

ARCHIVO

DE LA

ESCUELA DE INGENIEROS

CORRESPONDIENTE AL No. 257

XXXIV AÑO ESCOLAR



CONTIENE:

Cursos seguidos en la Escuela por el alumno
Don Carlos Barrera y Bustamante, para
optar el título de Ingeniero de Const. Civiles.

AÑO 1911

PROYECTO DE IRRIGACIÓN

PROYECTO FINAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO

DE CONSTRUCCIONES CIVILES

PRESENTA EL ALUMNO

C. BARREDA Y BUSTAMANTE



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'C. Barreda y Bustamante', written over the right side of the stamp.

PROYECTO FINAL QUE PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO PRESENTA EL
ALUMNO DE TERCER AÑO DE CONSTRUCCIONES CIVILES C.BARREDA Y BUSTAMANTE

PROYECTO DE IRRIGACIÓN

Se trata de irrigar unos terrenos de una extensión X con aguas de un río de naturaleza semejante á la del Rimac, de los que dos terceras partes mas ó menos estan destinadas al cultivo de la caña y algodón y el resto, de esos terrenos, dedicados al sembrío de pan-llevar, frutas, hortalizas y pastos.

La forma del terreno es aproximadamente cuadrada, y está limitada de un lado por el río y del opuesto por dos cadenas de cerros que dejan intermedio una abra ó valle lateral de 100.00m de ancho que tiene en el centro un río seco por el que bajan periódicamente torrenteras con un alveo de 10.00 m de ancho y 2 de profundidad con fondo de cascajo grueso y morrillos semejantes al del río principal.

La pendiente longitudinal del valle de este río es de $\frac{2}{1000}$; cota del terreno á la cabecera: 150.00 m; la del fondo del río 147.50 m; del nivel mas bajo de estiaje 148.50 m y de máximas crecientes: 149.00m

El terreno en su mayor parte es arcilloso y la roca de los cerros compacta en la primera cadena y pizarra en la segunda.

Hay que calcular las secciones correspondientes del canal y el costo de todas las obras, teniendo en cuenta que debe atravesar por un túnel de 50.00 m de largo y seguir otros 50.00 á media ladera.

Ademas de la memoria y presupuestos respectivos ilustrados con los planos necesarios para llevar á cabo la obra, deben presentarse las secciones para el túnel y ladera, en escala de $\frac{1}{1.00}$; el plano de la situación de la boca-toma del canal ó de alguna otra obra de arte ilustrada con planos de detalle, llevando inscritas sus cotas de altura y las dimensiones constructivas de las obras de detalle.

Se partirá del área X = 2000 hectáreas agregandose á esta extensión 100 hectáreas en cada caso, segun el órden numérico de los candidatos.

DETALLES DEL ENUNCIADO GENERAL

Principiaremos antes de resolver el tema propuesto por completar el enunciado general con algunos detalles concretos concernientes al N° de órden que nos corresponde y que son los siguientes:

| | | | |
|---|---------------------------------------|--|-----------------------|
| 1° Número de hectáreas de terreno á irrigar | | | 3,600 k |
| 2° Ancho del rio | | | 10.00 m |
| 3° Altura de las orillas | | | 2.50 " |
| 4° Gasto del rio en el estiaje | | | 6.000 m ³ |
| 5° Altura del agua " " | | | 1.00 m |
| 6° Velocidad " " " | $V = \frac{Q}{A} = \frac{6}{10} =$ | | 0.60 " |
| 7° Gasto en epoca de abundancia | | | 30.000 m ³ |
| 8° Altura del agua " " | | | 1.50 m |
| 9° Velocidad " " " | $V = \frac{Q}{A} = \frac{30}{1.50} =$ | | 2.00 m x 1'' |

RESOLUCIÓN

Con todos estos datos podemos entrar ahora á la resolución de nuestro proyecto que para mayor facilidad vamos á dividirlo en tres partes esenciales á saber:

i° Cálculo de la cantidad de agua; En esta parte consideraremos todos los cálculos necesarios sobre la cantidad de agua y la toma de la misma.

ii° Consideraciones teoricas sobre los canales de irrigación y cálculos de los mismos

(a) Obras de arte que requiere su ejecución

iii° Presupuesto de la obra

(b) Discusión del proyecto

CAPITULO 1

CALCULO DE LA CANTIDAD DE AGUA

La cantidad de agua necesaria para la irrigación de un terreno depende:

PRIMERO- De la naturaleza del cultivo y de la forma del riego.

