	21.8	27.2	22.6	23.0	23.0	23.2	23.1
1978	24.4	23.4	23.5	23.4	23.2	23.1	22.4	22.2	22.9	23.2	23.6	22.9	23.2
1979	23.3	23.1	23.1	23.3	23.1	23.3	22.3	23.4	23.2	23.3	23.2	23.3	23.2
1980	23.3	23.3	22.7	25.1	23.9	23.1	23.0	23.4	23.9	23.5	24.0	24.1	23.6
1981	23.6	23.5	23.5	23.7	24.0	23.9	24.9	24.7	24.2	23.9	24.1	24.0	24.0
1982	23.8	23.9	23.5	23.8	23.7	23.6	23.8	23.6	24.0	23.6	23.3	23.9	21.7
1983	23.6	23.4	23.2	23.2	23.3	23.2	23.1	23.2	23.1	23.5	22.8	22.8	23.2
<b>Media</b>	<b>22.9</b>	<b>22.8</b>	<b>22.9</b>	<b>23.3</b>	<b>23.0</b>	<b>22.6</b>	<b>22.3</b>	<b>22.7</b>	<b>22.7</b>	<b>23.1</b>	<b>23.2</b>	<b>23.1</b>	<b>22.8</b>

FUENTE: SENAMHI SAN MARTÍN



DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA

**CUADRO N° 08:**  
**TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL (°C)**  
**ESTACIÓN RIOJA**

<b>Años</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Prom</b>
1964	27.3	27.5	27.9	28.1	27.6	27.5	27.9	28.3	27.5	27.7	28.3	27.6	27.8
1965	27.8	27.4	26.8	27.1	27.8	27.0	27.0	27.9	28.2	28.7	28.0	27.6	27.6
1966	27.4	27.2	27.5	28.4	27.4	27.9	27.6	28.1	28.5	28.0	28.8	27.1	27.8
1967	26.1	26.2	26.8	27.0	27.1	27.3	27.4	27.4	28.5	27.2	28.4	27.3	27.2
1968	26.4	27.4	26.4	28.0	27.4	27.4	26.7	27.1	27.5	26.9	27.1	27.1	27.1
1969	28.2	27.8	28.2	28.2	28.3	27.6	27.3	26.8	27.6	28.0	27.9	27.9	27.8
1970	27.1	27.8	26.6	26.9	27.4	26.9	26.2	28.0	27.6	28.2	28.5	28.4	27.5
1971	26.7	25.3	26.4	27.3	27.3	27.2	27.3	27.0	27.3	28.2	28.7	27.0	27.1
1972	26.8	27.7	27.2	27.6	28.4	27.8	27.5	28.0	27.3	28.5	28.5	27.4	27.7
1973	26.2	27.1	27.6	26.5	27.6	27.9	27.6	27.7	28.0	27.5	27.1	27.2	27.3
1974	26.8	27.2	27.3	26.9	27.7	27.4	26.7	26.0	25.2	26.2	25.0	26.3	26.6
1975	21.8	22.3	22.6	22.8	22.7	21.6	21.3	22.2	22.0	22.8	23.4	22.9	22.4
1976	26.7	26.2	27.3	27.4	27.7	27.0	27.5	26.9	27.5	28.4	28.2	27.4	27.4
1977	28.3	26.8	27.0	27.6	27.5	27.2	27.0	27.8	27.9	28.4	27.7	28.2	27.6
1978	27.7	28.9	28.3	27.9	28.0	28.5	27.5	27.4	28.6	29.1	29.0	26.6	28.1
1979	28.2	28.1	27.7	28.0	28.0	27.7	27.2	28.8	28.9	28.5	28.5	28.5	28.2
1980	28.0	28.2	27.8	28.8	28.4	28.4	28.6	28.4	29.3	28.5	28.6	28.1	28.4
1981	28.4	28.1	27.6	28.1	28.0	28.0	27.4	28.1	29.8	29.0	29.2	28.7	28.4
1982	28.5	28.4	28.5	28.4	28.6	28.1	27.9	27.5	28.8	28.4	28.2	28.4	28.3
1983	28.2	27.9	27.7	28.7	28.9	28.8	29.1						
<b>Media</b>	<b>27.1</b>	<b>27.2</b>	<b>27.2</b>	<b>27.5</b>	<b>27.6</b>	<b>27.4</b>	<b>27.1</b>	<b>27.3</b>	<b>27.7</b>	<b>27.8</b>	<b>27.8</b>	<b>27.4</b>	<b>27.4</b>

FUENTE: SENAMHI SAN MARTÍN



DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA

**CUADRO N° 09:**  
**TEMPERATURA MÍNIMA MENSUAL (°C)**  
**ESTACIÓN RIOJA**

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
1964	17.8	18.8	19.1	19.4	17.8	16.4	15.8	16.0	17.1	17.5	16.7	17.1	17.5
1965	17.2	16.6	17.3	13.2	12.2	11.2	11.1	16.1	16.6	17.6	18.1	18.1	15.4
1966	18.1	17.1	17.1	18.5	18.2	15.6	13.7	15.8	16.5	17.9	18.6	18.7	17.2
1967	17.3	18.7	18.0	17.5	17.4	16.1	16.0	15.5	15.5	18.1	18.6	18.1	17.2
1968	17.8	18.4	17.9	18.1	16.7	17.5	16.8	14.0	17.2	18.4	18.8	18.6	17.5
1969	18.6	18.6	18.0	19.1	18.6	18.1	15.6	16.7	17.5	18.1	18.6	18.0	18.0
1970	18.6	19.0	18.5	18.9	18.6	17.4	16.3	14.9	15.4	17.5	17.2	17.4	17.5
1971	18.2	17.8	18.2	18.1	17.6	17.4	15.8	16.1	16.7	17.7	17.8	17.6	17.4
1972	18.2	18.1	18.6	18.5	18.0	17.8	17.3	16.3	17.4	18.0	18.7	18.9	18.0
1973	18.6	19.1	18.9	18.1	18.1	18.0	17.5	17.6	17.2	17.0	16.8	17.8	17.9
1974	16.6	17.2	17.3	17.2	17.0	17.3	17.6	16.9	17.4	17.7	17.0	17.6	17.2
1975	16.3	18.7	18.6	18.5	18.5	17.9	16.2	16.7	13.8	17.2	18.7	18.1	17.4
1976	17.0	17.6	18.3	18.1	17.9	17.2	15.0	16.1	16.4	18.3	18.1	18.4	17.4
1977	18.4	18.4	18.7	18.8	18.2	17.2	16.7	16.8	17.7	18.4	19.1	18.6	18.1
1978	18.7	16.5	18.9	19.0	17.7	16.7	17.0	15.2	17.1	17.3	18.0	17.6	17.5
1979	18.2	17.9	18.1	17.8	17.8								
1980				18.8		18.2	19.2						
1981													
1982								17.4	18.8	18.6	19.2	18.8	
1983	19.4	19.0	18.7	19.3	18.7	18.7	10.3						
<b>Media</b>	<b>17.9</b>	<b>18.1</b>	<b>18.2</b>	<b>18.2</b>	<b>17.6</b>	<b>17.0</b>	<b>15.8</b>	<b>16.1</b>	<b>16.8</b>	<b>17.8</b>	<b>18.1</b>	<b>18.1</b>	<b>17.4</b>

FUENTE: SENAMHI SAN MARTÍN



**DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA**

**CUADRO N° 10:  
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)  
ESTACIÓN MOYOBAMBA**

<b>Años</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Prom</b>
1959		23.2	24.0	24.1	22.1	21.7	23.9	22.4	21.6	21.8	22.6	21.9	22.7
1960	22.3	22.4	22.4	21.9	21.8	22.1	22.2	22.6	21.5	22.5	22.7	23.2	22.3
1961	23.0	22.8	23.0	23.5	23.2	22.6	23.1	23.4	22.6	22.9	23.3	23.0	23.0
1962	22.5	22.1	22.9	23.2	22.6	22.8	22.3	22.6	23.2	23.2	24.2	24.1	23.0
1963	23.1	22.8	22.2	23.1	23.6	23.9	22.1	23.7	24.5	23.4	24.5	23.9	23.4
1964	23.6	23.5	23.1	23.6	23.1	23.3	22.8	23.2	23.2	23.3	23.4	23.2	23.3
1965	23.2	22.4	22.3	22.4	22.6	22.2	22.1	22.3	22.2	22.9	23.2	23.2	22.6
1966	23.2	22.4	23.2	23.2	22.8	23.1	23.2	23.0	23.0	23.0	23.3	23.1	23.0
1967	21.7	22.2	22.4	22.8	22.7	23.1	22.8	22.2	22.0	22.5	23.8	22.9	22.6
1968	22.0	22.9	21.8	23.0	22.3	22.5	22.2	22.2	22.5	22.5	23.3	23.3	22.5
1969	23.7	22.1	23.2	23.4	23.7	22.9	22.4	22.2	23.2	23.1	23.6	23.5	23.1
1970	22.9	23.2	22.6	22.7	23.2	22.7	22.1	22.8	22.5	23.5	22.9	22.6	22.8
1971	22.3	21.8	22.0	22.4	22.2	22.3	21.9	21.9	22.5	22.9	23.2	22.5	22.3
1972	22.3	22.8	22.3	22.7	22.9	22.3	22.3	22.7	22.5	23.3	24.2	23.6	22.8
1973	22.2	22.9	23.1	22.8	22.5	23.0	22.9	22.8	22.7	23.3	23.1	22.5	22.8
1974	22.2	21.9	22.6	22.7	22.6	22.1	21.8	22.3	21.7	23.3	23.9	22.5	22.5
1975	22.0	22.5	22.6	23.1	22.7	21.9	21.5	22.8	22.7	23.2	23.6	23.3	22.7
1976	22.4	22.5	22.9	23.0	22.8	22.3	22.2	22.2	22.9	24.0	23.7	23.1	22.8
1977	23.4	24.0	22.6	23.2	23.0	22.5	22.2	22.7	23.1	23.5	23.5	24.3	23.2
1978	23.6	22.4	23.6	23.6	26.0	23.4	22.5	22.2	22.8	23.9	24.7	23.0	23.5
1979	24.1	23.7	23.2	23.6	23.4	23.0	22.4	23.7	23.7	23.9	24.2	24.4	23.6
1980	23.5	24.0	22.8	23.6	23.7	23.2	23.2	23.4	23.7	23.4	23.8	24.3	23.6
1981	23.9	22.7	23.8	23.8	23.6	23.2	22.5	23.4	23.3	23.8	24.5	23.7	23.5
1982	23.2	23.9	23.4	23.7	23.4	22.5	22.9	22.5	23.4	23.7	23.4	24.0	23.3
1983	24.1	24.7	24.6	24.0	24.2	24.1	23.9	23.5	23.4	23.6	23.7	23.3	23.9
1984	23.0	22.5	23.0			24.1	24.3	24.0	24.0	25.3	25.0	24.7	24.0
1985	24.7	23.1	23.9	24.2	24.4	23.5	23.4	23.8	24.5	25.5	25.3	25.3	24.3
1986	23.6	23.7	23.7	25.2	24.7	24.6	22.1	23.1	24.0	25.6	24.8	24.2	24.1
1987	23.6	24.7	24.8	24.2	25.1	24.9	23.8	25.2	25.3	26.2	25.6	25.0	24.9
<b>Media</b>	<b>23.0</b>	<b>23.0</b>	<b>23.0</b>	<b>23.3</b>	<b>23.2</b>	<b>23.0</b>	<b>22.7</b>	<b>22.9</b>	<b>23.0</b>	<b>23.6</b>	<b>23.8</b>	<b>23.5</b>	<b>23.2</b>