SEGUNDO- Del clima y

TERCERO- De la naturaleza de los terrenos que el canal atravieza.

La segunda y tercera condición se determinan midiendo práctica y cuidadosamente tanto la evaporación como la filtración y aumentando á la dotación de agua un tanto por ciento para compensar las pérdidas por ellas producidas.

Respecto á la primera condición que es la fundamental, se determina pidiendo informes á las granjas modelos ó Escuelas de agricultura sobre la cantidad anual de agua que necesita cada cultivo y se saca su término medio.

Monsieur Guillen cree que 0.80 de litro por segundo es el consumo medio de una hectárea de terreno con cultivo mixto.

El profesor Perdoni fija estos limites entre 0.75 y 1.20 de litro y conceptúa que con 0.75 se satisfacen las necesidades en el mayor número de los casos.

Nosotros creemos conveniente adoptar como patron 0.80 de litro por hectárea y por segundo, por tratarse de un canal que conduce una gran dotación de agua y en donde como se sabe, las pérdidas se reducen notablemente.

Para compensar las pérdidas por evaporación y filtración aumentaremos un 10 % al módulo adaptado y tendremos entonces: $0.80 + 0.08 = 0.88$ de litro por segundo y por hectárea.

Ahora bien correspondiéndonos á 3600 hectáreas la extensión que tendremos que irrigar, necesitaremos:

$3,600 \times 0.88 = 3,168$ litros que considerandolos en números redondos serán:

3,200 litros por segundo.

(a) Toma de agua.-

Habiéndose medido el gasto del rio en el estiaje, hemos visto que se puede contar con la cantidad necesaria y por tanto no tiene inconveniente alguno, la instalación de la toma.

Esta toma requiere la construcción de una presa que vamos á calcular en seguida.

Adoptaremos como alturas del agua en el canal 1.30 m y como necesitamos dejar unos 0.30 m de exeso, resulta que tendremos que construir una presa capaz de elevar el agua:

$$1.30\text{m} + 0.30 = 1.60 \text{ m sobre el fondo del rio}$$

Tenemos como datos:

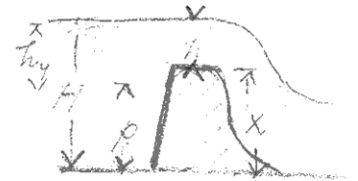
$H = 1.60$ m Altura del agua sobre el fondo

$p = 1.00$ m " antes del remanso

$h_y = H - p = 1.60 \text{ m} - 1.00 \text{ m} = 0.60 \text{ m}$ altura del remanso

$h =$ desconocido altura del agua sobre la presa.

$X =$ " " de la presa



Aplicando entonces la fórmula general al presente caso

tenemos:

$$X = p + h_y - h$$

$$= 1.00 \text{ m} + 0.60 \text{ m} - h = 1.60 \text{ m} - h$$

h es fácilmente calculable pues solo viene á ser la altura del agua en un vertedero de modo que siendo la fórmula general de los vertederos:

$$h = \sqrt[3]{\frac{Q}{1.80 \cdot b^2}} \quad \text{y en la que}$$

$$Q = 6.000 \text{ m}^3 \text{ gasto del rio en estiaje}$$

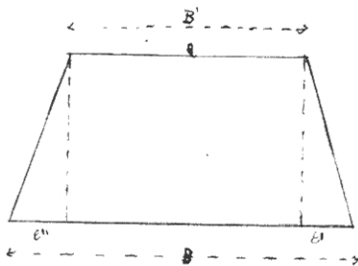
$$b = 10.00 \text{ m largo de la presa}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{6^3}{1.80 \cdot 10^2}} = \sqrt[3]{\frac{36}{3.24}} = \sqrt[3]{\frac{36}{3.24}} = \sqrt[3]{0.11} = 0.48$$

$$\text{Luego } X = 1.60 - 0.48 = 1.12$$

Que será la altura de la presa

Para calcular ahora las demas dimensiones recurriremos á las fórmulas empíricas que nos dá el manual Perdoni. Estas fórmulas son:



$$e = 0.60 H = 0.60 \cdot 1.12 = 0.67$$

$$e' = 0.4 H = 0.4 \cdot 1.12 = 0.45$$

$$e'' = 1.2 H = 1.2 \cdot 1.12 = 1.34$$

$$B = e + e' + e'' = 2.46 \text{ m} = \text{base del maciso}$$

$$B' = e = \text{que es la corona del maciso}$$

Como esta presa debe ser construida íntegramente bajo el agua, el único material que puede emplearse es el cemento; el cemento lo hacemos subir desde la roca misma que se encuentra á 0.50 m del cascajo del fondo.