FUENTE: SENAMHI SAN MARTÍN



**DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA**

**CUADRO N° 11:  
TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL (°C)  
ESTACIÓN MOYOBAMBA**

<b>Años</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Prom</b>
1964	27.4	28.3	29.9	29.0	27.6	27.3	28.6	28.7	28.6	27.6	26.8	27.5	28.1
1965	26.0	26.8	28.4	28.8	28.6	28.9	28.9	28.8	29.1	29.4	29.5	29.3	28.5
1966	29.6	29.2	29.7	30.4	29.1	29.2	29.1	29.4	30.0	29.4	30.0	29.0	29.5
1967	28.1	28.3	28.4	28.6	28.9	28.9	28.9	28.6	29.0	30.2	29.2	30.8	29.0
1968	28.1	29.3	29.7	30.4	29.1	28.9	28.7	28.8	29.1	29.0	29.4	29.9	29.2
1969	30.4	30.0	30.1	30.2	30.1	29.5	29.2	28.8	29.6	30.0	30.5	30.2	29.9
1970	28.9	29.4	28.5	29.2	29.2	28.5	27.8	29.5	29.2	30.2	29.7	28.7	29.1
1971	28.2	27.2	28.3	23.4	28.4	28.4	28.2	28.5	29.0	29.9	30.0	28.4	28.2
1972	28.0	28.8	28.8	28.8	29.5	28.8	28.7	29.4	28.9	30.1	30.2	29.5	29.1
1973	28.1	29.2	29.7	29.2	29.1	27.4	28.5	29.1	29.6	30.0	29.6	29.2	29.1
1974	28.3	28.5	29.6	29.7	30.0	29.0	28.6	29.0	28.5	30.3	31.4	28.9	29.3
1975	27.6	28.7	29.4	29.6	29.7	28.8	29.1	28.9	29.4	30.9	30.3	30.1	29.4
1976	28.8	28.3	29.6	29.9	30.3	29.6	30.0	29.6	30.3	31.2	30.8	29.7	29.8
1977	30.3	28.6	28.6	30.6	30.2	29.9	28.5	29.4	28.4	29.6	28.9	30.0	29.4
1978	29.1	29.9	29.5	29.4	29.9	30.8	28.8	29.1	28.8	29.7	29.7	27.5	29.4
1979	28.7	28.8	27.9	28.8	28.8	30.0	28.5	30.2	29.5	29.2	28.3	28.5	28.9
1980	28.0	28.9	26.9	28.5	29.3	29.1	28.6	28.8	30.1	28.9			28.7
1981										30.6	30.3	30.1	30.3
1982	30.0	30.3	29.4	29.0	29.8	29.1	29.4	29.7	29.9	29.4	29.0	29.3	29.5
1983	29.5	28.9	28.8	28.8	29.1	29.0	29.0	29.1	28.6	28.8	28.7	29.3	29.0
1984	28.3	28.5	28.5	28.7	28.9	28.8	29.2	29.1	29.3	29.1	29.8	29.2	29.0
1985	29.6	28.8	29.0	29.2	29.4	29.4	29.4	29.3	29.1	29.5	29.1	29.0	29.2
1986	28.8	28.6	28.3	29.3	29.0	29.9	29.3						29.0
...													
1996		27.1	27.4	27.5	28.6	28.5	28.9	27.9	28.9	28.5	29.1	27.2	28.1
1997	27.7	26.4	27.3	28.2	27.4	27.9	29.3	27.9	29.7	29.7	28.4	27.4	28.1
1998	27.9	29.3	28.7	28.8	28.9	27.9	28.8	29.7	29.1	29.1	29.1	29.0	28.9
1999	26.9	27.3	27.7	27.2	27.0	27.4	27.1	27.9	28.7	29.0	29.0	28.0	27.8
2000	27.3	27.0	27.4	27.0	28.0	27.6	27.1	28.1	28.5	28.4	29.8	27.8	27.8
2001	26.9	25.9	27.1	28.1	30.2	30.0	30.1	31.2	31.8				29.0
<b>Media</b>	<b>28.4</b>	<b>28.4</b>	<b>28.7</b>	<b>28.8</b>	<b>29.1</b>	<b>28.9</b>	<b>28.8</b>	<b>29.1</b>	<b>29.3</b>	<b>29.5</b>	<b>29.5</b>	<b>29.0</b>	<b>29.0</b>



**DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA**

**CUADRO N° 12:  
TEMPERATURA MÍNIMA MENSUAL (°C)  
ESTACIÓN MOYOBAMBA**

<b>Años</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Prom</b>
1964	18.3	18.2	17.2	18.7	17.2	15.7	16.2	16.2	16.3	16.5	15.7	14.2	16.7
1965	14.8	15.8	14.4	14.3	14.9	14.8	16.7	15.7	17.2	17.9	18.8	18.4	16.1
1966	18.5	17.7	18.1	17.8	18.4	16.6	19.7	16.2	16.9	18.9	18.4	18.7	18.0
1967	17.4	18.5	16.1	17.6	17.3	14.1	15.2	15.0	14.7	17.1	14.2	16.7	16.2
1968	18.6	17.1	16.2	16.2	14.5	15.4	16.1	16.7	17.8	18.0	14.9	18.6	16.7
1969	18.2	18.5	14.1	19.1	19.1	17.8	15.3	16.9	10.1	18.2	18.7	10.2	16.4
1970	18.8	18.9	18.9	19.2	18.5	17.8	16.8	15.7	16.8	17.6	18.4	10.0	17.3
1971	18.2	10.2	18.5	18.2	17.1	17.4	16.1	16.2	17.2	18.2	17.6	17.8	16.9
1972	18.6	18.5	19.0	18.6	18.4	17.4	17.4	16.9	17.3	17.5	18.9	18.8	18.1
1973	18.7	18.1	18.8	18.8	18.1	18.0	17.3	17.1	17.3	18.3	18.7	18.1	18.1
1974	17.7	18.0	18.3	18.2	17.0	17.2	15.8	16.7	16.7	17.2	17.3	19.4	17.5
1975	16.4	16.7	17.0	17.5	17.4	17.1	14.9	15.9	15.7	15.8	17.2	16.7	16.5
1976	16.4	19.8	19.9	19.6	15.1	14.5	12.3	15.8	15.4	16.9	17.2	17.2	16.7
1977	16.6	16.6	16.5	16.5	15.2	15.9	13.4	13.3	13.6	14.3	19.9	14.6	15.5
1978	14.3	16.4	16.8	16.8	15.5	15.6	15.5	14.3	15.5	16.0	17.1	17.8	16.0
1979	17.2	17.4	17.5	17.3	16.7	14.8	15.2	15.8	16.2	16.4	17.1	17.3	16.6
1980	17.0	15.5	16.4	17.2	17.8	16.4	17.1	17.1	16.9	17.8	18.7	10.1	16.5
1981	17.7	17.1	17.6	17.6	18.1	17.4	17.4	18.0	17.8	17.5	17.5	16.9	17.6
1982	17.0	16.8	16.8	16.5	16.4	17.7	17.1	17.0	17.3	17.3	17.1	17.6	17.1
1983	17.7	17.6	16.8	17.3	17.6	17.3	17.1	17.3	17.4	17.5	17.5	17.1	17.4
1984	17.3	17.1	17.3	17.2	17.3	15.4	17.0	17.0	17.1	16.0	17.6	17.5	17.0
1985	17.8	17.8	17.2	17.4	17.3	17.1	16.8	16.9	17.4	17.2	17.1	17.5	17.3
1986	17.1	17.3	17.1	17.3	17.1	17.2	16.9						17.1
...													
1996		18.9	19.1	18.8	18.3	17.4	16.4	17.4	18.1	18.7	18.7	18.7	
1997	19.2	18.9	19.3	19.0	18.6	18.0	17.2	17.5	18.3	18.9	19.7	19.6	18.7
1998	19.8	20.1	20.3	20.3	18.7	17.7	17.0	17.8	17.9	19.3	19.5	19.3	19.0
1999	19.4	19.2	19.0	18.4	18.6	18.4	16.8	16.3	17.8	17.9	18.9	19.2	18.3
2000	19.1	18.4	18.6	18.5	18.8	18.6	17.2	17.3	18.0	18.5	19.3	19.2	18.5
2001	18.4	18.4	18.4	18.7	17.4	14.4	16.0	14.6	16.0				16.9
<b>Media</b>	<b>17.7</b>	<b>17.6</b>	<b>17.6</b>	<b>17.9</b>	<b>17.3</b>	<b>16.7</b>	<b>16.3</b>	<b>16.4</b>	<b>16.6</b>	<b>17.5</b>	<b>17.8</b>	<b>16.9</b>	<b>17.2</b>



**DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA**

**CUADRO N° 13  
PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL EN mm  
ESTACIÓN LA CONQUISTA**

<b>AÑOS</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ANUAL</b>
1964	99	111	115	131	93	67	81	144	168	143	162	120	1434
1965	158	150	189	168	89	123	45	54	115	69	110	64	1333
1966	121	113	133	81	175	51	51	69	148	148	64	87	1242
1967	189	145	180	174	94	91	61	70	108	163	54	91	1419
1968	154	153	110	146	57	65	81	122	118	174	108	63	1349
1969	98	101	82	168	84	148	48	84	81	232	106	113	1345
1970	185	47	242	167	83	111	65	47	144	91	204	117	1503
1971	158	113	173	89	82	69	78	69	149	72	113	90	1256
1972	150	65	158	191	82	75	80	88	140	104	82	77	1293
1973	137	116	132	151	74	86	69	56	78	64	104	81	1148
1974	120	118	93	90	78	118	72	83	67	73	87	188	1187
1975	132	111	185	90	120	107	72	85	118	87	122	88	1317
1976	145	65	111	74	80	90	57	83	89	87	127	105	1095
1977	78	154	206	119	59	97	67	65	103	139	99	64	1249
1978	114	83	110	104	71	50	73	61	118	111	97	38	1030
1979	109	54	121	85	61	52	58	54	92	100	100	69	955
1980	111	94	141	90	58	62	47	91	47	140	140	127	1149
1981	90	106	161	101	61	55	52	69	40	114	91	103	1043
1982	77	86	168	116	48	87	84	52	78	111	167	124	1198
1983	144	190	129	112	69	57	39	81	56	76	116	175	1243
1984	76	121	127	110	46	105	47	62	122	62	176	161	1216
1985	91	114	51	58	41	83	96	60	61	94	73	47	868
1986	51	68	74	46	62	55	36	48	50	114	66	52	720
1987	74	56	48	99	85	40	69	52	74	43	80	88	807
1988	106	80	143	94	81	70	45	54	105	80	66	71	997
1989	80	72	91	99	67	103	63	45	113	140	79	62	1014
1990	103	87	129	149	53	60	66	79	118	150	100	111	1205
1991	64	171	128	155	144	72	66	72	64	116	71	69	1191
1992	43	56	170	102	40	60	50	104	86	123	98	81	1013
1993	171	128	163	106	95	77	67	59	147	181	79	107	1381
1994	123	122	128	201	60	80	74	61	84	121	137	142	1334
1995	89	78	155	66	56	80	60	53	108	73	114	153	1084
1996	112	147	116	120	49	16	68	100	40	110	115	95	1085
1997	69	117	104	78	107	40	17	43	149	53	210	84	1071
1998	127	133	69	141	86	47	32	57	108	114	36	67	1016
1999	188	191	118	111	250	38	67	68	71	43	107	58	1310
2000	94	136	134	215	57	95	92	62	59	52	69	81	1146
2001	93	142	157	138	140	44	64	25	122	106	166	286	1481
2002	91	171	145	202	50	30	116	45	67	144	144	127	1330
<b>MEDIA</b>	<b>113</b>	<b>112</b>	<b>133</b>	<b>121</b>	<b>82</b>	<b>73</b>	<b>63</b>	<b>68</b>	<b>98</b>	<b>108</b>	<b>109</b>	<b>101</b>	<b>1181</b>

Fuente: PEAM





**DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA**

**CUADRO N° 14  
CALCULO DE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA AL 75%  
PERIODO 1964 - 2002 ( LA CONQUISTA )**

m	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	f=m/(n+1)
1	189	191	242	215	250	148	116	144	168	232	210	286	0.03
2	188	190	206	202	175	123	96	122	149	181	204	188	0.05
3	185	171	189	201	144	118	92	104	149	174	176	175	0.08
4	171	171	185	191	140	111	84	100	148	163	167	161	0.10
5	158	154	180	174	120	107	81	91	147	150	166	153	0.13
6	158	153	173	168	107	105	81	88	144	148	162	142	0.15
7	154	150	170	168	95	103	80	85	140	144	144	127	0.18
8	150	147	168	167	94	97	78	84	122	143	140	127	0.20
9	145	145	163	155	93	95	74	83	122	140	137	124	0.23
10	144	142	161	151	89	91	73	83	118	140	127	120	0.25
11	137	136	158	149	86	90	72	81	118	139	122	117	0.28
12	132	133	157	146	85	87	72	79	118	123	116	113	0.30
13	127	128	155	141	84	86	69	72	118	121	115	111	0.33
14	123	122	145	138	83	83	69	70	115	116	114	107	0.35
15	121	121	143	131	82	80	68	69	113	114	113	105	0.38
16	120	118	141	120	82	80	67	69	108	114	110	103	0.40
17	114	117	134	119	81	77	67	69	108	114	108	95	0.43
18	112	116	133	116	80	75	67	68	108	111	107	91	0.45
19	111	114	132	112	78	72	66	65	105	111	106	90	0.48
20	109	113	129	111	74	70	66	62	103	110	104	88	0.50
21	106	113	129	110	71	69	65	62	92	106	100	88	0.53
22	103	111	128	106	69	67	64	61	89	104	100	87	0.55
23	99	111	128	104	67	65	63	61	86	100	99	84	0.58
24	98	106	127	102	62	62	61	60	84	94	98	81	0.60
25	94	101	121	101	61	60	60	59	81	91	97	81	0.63
26	93	94	118	99	61	60	58	57	78	87	91	81	0.65
27	91	87	116	99	60	57	57	56	78	87	87	77	0.68
28	91	86	115	94	59	55	52	54	74	80	82	71	0.70
29	90	83	111	90	58	55	51	54	71	76	80	69	0.73
30	89	80	110	90	57	52	50	54	67	73	79	69	0.75
31	80	78	110	90	57	51	48	53	67	73	79	67	0.78
32	78	72	104	89	56	50	47	52	64	72	73	64	0.80
33	77	68	93	85	53	47	47	52	61	69	71	64	0.83
34	76	65	91	81	50	44	45	48	59	64	69	63	0.85
35	74	65	82	78	49	40	45	47	56	62	66	62	0.88
36	69	56	74	74	48	40	39	45	50	53	66	58	0.90
37	64	56	69	66	46	38	36	45	47	52	64	52	0.93
38	51	54	51	58	41	30	32	43	40	43	54	47	0.95
39	43	47	48	46	40	16	17	25	40	43	36	38	0.98



**DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA**

**PRECIPITACIÓN EFECTIVA (PE) AL 75% DE PERSISTENCIA  
ESTACIÓN : LA CONQUISTA**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PE: al (75%)	66.75	60.00	82.50	67.50	42.75	39.00	37.50	40.50	50.25	54.75	59.25	51.75

**CUADRO N° 22  
CAUDALES MEDIOS DEL RIO AVISADO**

Caudal medio mensual	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Noviemb.	Diciem.
m3/seg	7.01	7.94	7.93	7.48	7.03	5.85	3.57	3.67	5.00	6.45	6.58	6.38

Fuente: Estudio Hidrológico del Río Avisado PEAM 1,999

**CUADRO N° 23  
BALANCE HIDROLOGICO**

Caudales M3/seg	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Noviemb.	Diciem.
Disponibile	7.01	7.94	7.93	7.48	7.03	5.85	3.57	3.67	5.00	6.45	6.58	6.38
Requerido	1.08	1.15	1.23	1.03	1.05	0.32	2.86	2.66	2.17	2.51	1.54	1.52
Balance +	+5.93	+6.79	+6.70	+6.45	+5.98	+5.53	+0.71	+1.01	+2.83	+3.94	+5.04	+4.86



DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL CANAL PRINCIPAL Y TOMA LATERAL  
DE LA IRRIGACIÓN EL AVISADO VALLE LA CONQUISTA

**CUADRO N° 24**  
**DESCARGAS GENERADAS EN EL RIO AVISADO (M3/SEG)**

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
1968	6.85	6.63	7.62	7.43	5.58	5.37	3.03	4.29	6.23	5.86	7.36	4.70	5.91
1969	5.45	6.97	6.02	4.88	3.59	1.74	3.52	4.53	4.32	5.13	5.84	7.01	4.92
1970	7.75	6.51	7.55	6.39	10.64	10.00	2.93	2.78	4.45	3.41	7.63	5.61	6.30
1971	6.64	10.54	6.72	6.97	9.97	11.85	1.95	1.59	5.77	8.40	2.61	3.33	6.36
1972	3.80	6.35	9.84	9.00	3.27	2.3	3.06	3.10	2.79	4.73	10.88	10.43	5.80
1973	10.41	9.24	7.25	5.55	6.15	3.6	3.92	4.34	3.70	7.66	2.95	5.53	5.86
1974	5.37	8.39	7.17	5.88	4.17	2.44	4.98	5.84	9.83	5.27	5.79	5.97	5.93
1975	6.23	7.31	11.05	10.11	13.21	9.60	6.97	5.60	8.08	8.45	5.95	5.64	8.18
1976	6.19	5.59	6.37	7.77	6.06	6.35	2.28	3.18	4.01	3.04	9.44	6.78	5.59
1977	8.66	11.10	9.56	6.71	5.29	4.46	6.21	4.45	3.50	5.68	6.67	5.00	6.44
1978	6.92	6.41	6.11	8.09	6.74	4.14	2.64	2.65	6.40	7.12	5.72	8.56	5.96
1979	8.94	6.24	8.85	6.97	8.75	5.46	2.63	3.84	3.87	3.39	4.48	3.32	5.56
1980	3.78	10.46	6.57	8.95	6.73	5.21	2.05	1.91	4.36	2.81	11.61	9.24	6.14
1981	12.82	9.38	10.34	9.95	8.23	9.44	3.83	3.25	2.62	5.30	5.12	8.17	7.37
1982	8.56	6.90	9.57	4.27	4.27	2.49	2.30	2.23	3.25	4.34	8.10	4.34	5.05
1983	4.94	8.17	9.57	7.40	4.29	2.55	3.30	3.78	4.36	5.06	7.55	8.51	5.79
1984	8.13	10.08	8.57	7.76	8.27	9.09	8.11	7.15	7.27	8.20	7.24	6.33	8.03
1985	7.08	6.78	7.74	7.31	9.68	6.58	3.99	5.03	5.03	5.29	3.91	3.77	6.02
1986	4.68	6.84	5.47	6.10	4.27	3.94	4.49	7.46	7.46	7.73	8.26	7.83	6.21
Media	7.01	7.94	7.93	7.48	7.03	5.85	3.57	3.67	5.00	5.45	6.58	6.38	6.18

FUENTE: ESTUDIO HIDROLOGICO DEL RIO AVISADO. PEAM, 1999



**Foto.-** En la foto se observa el canal existente en la zona de estudio.



**Foto.-** En la foto se observa la recolección de las muestras en la zona de estudio.



Foto.- En la foto se observa a la tesista pesando las muestras.

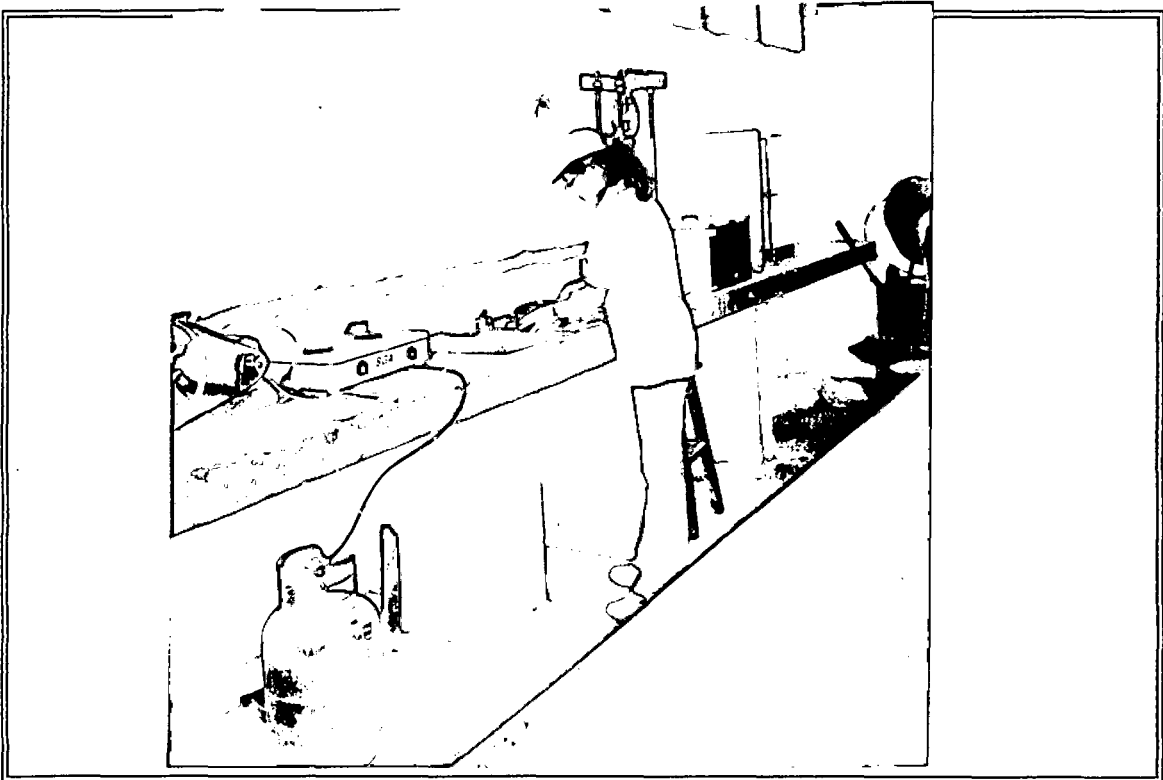


Foto.- En la foto se observa a la tesista lavando las muestras



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521462 - ANEXO FC Nº 119 - MOVIL 429629312-9627162**  
**MOORALES - PERU**

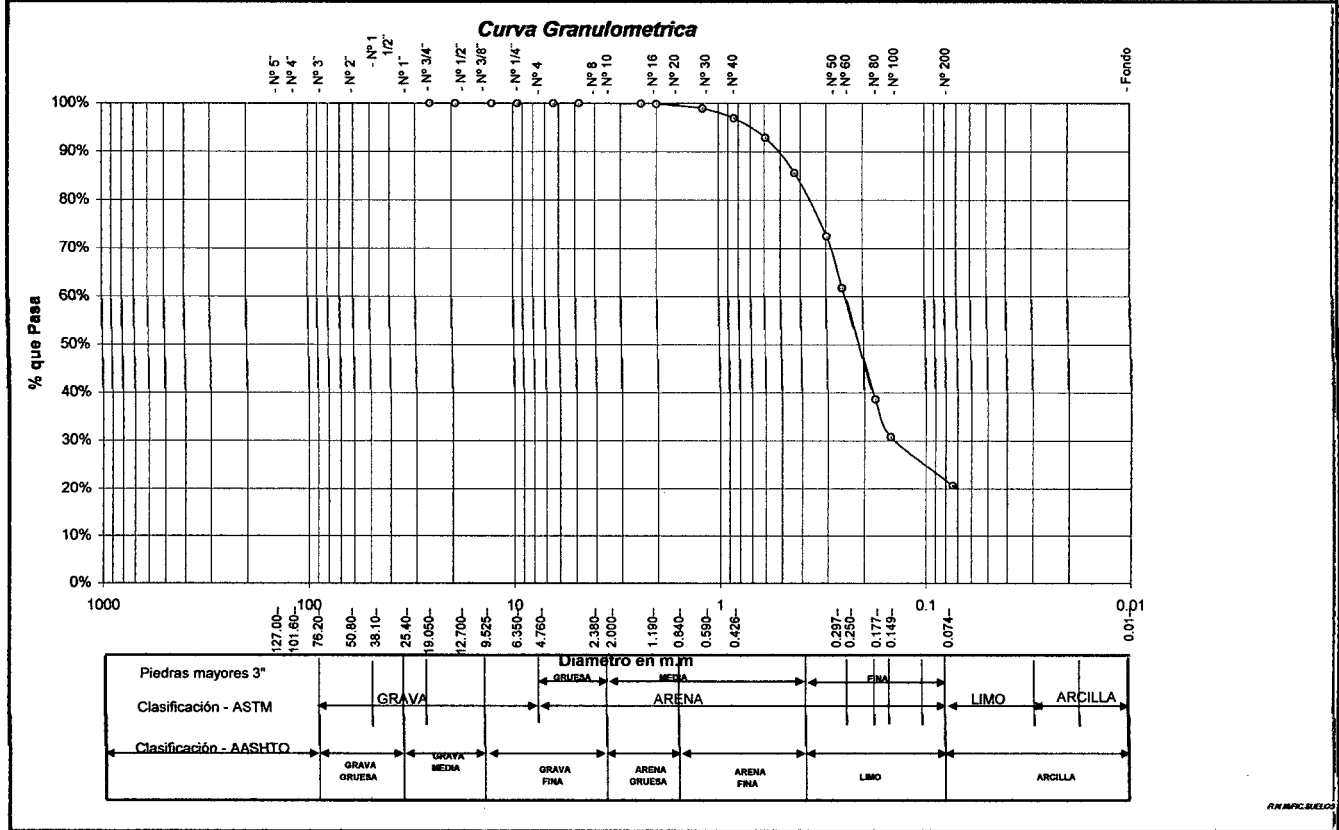
Proyecto: Diseño Estructural del canal principal y toma laterales de la Irrigación del Avisado - La conquista  
 Localización del Proyecto: Departamento San Martín, Provincia Rioja, Distrito Yuracayacu.      Kilometraje: 0+000  
 Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso      Profundidad de la Muestra: 0.40-1.50      Calicata: C-01 EII  
 Hecho Por: Bachiller Vanessa Reategui Lopez-Apoyo Tec. Robert Navarro Mori      Fecha: 15/07/2004

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

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones
Ø					
5"	127.00				
4"	101.60				
3"	76.20				
2"	50.80				
1 1/2"	38.10				
1"	25.40			100.00%	
3/4"	19.050		0.00%	100.00%	
1/2"	12.700		0.00%	100.00%	
3/8"	9.525		0.00%	100.00%	
1/4"	6.350		0.00%	100.00%	
Nº 4	4.760		0.00%	100.00%	
Nº 8	2.380	0.23	0.06%	99.94%	
Nº 10	2.000	0.30	0.08%	99.87%	
Nº 16	1.190	3.89	0.97%	98.90%	
Nº 20	0.840	8.06	2.02%	96.88%	
Nº 30	0.590	16.08	4.02%	92.86%	
Nº 40	0.426	29.09	7.27%	85.59%	
Nº 50	0.297	52.43	13.11%	72.48%	
Nº 60	0.250	43.00	10.75%	61.73%	
Nº 80	0.177	92.34	23.09%	38.65%	
Nº 100	0.149	31.23	7.81%	30.84%	
Nº 200	0.074	40.50	10.13%	20.71%	
Fondo	0.01	82.85	20.71%	0.00%	
<b>TOTAL</b>	<b>400.00</b>				<b>A B</b>

Tamaño Máximo: _____			
Modulo de Fineza AF: _____			
Modulo de Fineza AG: _____			
Equivalente de Arena: _____			
Descripción Muestra: _____			
Grupo suelos partículas gruesas		Sub-Grupo : Arenas	
Arenas limosas con matriz de arena color beige con clasificación 5/1			
SUCS =	SM	AASHTO =	A-2-4(0)
LL =	19.45	WT =	54.00
LP =	NP	WT+SAL =	454.00
IP =	NT	WSAL =	400.00
IG =	2	WT+SDL =	371.15
		WSDL =	317.15
D 90=		%ARC. =	20.71
D 60=		%ERR. =	0.00
D 30=		Cc =	
D 10=		Cu =	
Observaciones :			
El suelo es una arena limosa, mezcla de arena, limo con 12.77 % de finos, color beige con una resistencia al corte regular, de compacidad baja, finos sin plasticidad, con un % d <sub>st</sub> arena de 87.23%.			
% de Humedad Natural de la muestra ensayada			
Número de tarro =	1	Peso del agua =	23.79
Peso del tarro =	54	Peso suelo húmedo =	423.79
Peso del tarro + Mh =	477.79	Peso suelo seco =	400
Peso del tarro + Ms =	454	% Humedad Muestra =	5.95



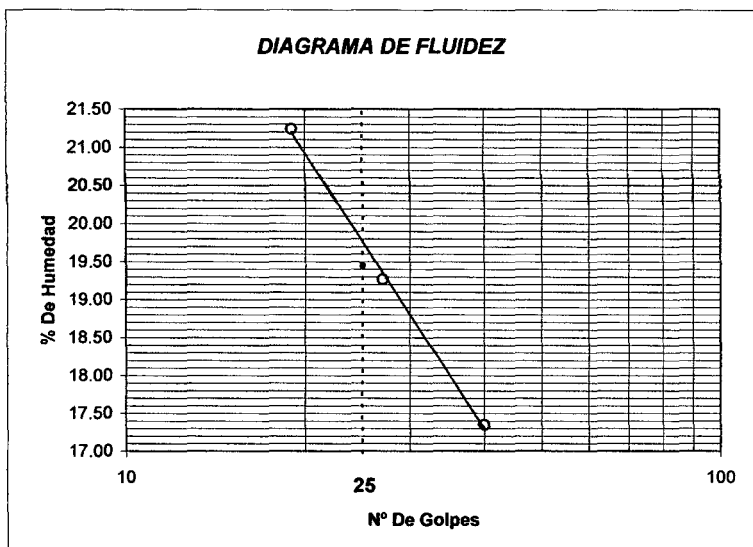


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162**  
**MORALES - PERU**

Proyecto: Diseño Estructural del canal principal y toma laterales de la Irrigación del Avisado - La conquista  
 Localización del Proyecto: Departamento San Martín, Provincia Rioja, Distrito Yuracyacu. Kilometraje: 0+000  
 Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso Profundidad de la Muestra: 0.40-1.50  
 Hecho Por: Bachiller Vanessa Reategui Lopez-Apoyo Tec. Robert Navarro Mori Calicata: C-01 EII Fecha: 15/07/2004

**Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	58.60	58.76	58.64
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	78.52	82.53	88.54
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	75.03	78.69	84.12
PESO DEL AGUA grs	3.49	3.84	4.42
PESO DEL SUELO SECO grs	16.43	19.93	25.48
% DE HUMEDAD	21.24	19.27	17.35
NUMERO DE GOLPES	19	27	40



Indice de Flujo Fi	ND
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	19.45
Límite Plástico (%)	NP
Indice de Plasticidad Ip (%)	NT
Clasificación SUCS	SM
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)
Indice de consistencia Ic	ND

**Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs		<b>NP</b>	
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
% PROMEDIO			

LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	<b>ND</b>
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm <sup>3</sup>	
Volumen Final (Suelo Seco) cm <sup>3</sup>	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119- MOVIL 429628312-9627162  
 MORALES - PERU

Proyecto: Diseño Estructural del canal principal y toma laterales de la Irrigación del Avisado - La conquista

Localización del Proyecto: Departamento San Martín, Provincia Rioja, Distrito Yuracyacu. Kilometraje: 0+000  
 Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso Profundidad de la Muestra: 0.40-1.50 Calicata: C-01 EII  
 Hecho Por: Bachiller Vanessa Reategui Lopez-Apoyo Tec. Robert Navarro Mori Fecha: 15/07/2004

Nº Golpes / capa: 56 Nº Capas: 5 Peso del Martillo: 10 Lbs.  
 Dimensiones del Molde: Diametro: 15.2 Altura: 11.7 Vol. 2123.068147  
 Sobrecarga: 10 Lbs.

**RELACION DENSIDAD -HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557**

**Determinación del contenido de Humedad**

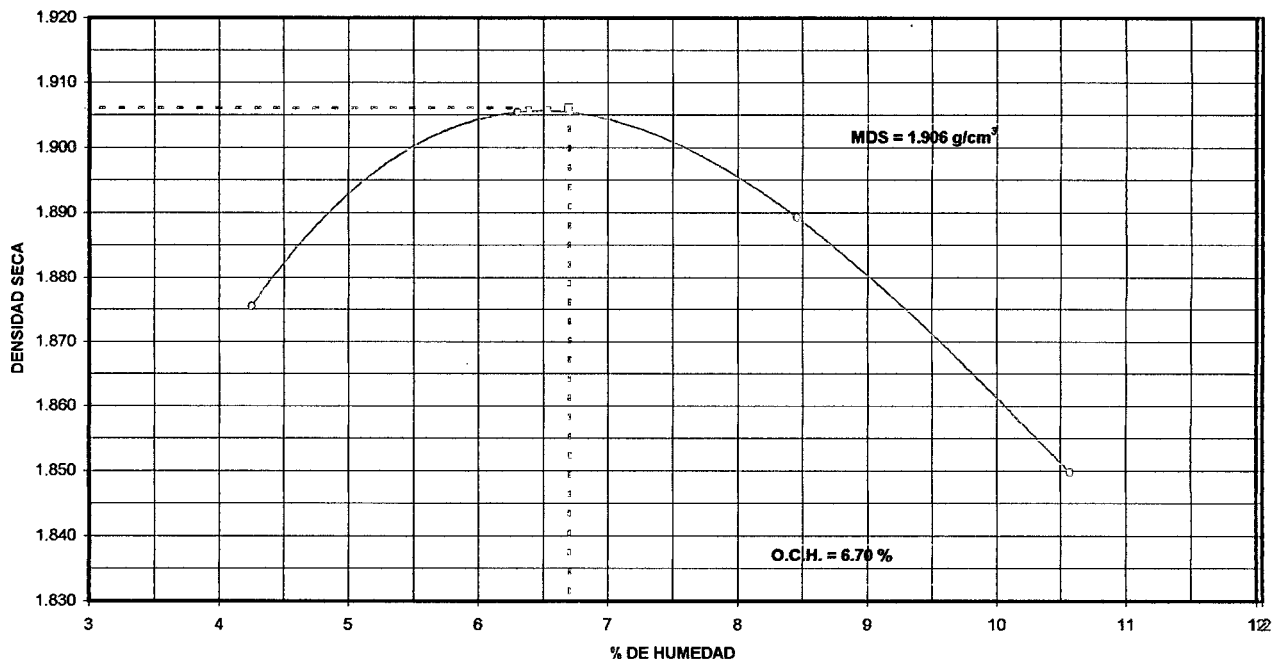
MUESTRA Nº	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	25.25	28.50	31.20	31.28
PESO DEL TARRO+MUESTRA HÚMEDA	117.25	124.49	131.25	155.36
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	113.50	118.80	123.45	143.50
PESO DEL AGUA (grs)	3.75	5.69	7.80	11.86
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	88.3	90.3	92.3	112.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	4.25	6.30	8.46	10.57
% PROMEDIO	4.25	6.30	8.46	10.57

**Determinación de la Densidad**

CONTENIDO DE HUMEDAD %	4.25	6.30	8.46	10.57
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	7001.00	7150.00	7200.00	7192.00
PESO DEL MOLDE (grs)	2850.00	2850.00	2850.00	2850.00
PESO DEL SUELO (grs)	4151	4300	4350	4342
DENSIDAD HÚMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.96	2.03	2.05	2.05
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.875	1.905	1.889	1.855

Densidad Máxima (grs/cm <sup>3</sup> )	1.906
Humedad Optima%	6.70

**COMPACTACION**







# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119- MOVIL 429629312-9827162  
MORALES - PERU

Proyecto: Diseño Estructural del canal principal y toma laterales de la irrigación del Avisado - La conquista  
 Localización del Proyecto: Departamento San Martín, Provincia Rioja, Distrito Yuracyacu. Kilometraje: 0+000  
 Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso Profundidad de la Muestra: 0.40-1.50 Calicata: C-01 EIII  
 Hecho Por: Bachiller Vanessa Reategui Lopez-Apoyo Tec. Robert Navarro Mori Fecha: 15/07/2004

Nº Golpes / capa: 56 Nº Capas: 5 Peso del Martillo: 10 Lbs.  
 Dimensiones del Molde: Diametro: 15.2 Altura: 11.7 Vol. 2123.07  
 Sobre carga: 10 Lbs.

Calib: 9.972631  
 VALOR RELATIVO SOPORTE (C.B.R.) ASTM D - 1883  
 Determinación del contenido de Humedad

MUESTRA Nº / Nº GOLPES	1	2	3
PESO DEL TARRO (grs)	29.50	30.00	31.22
PESO DEL TARRO+MUESTRA HÚMEDA (grs)	132.56	135.26	137.85
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	126.08	128.66	131.16
PESO DEL AGUA (grs)	6.48	6.60	6.69
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	96.58	98.66	99.94
CONTENIDO DE HUMEDAD %	6.71	6.69	6.69
<b>% PROMEDIO</b>	6.71	6.69	6.69

### Determinación de la Densidad

	6.71	6.69	6.69
CONTENIDO DE HUMEDAD %	6.71	6.69	6.69
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	8447.00	8400.00	8280.00
PESO DEL MOLDE (grs)	4130.00	4270.00	4285.00
PESO DEL SUELO (grs)	4317.00	4130.00	3995.00
DENSIDAD HÚMEDA (grs/cm3)	2.03	1.95	1.88
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.91	1.82	1.76

### EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	Nº GOLPES 56						Nº GOLPES 25						Nº GOLPES 13					
			EXPANSION		Lec Dial	EXPANSION		Lec Dial	EXPANSION		Lec Dial	EXPANSION		Lec Dial	EXPANSION		m.m.MI			
			m.m	%		m.m	%		m.m	%		m.m	%							
01/06/2005	04:00:00	0																		
02/06/2005	04:00:00	24																		
03/06/2005	04:00:00	48																		
04/06/2005	04:00:00	72																		
05/06/2005	04:00:00	96																		

SIN EXPANSION

### PENETRACIÓN

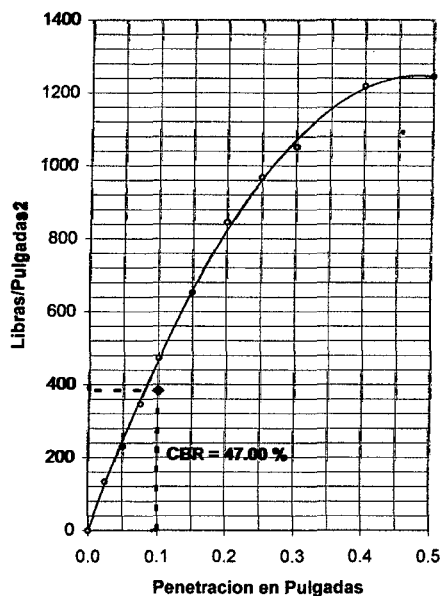
Penetración en pulgadas	Molde Nº 56				Molde Nº 25				Molde Nº 13			
	Nº de golpes		CORRECCION		Nº de golpes		CORRECCION		Nº de golpes		CORRECCION	
	Lec Dial	Lbs	Lbs/Pulg2		Lec Dial	Lbs	Lbs/Pulg2		Lec Dial	Lbs	Lbs/Pulg2	
0.000												
0.025	36.00	401.72	133.91		19.00	232.18	77.39		9.00	132.46	44.15	
0.050	65.00	690.92	230.31		37.00	411.69	137.23		17.00	212.24	70.75	
0.075	100.00	1039.97	346.66		49.00	531.36	177.12		25.00	292.02	97.34	
0.100	138.00	1418.93	472.98	47.30	68.00	720.84	240.28	24.03	33.00	371.80	123.93	12.39
0.150	192.00	1957.45	652.48		95.00	990.10	330.03		46.00	501.44	167.15	
0.200	250.00	2535.86	845.29	56.35	125.00	1289.28	429.76	28.65	65.00	690.92	230.31	15.35
0.250	287.00	2904.85	968.28		149.00	1528.62	509.54		73.00	770.70	256.90	
0.300	312.00	3154.16	1051.39		163.00	1668.24	556.08		80.00	840.51	280.17	
0.400	362.00	3652.79	1217.60		176.00	1797.89	599.30		94.00	980.13	326.71	
0.500	370.00	3732.58	1244.19		180.00	1837.78	612.59		98.00	1020.02	340.01	



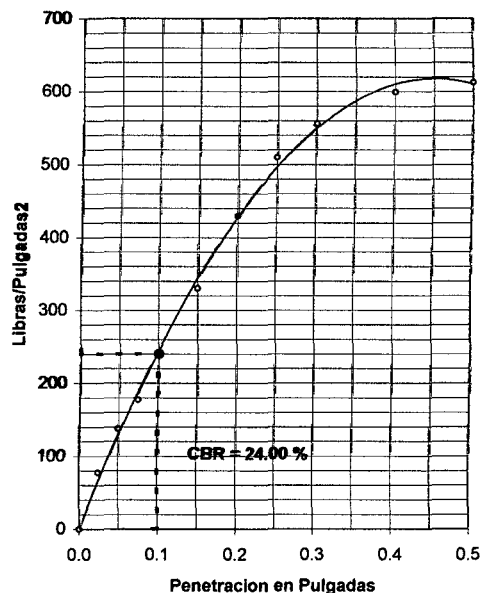
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
 CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162  
 MORALES - PERU

Proyecto: Diseño Estructural del canal principal y toma laterales de la Irrigación del Avisado - La conquista  
 Localización del Proyecto: Departamento San Martín, Provincia Rioja, Distrito Yuracyacu Kilometraje: 0+000  
 Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso Profundidad de la Muestra: 0.40-1.50 Calicata: C-01 III  
 Hecho Por: Bachiller Vanessa Reategui Lopez-Apoyo Tec. Robert Navarro Mori Fecha: 15/07/2004

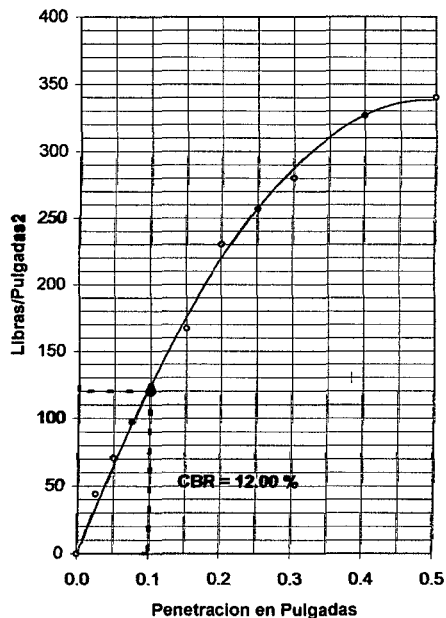
56 GOLPES



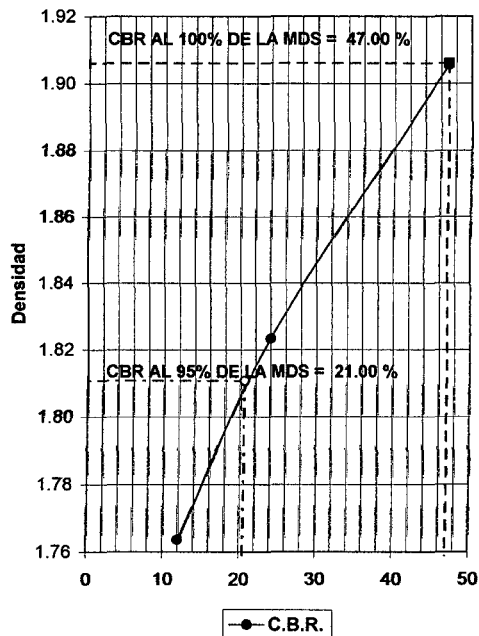
25 GOLPES



13 GOLPES



Título del gráfico



**RESUMEN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO**

N° GOLPES	W%	grs/cm <sup>3</sup>	EXPANC.	COMP %	CBR 1"	CBR 95%	CBR 100%
56	6.71	1.91	NP	100	47.00	20.50	47.00
25	6.69	1.82	NP	96	24.00		
13	6.69	1.76	NP	93	12.00		



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162**  
**MORALES - PERU**

Proyecto: Diseño Estructural del canal principal y toma laterales de la Irrigación del Avisado - La conquista

Localización del Proyecto: Departamento San Martín, Provincia Rioja, Distrito Yuracyacu.

Kilometraje: 0+000

Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso

Profundidad de la Muestra: 0.40-1.50

Hecho Por: Bachiller Vanessa Reategui Lopez-Apoyo Tec. Robert Navarro Mori Calicata:

C-01 EII

Fecha:

15/07/2004

**Determinación del % de Humedad Natural**

**ASTM 2216**

LATA	1	2	3	4
PESO DE LATA grs	58.42	58.55	58.67	58.49
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	154.23	156.56	154.89	157.86
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	146.52	148.70	147.12	149.85
PESO DEL AGUA grs	7.71	7.86	7.77	8.01
PESO DEL SUELO SECO grs	88.10	90.15	88.45	91.36
% DE HUMEDAD	8.75	8.72	8.78	8.77
PROMEDIO % DE HUMEDAD	8.76			

**Determinación del Gravedad Especifico de Solidos**

**ASTM D-854**

LATA	1	2
VOL. DEL FRASCO A 20° C.	500.00	500.00
METODO DE REMOCION DEL AIREa	Vacio	Vacio
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO	778.95	778.45
TEMPERATURA, °C	23.00	23.00
PESO DEL FRASCO+AGUA grs	717.24	717.12
PLATO EVAPORADO N°	18	17
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs	300.00	300.00
PESO DEL SUELO SECO grs	100.00	100.00
VOLUMEN DE SÓLIDOS cm3	38.29	38.67
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3	2.61	2.59
PROMEDIO grs/cm3	2.60	

**Determinación del Peso Volumetrico**

**ASTM D-2937**

LATA	1	2	3	4
PESO DE MOLDE Kgrs	7957.00	7957.00	7957.00	7957.00
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs	12742.00	12638.00	12631.00	12631.00
PESO DEL SUELO SECO Kgrs	4785.00	4681.00	4674.00	4674.00
VOLUMEN DEL MOLDE m3	0.2123	0.2123	0.2123	0.2123
PESO UNITARIO Kgrs/m3	22538	22049	22016	22016
PROMEDIO Kgrs/m3	22155			

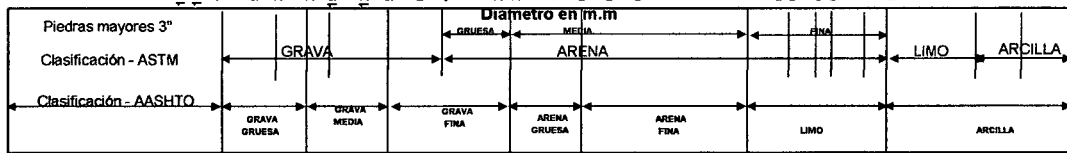
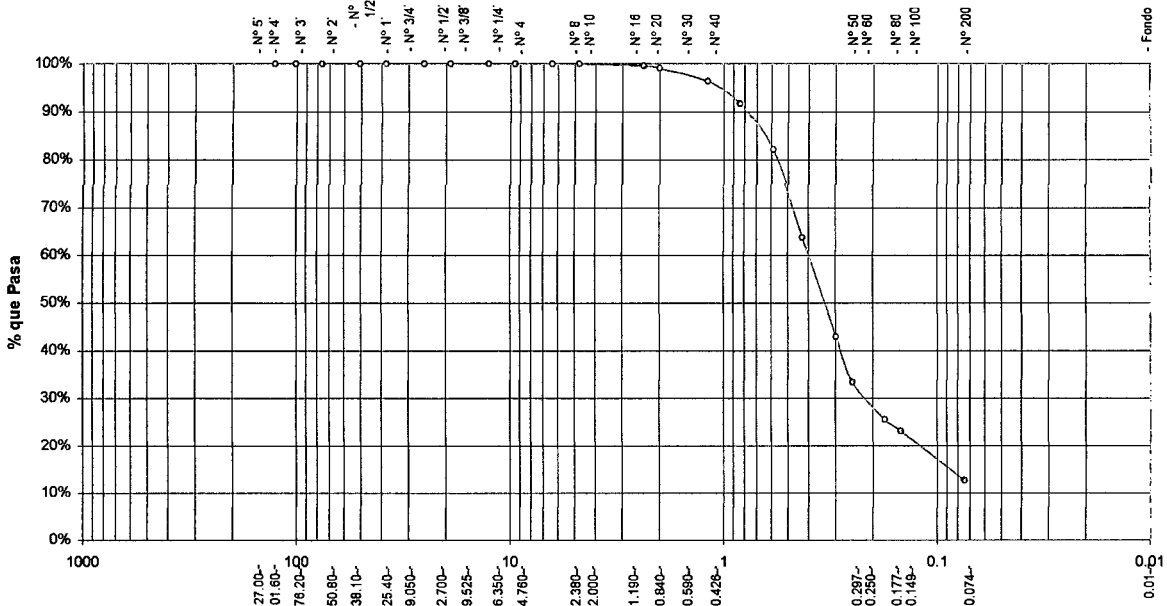


Proyecto: Diseño Estructural del canal principal y toma laterales de la Irrigación del Avisado - La conquista  
 Localización del Proyecto: Departamento San Martín, Provincia Rioja, Distrito Yuracayacu. Zona: 0+500  
 Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso Profundidad de la Muestra: 0.15-1.50 Calicata: C-02 EII  
 Hecho Por: Bachiller Vanessa Reategui Lopez-Apoyo Tec. Robert Navarro Mori Fecha: 15/07/2004

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

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:	
Ø (mm)						Modulo de Fineza AF:	
5"	127.00					Modulo de Fineza AG:	
4"	101.60					Equivalente de Arena:	
3"	76.20					<b>Descripción Muestra:</b>	
2"	50.80					Grupo suelos partículas gruesas	
1 1/2"	38.10					Sub-Grupo: Arenas	
1"	25.40					SSM A-2-4(0)	
3/4"	19.050					Arena limosa con matriz de arena color plumizo con clasificación 4/2	
1/2"	12.700					SUCS = SM AASHTO = A-2-4(0)	
3/8"	9.525					LL = NT WT = 54.00	
1/4"	6.350					LP = NP WT+SAL = 300.00	
Nº 4	4.760			100.00%		IP = NP WSAL = 246.00	
Nº 8	2.380	0.89	0.36%	99.64%		IG = 0 WT+SDL = 269.13	
Nº 10	2.000	1.34	0.54%	99.09%		WSDL = 215.13	
Nº 16	1.190	6.57	2.67%	96.42%		D 90= %ARC. = 12.55	
Nº 20	0.840	11.80	4.80%	91.63%		D 60= %ERR. = 0.00	
Nº 30	0.590	23.34	9.49%	82.14%		D 30= Cc =	
Nº 40	0.426	45.67	18.57%	63.57%		D 10= Cu =	
Nº 50	0.297	51.12	20.78%	42.79%		<b>DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO</b>	
Nº 60	0.250	23.45	9.53%	33.26%		El suelo es una arena limosa, mezcla de arena, limo con 12.77 % de finos, color plumizo con una resistencia al corte regular, de compacidad baja, finos sin plasticidad, con un % dte. arena de 79.38%.	
Nº 80	0.177	19.20	7.80%	25.46%		<b>% de Humedad Natural de la muestra ensayada</b>	
Nº 100	0.149	5.84	2.37%	23.08%		Número de tarro = 45	Peso del agua = 41
Nº 200	0.074	25.91	10.53%	12.55%		Peso del tarro = 54	Peso suelo húmedo = 535
Fondo	0.01	30.87	12.55%	0.00%		Peso del tarro + Mn = 569	Peso suelo seco = 494
<b>TOTAL</b>	<b>246.00</b>				<b>A B</b>	Peso del tarro + Ms = 548	% Humedad Muestr = 8.30

**Curva Granulométrica**



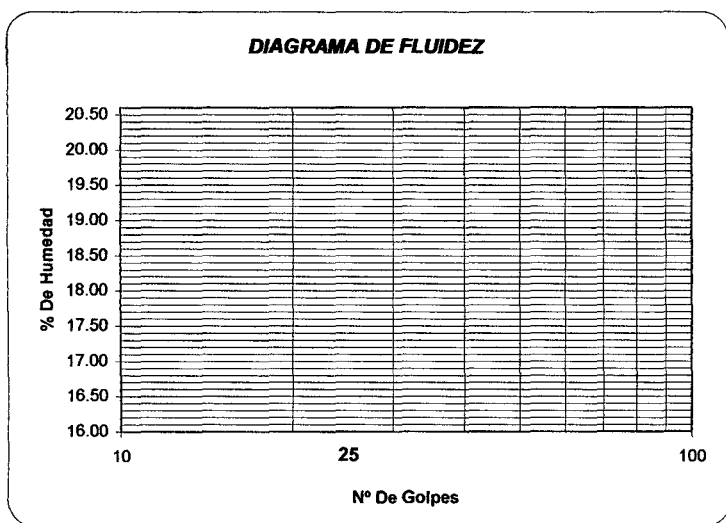


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162**  
**MORALES - PERU**

Proyecto: Diseño Estructural del canal principal y toma laterales de la Irrigación del Avisado - La conquista  
 Localización del Proyecto: Departamento San Martín, Provincia Rioja, Distrito Yuracyacu. Zona: 0+500  
 Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso Profundidad de la Muestra: 0.15-1.50  
 Hecho Por: Bachiller Vanessa Reategui Lopez-Apoyo Tec. Robert Navarro Mori Calicata: C-02 EII Fecha: 15/07/2004

**Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs		<b>NT</b>	
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
NUMERO DE GOLPES			



Indice de Flujo Fi	NT
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	NT
Límite Plástico (%)	NP
Indice de Plasticidad Ip (%)	NP
Clasificación SUCS	SM
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)
Indice de consistencia Ic	NP

**Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs		<b>NP</b>	
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
% PROMEDIO			

LÍMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	<b>ND</b>
Peso del agua Gr.	
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



Proyecto: Diseño Estructural del canal principal y toma laterales de la Irrigación del Avisado - La conquista  
 Localización del Proyecto: Departamento San Martín, Provincia Rioja, Distrito Yurayacu. Zona: 1+000  
 Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso Profundidad de la Muestra: 0.15-1.50 Calicata: C-03 EII  
 Hecho Por: Bachiller Vanessa Reategui Lopez-Apoyo Tec. Robert Navarro Mori Fecha: 15/07/2004

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

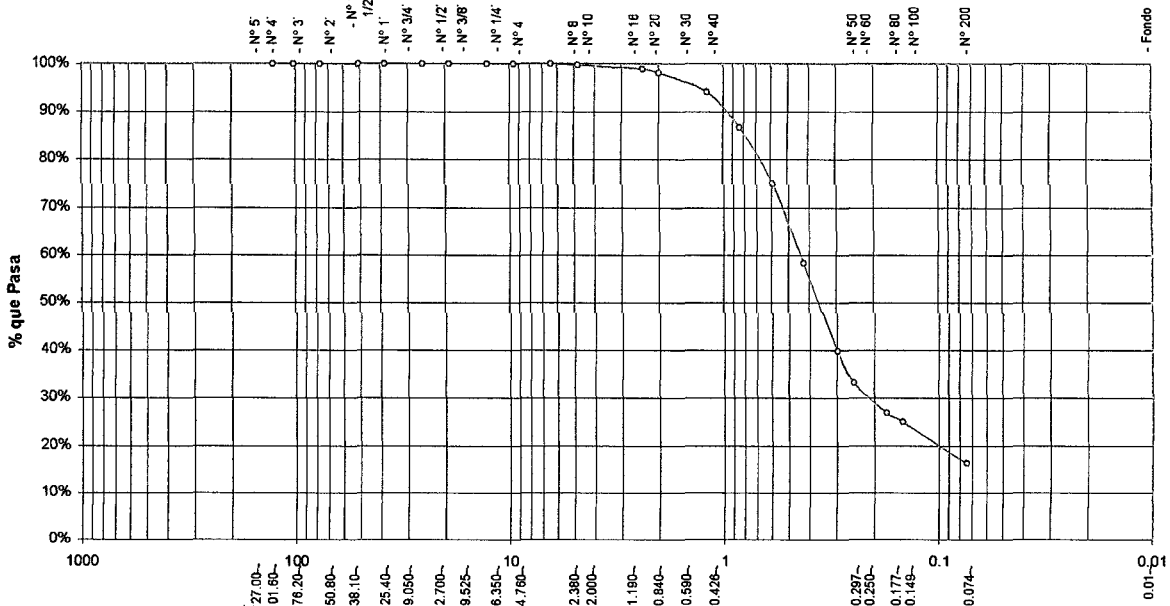
Tamices		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:	
Ø	(mm)						Modulo de Fineza AF:	
5"	127.00						Modulo de Fineza AG:	
4"	101.60						Equivalente de Arena:	
3"	76.20						<b>Descripción Muestra:</b>	
2"	50.80						Grupo suelos partículas gruesas	
1 1/2"	38.10						Sub-Grupo: Arenas	
1"	25.40						S.M A-2-4(0)	
3/4"	19.050						Arenas limosas con matriz de arena color beige con clasificación 5/1	
1/2"	12.700						SUCS =	
3/8"	9.525						SM	
1/4"	6.350						AASHTO =	
Nº 4	4.760	0.83	0.28%	0.28%	99.72%		A-2-4(0)	
Nº 8	2.380	2.35	0.78%	1.06%	98.94%		LL =	NT =
Nº 10	2.000	2.62	0.87%	1.93%	98.07%		LP =	NP =
Nº 16	1.180	12.01	4.00%	5.94%	94.06%		IP =	NP =
Nº 20	0.840	22.13	7.38%	13.31%	86.69%		IG =	0 =
Nº 30	0.590	35.35	11.78%	25.10%	74.90%			
Nº 40	0.426	50.09	16.70%	41.79%	58.21%		D 90=	WT =
Nº 50	0.297	55.47	18.49%	60.28%	39.72%		D 60=	WT+SAL =
Nº 60	0.250	19.49	6.50%	66.78%	33.22%		D 30=	WSAL =
Nº 80	0.177	19.20	6.40%	73.18%	26.82%		D 10=	WT+SDL =
Nº 100	0.149	5.84	1.95%	75.13%	24.87%			WSDL =
Nº 200	0.074	25.91	8.64%	83.76%	16.24%			%ARC. =
Fondo	0.01	48.71	16.24%	100.00%	0.00%			%ERR. =
TOTAL		300.00				A B		Cc =
								Cu =

**DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO**  
 El suelo es una arena limosa, mezcla de arena, limo con 16.24 % de finos, color beige con una resistencia al corte regular, de compacidad baja, finos sin plasticidad, con un % de arena de 83.49%.

**% de Humedad Natural de la muestra ensayada**

Número de tarro =	45	Peso del agua =	54
Peso del tarro =	54	Peso suelo húmedo =	558
Peso del tarro + Mn =	612	Peso suelo seco =	504
Peso del tarro + Ms =	558	% Humedad Muestra =	10.71

**Curva Granulometrica**



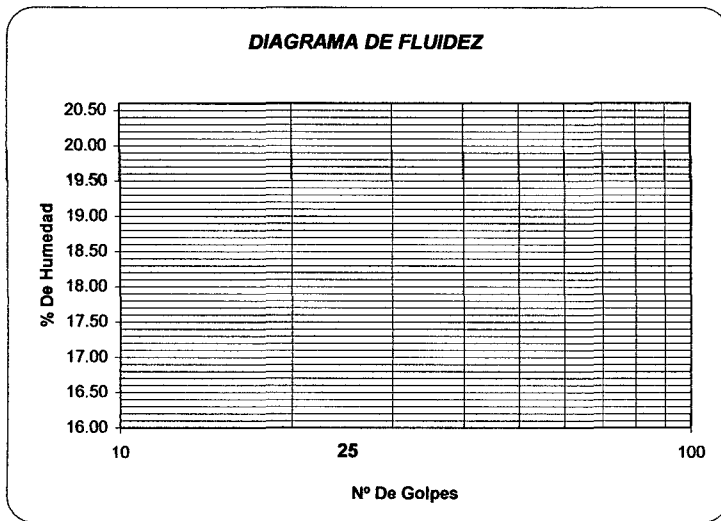


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162  
 MORALES - PERU

Proyecto: Diseño Estructural del canal principal y toma laterales de la Irrigación del Avisado - La Conquista  
 Localización del Proyecto: Departamento San Martín, Provincia Rioja, Distrito Yuracyacu. Zona: 1+000  
 Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso Profundidad de la Muestra: 0.15-1.50  
 Hecho Por: Bachiller Vanessa Reategui Lopez-Apoyo Tec. Robert Navarro Mori Calicata: C-03 EII Fecha: 15/07/2004

**Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs		<b>NT</b>	
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
NUMERO DE GOLPES			



Indice de Flujo Fi	NT
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	NT
Límite Plástico (%)	NP
Indice de Plasticidad Ip (%)	NP
Clasificación SUCS	SM
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)
Indice de consistencia Ic	NP

**Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs		<b>NP</b>	
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
% PROMEDIO			

LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	<b>ND</b>
Peso del agua Gr.	
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



Proyecto: Diseño Estructural del canal principal y toma laterales de la irrigación del Avisado - La conquista  
 Localización del Proyecto: Departamento San Martín, Provincia Rioja, Distrito Yurayacu. Zona: 1+500  
 Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso Profundidad de la Muestra: 0.15-1.50 Calicata: C-04 EII  
 Hecho Por: Bachiller Vanessa Reategui Lopez-Apoyo Tec. Robert Navarro Mori Fecha: 15/07/2009

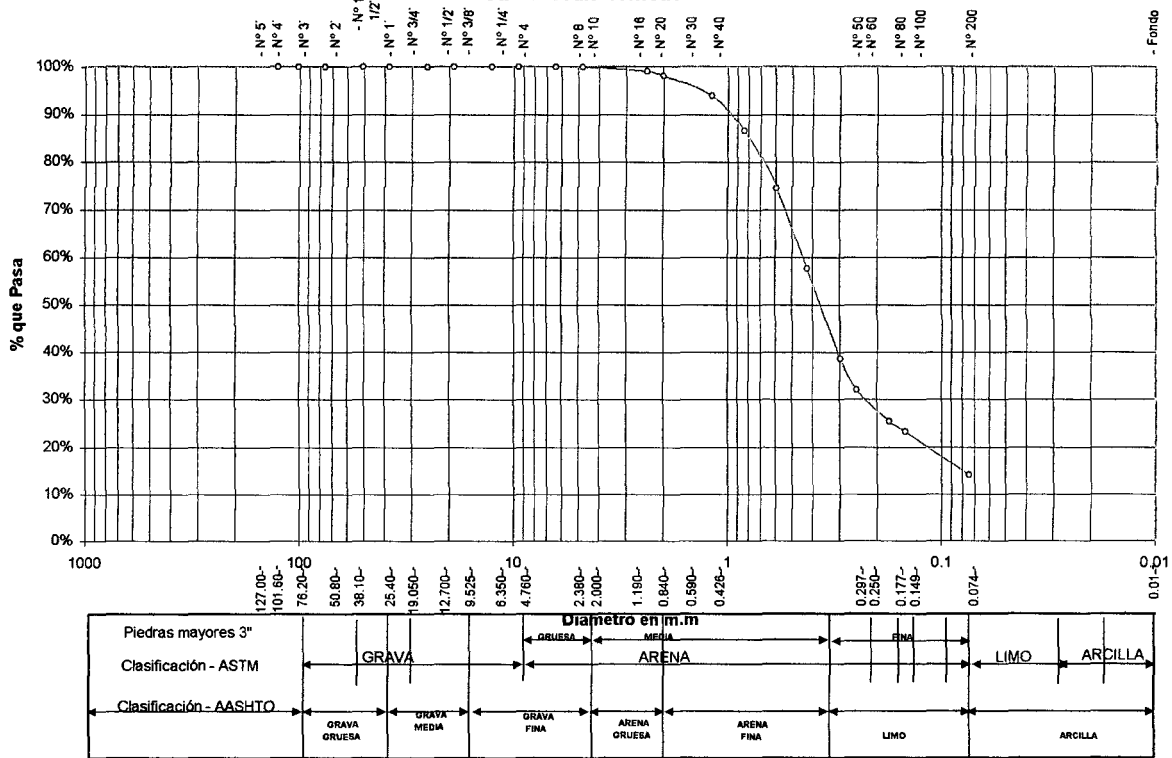
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422**

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
5" (127.00)						Modulo de Fineza AF:
4" (101.60)						Modulo de Fineza AG:
3" (76.20)						Equivalente de Arena:
2" (50.80)						Descripción Muestra:
1 1/2" (38.10)						Grupo suelos particulas gruesas
1" (25.40)						Sub-Grupo : Arenas
3/4" (19.050)						Arena limosa con matriz de arena color blanco con clasificación 2/1
1/2" (12.700)						SM A-2-4(0)
3/8" (9.525)						SUCS =
1/4" (6.350)						SM
N° 4 (4.760)				100.00%		AASHTO =
N° 8 (2.380)	2.96	1.00%	1.00%	99.00%		A-2-4(0)
N° 10 (2.000)	2.71	0.92%	1.92%	98.08%		LL =
N° 16 (1.190)	12.09	4.08%	6.00%	94.00%		LP =
N° 20 (0.840)	22.02	7.44%	13.44%	86.56%		IP =
N° 30 (0.590)	36.02	12.17%	25.61%	74.39%		IG =
N° 40 (0.426)	49.89	16.85%	42.46%	57.54%		D 90=
N° 50 (0.297)	56.10	18.95%	61.42%	38.58%		D 60=
N° 60 (0.250)	19.76	6.68%	68.09%	31.91%		D 30=
N° 80 (0.177)	19.32	6.53%	74.62%	25.38%		D 10=
N° 100 (0.149)	6.60	2.23%	76.85%	23.15%		
N° 200 (0.074)	27.00	9.12%	85.97%	14.03%		
Fondo (0.01)	41.53	14.03%	100.00%	0.00%		
<b>TOTAL</b>	<b>296.00</b>				A B	

DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO			
El suelo es una arena limosa, mezcla de arena, limo con 14.03 % de finos, color blanco con una resistencia al corte regular, de compacidad baja, finos sin plasticidad, con un % de arena de 85.97%.			
% de Humedad Natural de la muestra ensayada			
Número de tarro =	45	Peso del agua =	89
Peso del tarro =	54	Peso suelo húmedo =	589
Peso del tarro + Mh =	643	Peso suelo seco =	500
Peso del tarro + Ms =	554	% Humedad Muestr =	17.80

**Curva Granulométrica**







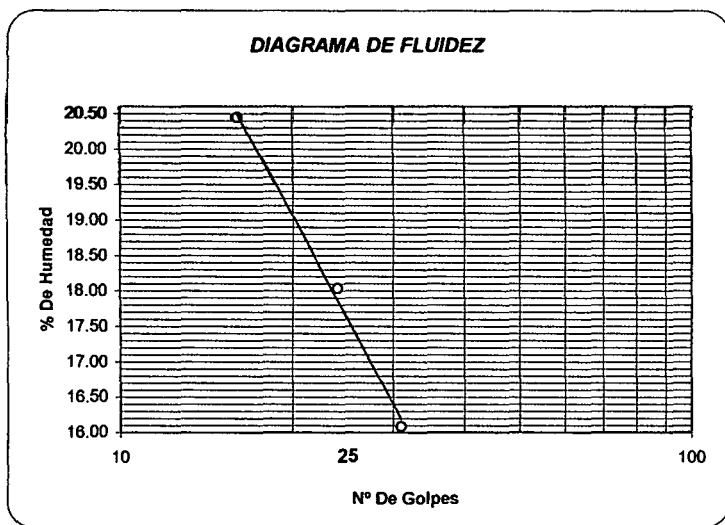
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162**  
**MORALES - PERU**

Proyecto: Diseño Estructural del canal principal y toma laterales de la Irrigación del Avisado - La conquista

Localización del Proyecto: Departamento San Martín, Provincia Rioja, Distrito Yuracyacu. Zona: 1+500  
 Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso Profundidad de la Muestra: 0.15-1.50  
 Hecho Por: Bachiller Vanessa Reategui Lopez-Apoyo Tec. Robert Navarro Mori Calicata: C-04 EII Fecha: 11/5/07/2004

**Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs		<b>NT</b>	
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
NUMERO DE GOLPES			



Índice de Flujo Fi	NT
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	NT
Límite Plástico (%)	NP
Índice de Plasticidad Ip (%)	NP
Clasificación SUCS	SM
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)
Índice de consistencia Ic	NP

**Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs		<b>NP</b>	
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
% PROMEDIO			

**LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427**

Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	<b>ND</b>
Peso del agua Gr.	
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162  
MORALES - PERU

Proyecto: Diseño Estructural del canal principal y toma laterales de la Irrigación del Avisado - La conquista

Localización del Proyecto: Departamento San Martín, Provincia Rioja, Distrito Yuracayacu.

Zona: 2+000

Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso Profundidad de la Muestra:

0.15-1.50

Calicata:

C-05 EII

Hecho Por: Bachiller Vanessa Reategui Lopez-Apoyo Tec. Robert Navarro Mori

Fecha:

15/07/2004

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422

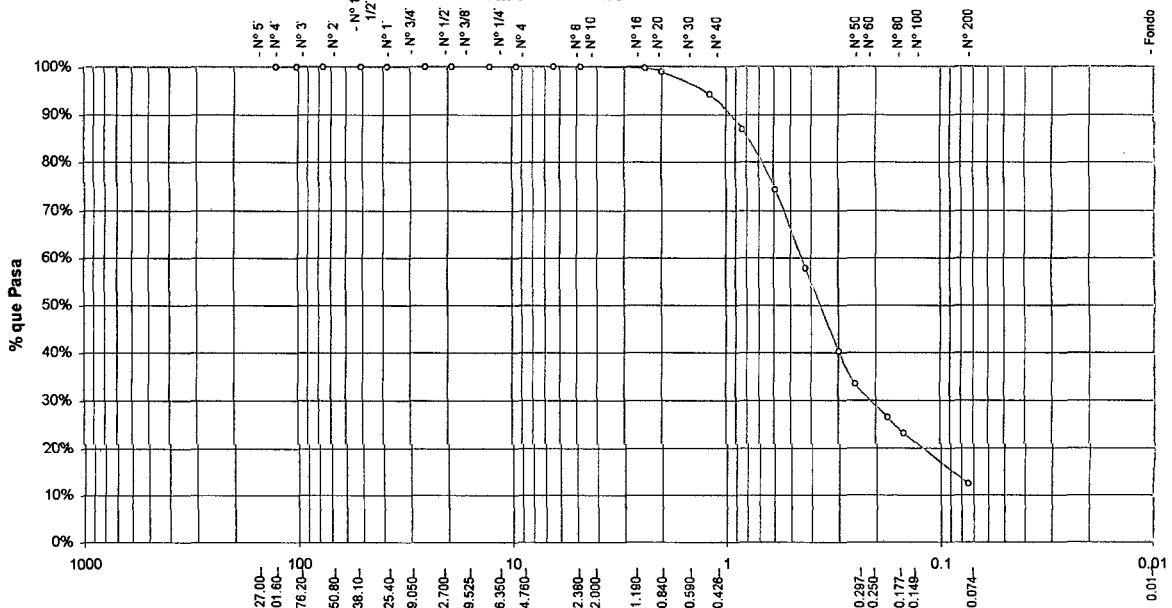
Tamices		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:	
Ø	(mm)							
5"	127.00						Modulo de Fineza AF:	
4"	101.60						Modulo de Fineza AG:	
3"	76.20						Equivalente de Arena:	
2"	50.80						Descripción Muestra:	
1 1/2"	38.10						Grupo suelos partículas gruesas	Sub-Grupo: Arenas
1"	25.40						Arenas limosa con matriz de arena color amarillo con clasificación 5/3	
3/4"	19.050						SUCS =	SM
1/2"	12.700						AASHTO =	A-2-4(0)
3/8"	9.525						LL =	NT
1/4"	6.350						LP =	NP
N° 4	4.760				100.00%		IP =	NP
N° 8	2.380	0.87	0.29%	0.29%	99.71%		IG =	0
N° 10	2.000	2.34	0.78%	1.07%	98.93%		D 90 =	WT
N° 16	1.190	14.34	4.78%	5.85%	94.15%		D 60 =	WT+SAL
N° 20	0.840	21.99	7.33%	13.18%	86.82%		D 30 =	WSAL
N° 30	0.590	37.67	12.56%	25.74%	74.26%		D 10 =	WT+SDL
N° 40	0.426	49.90	16.63%	42.37%	57.63%			WSDL
N° 50	0.297	52.34	17.45%	59.82%	40.18%			%ARC.
N° 60	0.250	20.32	6.77%	66.59%	33.41%			%ERR.
N° 80	0.177	21.09	7.03%	73.62%	26.38%			Cc
N° 100	0.149	9.89	3.30%	76.92%	23.08%			Cu
N° 200	0.074	32.45	10.82%	87.73%	12.27%			
Fondo	0.01	36.80	12.27%	100.00%	0.00%			
<b>TOTAL</b>		<b>300.00</b>				<b>A B</b>		

**DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO**  
El suelo es una arena limosa, mezcla de arena, limo con 12.27 % de finos, color amarillado con una resistencia al corte regular, de compacidad baja, finos sin plasticidad, con un % de arena de 87.73%.

**% de Humedad Natural de la muestra ensayada**

Número de tarro =	45	Peso del agua =	40
Peso del tarro =	54	Peso suelo húmedo =	509
Peso del tarro + Mh =	563	Peso suelo seco =	469
Peso del tarro + Ms =	523	% Humedad Muestra =	8.53

### Curva Granulometrica



		Diámetro en m.m																						
Piedras mayores 3"		127.00	101.60	76.20	50.80	38.10	25.40	19.050	12.700	9.525	6.350	4.760	2.380	2.000	1.190	0.840	0.590	0.426	0.297	0.250	0.177	0.149	0.074	0.01
Clasificación - ASTM		GRAVA			ARENA		LIMO		ARCILLA															
Clasificación - AASHTO		GRAVA GRUESA	GRAVA MEDIA	GRAVA FINA	ARENA GRUESA	ARENA FINA	LIMO	ARCILLA																

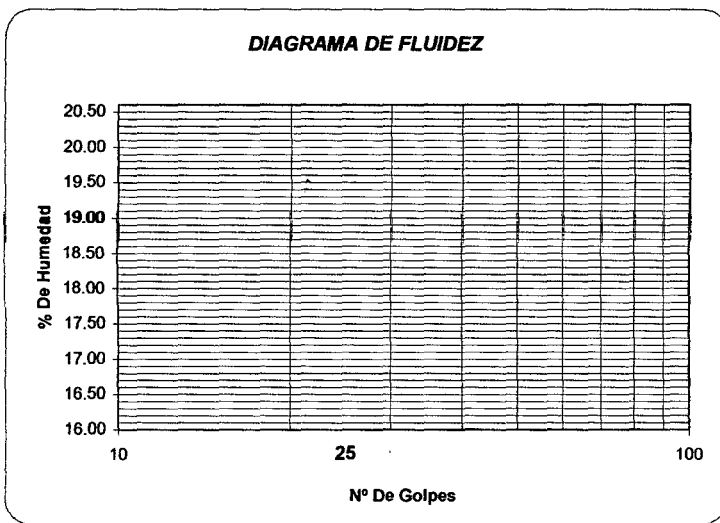


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162**  
**MORALES - PERU**

Proyecto: Diseño Estructural del canal principal y toma laterales de la Irrigación del Avisado - La conquista  
 Localización del Proyecto: Departamento San Martín, Provincia Rioja, Distrito Yuracyacu. Zona: 2+000  
 Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso Profundidad de la Muestra: (0.15-1.50  
 Hecho Por: Bachiller Vanessa Reategui Lopez-Apoyo Tec. Robert Navarro Mori Calicata: C-05 EII Fecha: 11/5/07/2004

**Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs		<b>NT</b>	
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
NUMERO DE GOLPES			



Índice de Flujo Fi	NT
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	NT
Límite Plástico (%)	NP
Índice de Plasticidad Ip (%)	NP
Clasificación SUCS	SM
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)
Índice de consistencia Ic	NP

**Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs		<b>NP</b>	
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
% PROMEDIO			

LÍMITE DE CONTRACCIÓN ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	<b>ND</b>
Peso del agua Gr.	
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-8627162  
 MORALES - PERU

Proyecto: Diseño Estructural del canal principal y toma laterales de la Irrigación del Avisado - La conquista  
 Localización del Proyecto: Departamento San Martín, Provincia Rioja, Distrito Yuracayacu Zona: 2+500  
 Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso Profundidad de la Muestra: 0.15-1.50 Calicata: C-06 EII  
 Hecho Por: Bachiller Vanessa Reategui Lopez-Apoyo Tec. Robert Navarro Mori Fecha: 15/07/2004

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

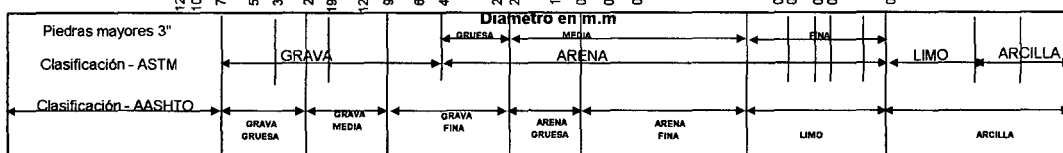
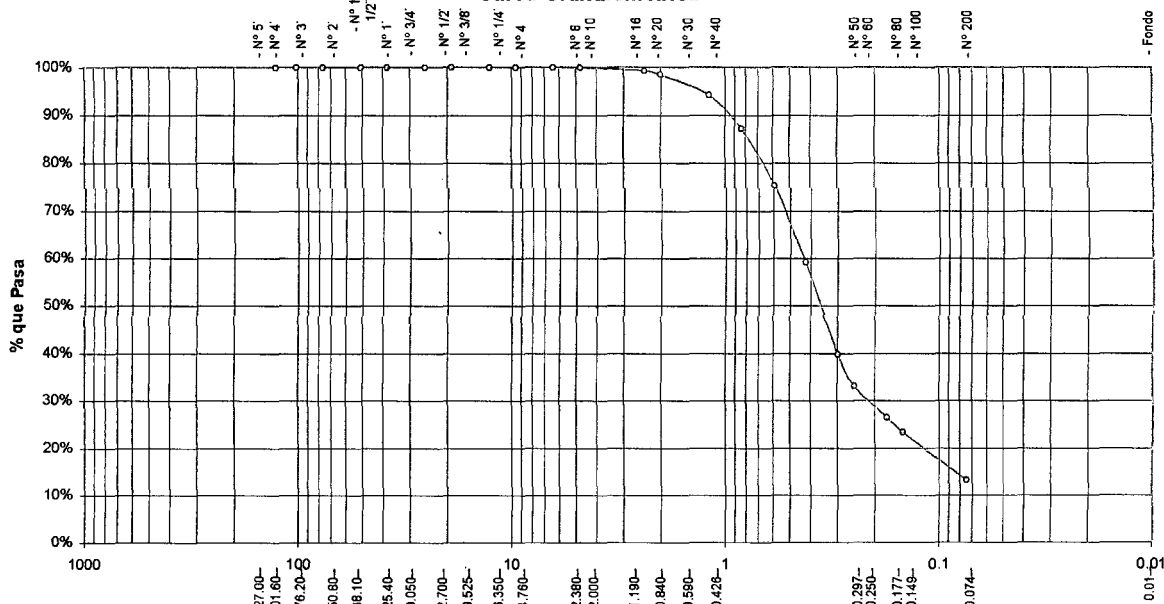
Tamices		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:			
Ø	(mm)						Modulo de Fineza AF:	Modulo de Fineza AG:	Equivalente de Arena:	Descripción Muestra:
5"	127.00						Sub-Grupo : Arenas :SM A-2-4(0)			
4"	101.60						Arenas limosa con matriz de arena color amarillo con clasificación 73			
3"	76.20						SUCS = SM AASHTO = A-2-4(0)			
2"	50.80						LL =	NT =	WT =	54.00
1 1/2"	38.10						LP =	NP =	WT+SAL =	354.00
1"	25.40						IP =	NP =	WSAL =	300.00
3/4"	19.050						IG =	0 =	WT+SDL =	314.92
1/2"	12.700						D 90=		WSDL =	260.92
3/8"	9.525						D 60=		%ARC. =	13.03
1/4"	6.350						D 30=		%ERR. =	0.00
Nº 4	4.760				100.00%		D 10=		Cc =	
Nº 8	2.380	2.10	0.70%	0.70%	99.30%				Cu =	
Nº 10	2.000	2.54	0.85%	1.55%	98.45%					
Nº 16	1.190	12.67	4.22%	5.77%	94.23%					
Nº 20	0.840	20.90	6.97%	12.74%	87.26%					
Nº 30	0.590	36.00	12.00%	24.74%	75.26%					
Nº 40	0.426	48.90	16.30%	41.04%	58.96%					
Nº 50	0.297	57.68	19.23%	60.26%	39.74%					
Nº 60	0.250	20.09	6.70%	66.96%	33.04%					
Nº 80	0.177	20.06	6.69%	73.65%	26.35%					
Nº 100	0.149	9.08	3.03%	76.67%	23.33%					
Nº 200	0.074	30.90	10.30%	86.97%	13.03%					
Fondo	0.01	39.08	13.03%	100.00%	0.00%					
<b>TOTAL</b>		<b>300.00</b>				<b>A B</b>				

**DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO**  
 El suelo es una arena limosa, mezcla de arena, limo con 13.03 % de finos, color amarillito con una resistencia al corte regular, de compactad baja, finos sin plasticidad, con un % de arena de 86.97%.

**% de Humedad Natural de la muestra ensayada**

Número de tarro =	45	Peso del agua =	34
Peso del tarro =	54	Peso suelo húmedo =	492
Peso del tarro + Mh =	546	Peso suelo seco =	458
Peso del tarro + Ms =	512	% Humedad Muestr =	7.42

**Curva Granulométrica**





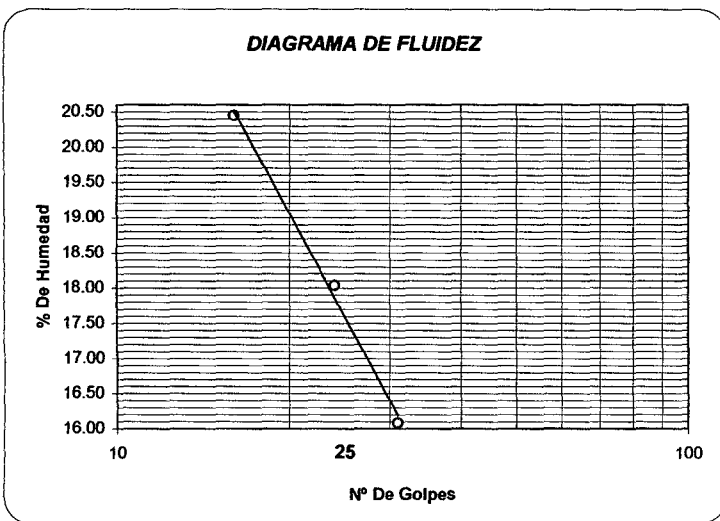
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162**  
**MORALES - PERU**

**Proyecto:** Diseño Estructural del canal principal y toma laterales de la Irrigación del Avisado - La conquista

Localización del Proyecto: Departamento San Martín, Provincia Rioja, Distrito Yuracayacu. Zona: 2+500  
 Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso Profundidad de la Muestra: 0.15-1.50  
 Hecho Por: Bachiller Vanessa Reategui Lopez-Apoyo Tec. Robert Navarro Mori Calicata: C-06 EII Fecha: 11.5/07/2004

**Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs		<b>NT</b>	
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
NUMERO DE GOLPES			



Indice de Flujo Fi	NT
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	NT
Límite Plástico (%)	NP
Indice de Plasticidad Ip (%)	NP
Clasificación SUCS	SM
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)
Indice de consistencia Ic	NP

**Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs		<b>NP</b>	
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
% PROMEDIO			

LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	<b>ND</b>
Peso del agua Gr.	
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



Proyecto: Diseño Estructural del canal principal y toma laterales de la Irrigación del Avisado - La conquista  
 Localización del Proyecto: Departamento San Martín, Provincia Rioja, Distrito Yuracacu. Kilometraje: 3+000  
 Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso Profundidad de la Muestra: 0.15-1.50 Calicata: C-07 EII  
 Hecho Por: Bachiller Vanessa Reategui Lopez-Apoyo Tec. Robert Navarro Mori Fecha: 15/07/2004

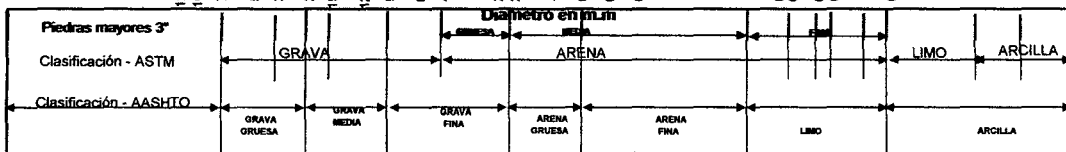
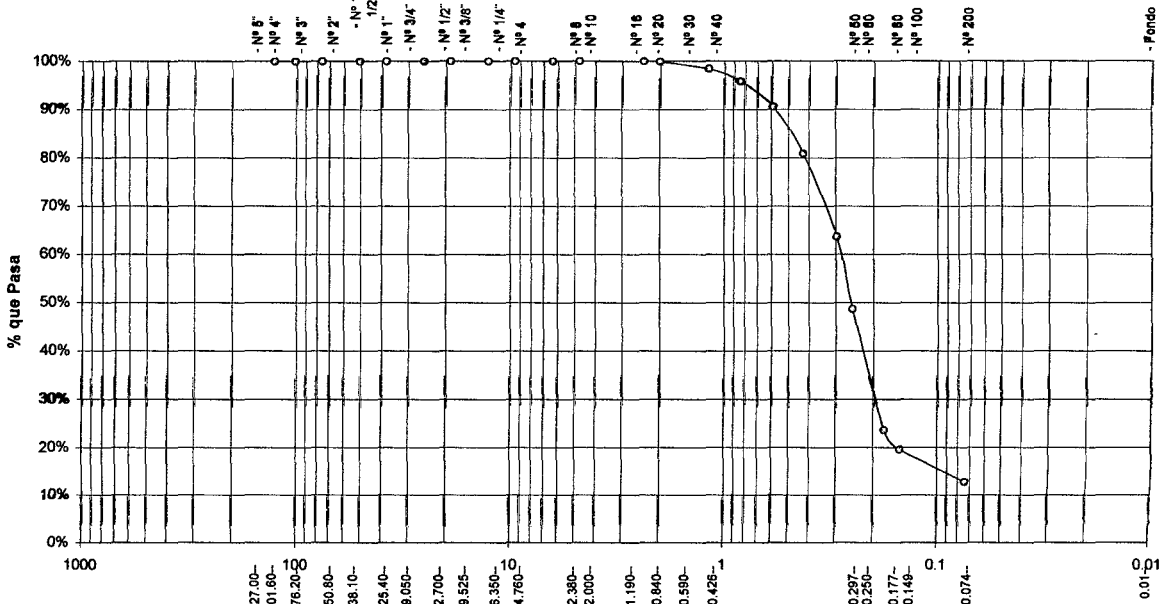
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422**

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones
Ø	(mm)				
5"	127.00				
4"	101.60				
3"	76.20				
2"	50.80				
1 1/2"	38.10				
1"	25.40				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
Nº 4	4.760			100.00%	
Nº 8	2.380	0.22	0.07%	99.93%	
Nº 10	2.000	0.27	0.09%	99.84%	
Nº 16	1.190	4.29	1.43%	98.41%	
Nº 20	0.840	7.81	2.60%	95.80%	
Nº 30	0.590	15.85	5.28%	90.52%	
Nº 40	0.426	28.96	9.65%	80.87%	
Nº 50	0.297	51.56	17.19%	63.68%	
Nº 60	0.250	44.95	14.98%	51.30%	
Nº 80	0.177	75.38	25.13%	23.57%	
Nº 100	0.149	12.02	4.01%	19.56%	
Nº 200	0.074	20.46	6.82%	12.74%	
Fondo	0.01	38.23	12.74%	0.00%	
TOTAL		300.00			A B

Tamaño Máximo:			
Modulo de Fineza AF:			
Modulo de Fineza AG:			
Equivalente de Arena:			
Descripción Muestra:			
Grupo suelos particulas gruesas		Sub-Grupo : Arenas	SM
Arenas limosa con matriz de arena color beige con clasificación 5/1			
SUICS =	SM	AASHTO =	A-2-4(5)
LL =	NT	WT =	54.00
LP =	NP	WT+SAL =	354.00
IP =	NP	WSAL =	300.00
IG =	0	WT+SDL =	315.77
		WSDL =	261.77
D 90=		%ARC. =	12.74
D 60=		%ERR. =	0.00
D 30=		Cc =	
D 10=		Cu =	
DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO			
El suelo es una arena limosa, mezcla de arena, limo con 12.77 % de finos, color beige con una resistencia al corte regular, de compacidad baja, finos sin plasticidad, con un % de arena de 87.23%.			
% de Humedad Natural de la muestra ensayada			
Número de tarro =	9	Peso del agua =	42
Peso del tarro =	54	Peso suelo húmedo =	502
Peso del tarro + Mh =	556	Peso suelo seco =	460
Peso del tarro + Ms =	514	% Humedad Muestra =	9.13

**Curva Granulométrica**



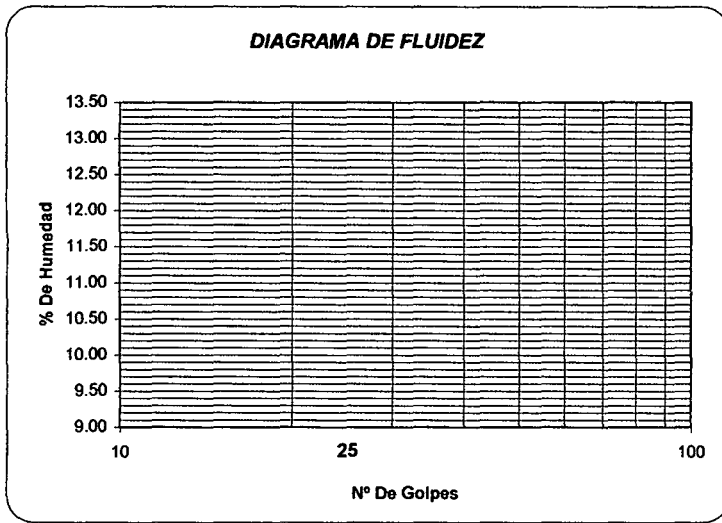


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162**  
**MORALES - PERU**

Proyecto: Diseño Estructural del canal principal y toma laterales de la Irrigación del Avisado - La conquista  
 Localización del Proyecto: Departamento San Martín, Provincia Rioja, Distrito Yuracyacu. Kilometraje: 3+000  
 Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso Profundidad de la Muestra: 01:15-1:50  
 Hecho Por: Bachiller Vanessa Reategui Lopez-Apoyo Tec. Robert Navarro Mori Calicata: C-07 EII Fecha: 15/07/2004

**Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs		<b>NT</b>	
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
NUMERO DE GOLPES			



Indice de Flujo Fi	NT
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	NT
Límite Plástico (%)	NP
Indice de Plasticidad Ip (%)	NP
Clasificación SUCS	SM
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)
Indice de consistencia Ic	NP

**Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs		<b>NP</b>	
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
% PROMEDIO			

**LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427**

Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	<b>ND</b>
Peso del agua Gr.	
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

TELEFAX 521402 - CIUDAD UNIVERSITARIA

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO RESIDUAL

ASTM D3080

<b>INFORME :</b>	LMS CERT UNSM 129-2007	<b>DESCRIPCION DEL SUELO:</b>	ARENOSO
<b>PROYECTO :</b>	Diseño Hid. Y Est. De la Irrig. El Avisado v. la Conquista	<b>ESTADO DEL SUELO:</b>	INALTERADO
<b>SOLICITANTE :</b>	Bach. Vanessa Reategui Lopez	<b>CERTIFICADO</b>	UNSM CORTE 089
<b>UBICACIÓN :</b>	SAN MARTIN	<b>DISPOSITIVO UTILIZADO :</b>	AUTOMATICO
<b>FECHA :</b>	Jul-04	<b>HORA DE ENSAYO</b>	07:00 a.m.

Sondaje : C - 1

Profundidad : 0.15-1.50 M.

Velocidad : 0.5 mm/min

Muestra : M-II

Estado : INALTERADO

Clasificación SUCS: SM

### ESPECIMEN 1

Altura: 20.00 mm  
 Lado : 60.00 mm  
 D. Seca: 1.46 gr/cm<sup>3</sup>  
 Humedad: 15.60 %  
 Esf. Normal : 0.56 kg/cm<sup>2</sup>  
 Esf. Corte: 0.37 kg/cm<sup>2</sup>

### ESPECIMEN 2

Altura: 20.00 mm  
 Lado : 60.00 mm  
 D. Seca: 1.46 gr/cm<sup>3</sup>  
 Humedad: 15.59 %  
 Esf. Normal : 1.11 kg/cm<sup>2</sup>  
 Esf. Corte: 0.72 kg/cm<sup>2</sup>

### ESPECIMEN 3

Altura: 20.00 mm  
 Lado : 60.00 mm  
 D. Seca: 1.46 gr/cm<sup>3</sup>  
 Humedad: 15.58 %  
 Esf. Normal : 1.67 kg/cm<sup>2</sup>  
 Esf. Corte: 1.08 kg/cm<sup>2</sup>

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado ( $\tau/\sigma$ )
0.00	0.00	0.00
0.03	0.08	0.14
0.06	0.11	0.19
0.12	0.13	0.24
0.18	0.15	0.27
0.30	0.18	0.31
0.45	0.19	0.34
0.60	0.21	0.38
0.75	0.23	0.41
0.90	0.25	0.44
1.05	0.26	0.45
1.20	0.27	0.47
1.50	0.27	0.47
1.80	0.28	0.48
2.10	0.29	0.50
2.40	0.30	0.51
2.70	0.31	0.53
3.00	0.32	0.55
3.60	0.33	0.56
4.20	0.34	0.58
4.80	0.36	0.59
5.40	0.36	0.59
6.00	0.37	0.59

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado ( $\tau/\sigma$ )
0.00	0.00	0.00
0.03	0.13	0.12
0.06	0.17	0.16
0.12	0.22	0.20
0.18	0.26	0.23
0.30	0.32	0.28
0.45	0.36	0.32
0.60	0.39	0.35
0.75	0.43	0.38
0.90	0.46	0.41
1.05	0.48	0.43
1.20	0.51	0.45
1.50	0.53	0.46
1.80	0.56	0.49
2.10	0.58	0.50
2.40	0.60	0.52
2.70	0.63	0.54
3.00	0.65	0.56
3.60	0.67	0.57
4.20	0.69	0.58
4.80	0.71	0.59
5.40	0.71	0.59
6.00	0.72	0.59

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado ( $\tau/\sigma$ )
0.00	0.00	0.00
0.03	0.18	0.11
0.06	0.24	0.15
0.12	0.30	0.18
0.18	0.36	0.22
0.30	0.46	0.27
0.45	0.52	0.31
0.60	0.57	0.34
0.75	0.63	0.37
0.90	0.67	0.40
1.05	0.71	0.42
1.20	0.75	0.44
1.50	0.79	0.46
1.80	0.83	0.49
2.10	0.87	0.50
2.40	0.91	0.52
2.70	0.96	0.55
3.00	0.99	0.56
3.60	1.02	0.57
4.20	1.04	0.58
4.80	1.06	0.58
5.40	1.07	0.58
6.00	1.08	0.58

### OBSERVACIONES:

La muestra ha sido extraida de acuerdo a normas vigentes y establecidas en nuestro país, homologadas con normas internacionales