El volumen de la presa será:

$$V = \frac{2.46 + 0.67}{2} \times 1.12 \times 10 = 154.000 \text{ m}^3$$

$$\text{Cemento } V = 2.46 \cdot 0.50 \cdot 10 = 123.000 \text{ m}^3$$

Reservación? (falta!) Total 277.000 m³

La toma está situada en la orilla izquierda del rio; esta orilla es de roca de modo que no necesita consolidación previa, pero es necesario ver ahora si la altura que tiene es suficiente. Para averiguar esto emplearemos la fórmula anterior ^{hacer "h"} y determinaremos así la altura del agua en abundancia, agregando este valor de h al de X obtendremos la altura total del agua remansada en la época de avenidas que es la

que puede ocasionar inundaciones.

En este caso será $Q = 30.000 \text{ m}^3$

$$h = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot 2.4}} = \sqrt[3]{\frac{30.000^2}{9.81 \cdot 2.4}} = 1.35$$

luego $H' = 1.35 + 1.12 = 2.47$.

Ahora bien, siendo la altura de las orillas de 2.50 m y llegando a 2.47 m la altura de las aguas sobre la presa en la época de avenidas, quedan solamente 0.03 m exeso que resulta excesivamente poco; es necesario por consiguiente, colocar sobre la orilla, una banqueta de unos 0.40 m de altura en una longitud de 30.00 m aguas arriba de la presa.

En cuanto a la orilla derecha se hace indispensable encausar el río, encajonandolo convenientemente pues pudiera ocurrir que desviandose el río erosionase la orilla opuesta dejando la toma en seco. Este muro ó malecon que debe asentarse directamente sobre la roca tendrá las siguientes dimensiones:

Altura 3.00 m

ancho en la corona 0.50 m = B

$S_1 = 0.15 H = 0.15 \times 3 = 0.45 \text{ m}$

$S_2 = 0.80 H = 2.13 - S_1 =$

$S_2 = 0.80 \times 3 - 1.00 \text{ m} - 0.40 = 1.00 \text{ m}$

Tendremos pues entonces

Corona = 0.50 m

Altura = 3.00 m

Base = 1.90 m

Este muro estará constituido por un maciso de concreto y su volumen será:

$$V = \frac{0.50 + 1.90}{2} \times 3 \times 20 = 87.000 \text{ m}^3$$

() CANAL DE TOMA

Este canal estará situado en una excavación practicada en la roca; su cálculo es el siguiente:

Sabiendo que debe tomar 3.200 m^3 tendremos que su gasto Q será:

$$Q = 3.200 \text{ litros}$$

Vamos ahora á fijar la velocidad del agua, teniendo en cuenta la naturaleza del fondo del canal.

Esta velocidad la haremos de $0.80 \text{ m por segundo}$, pudiéndose entonces determinar el área puesto que

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{3.200}{0.80} = 4.00 \text{ m}^2$$

La sección será rectangular y como conocemos la altura que nos hemos dado de 1.30 m podremos facilmente determinar la base que será:

$$b = \frac{A}{a} = \frac{4}{1.30} = \underline{3.00 \text{ m}} \text{ (excesivo ancho)}$$

Busquemos en seguida el perímetro mojado

$$\chi = 2a + b = 2.6 + 3 = 5.60$$

Y el radio medio será entonces:

$$R = \frac{A}{\chi} = \frac{4}{5.60} = 0.71$$

Conociendo el valor del radio medio y sabiendo que el fondo del canal es de roca podemos averiguar el valor del coeficiente por medio de las tablas de Kutter $\varphi = 47$

Luego la fórmula $V = \varphi \sqrt{R I}$ se convertirá haciendo las sustituciones en: $0.80 = 47 \sqrt{0.71 \cdot I}$

$$\text{ó tambien} \quad 0.64 = 2209 \times 0.71 \times I$$

$$\text{y despejando } I \quad I = \frac{0.64}{1568} = 0.0004$$

que será la pendiente del canal

ii Parte

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS CANALES DE DERIVACION

En el trazo del canal que proyectamos, hemos tenido en cuenta las siguientes condiciones:

CURVAS.-Hemos limitado casi al minimum el radio de las curvas y reduciéndolo á 80.00 m por tratarse de un canal cuya base, como hemos visto, es mayor de 2.00 m y todos los autores estan de acuerdo en asignar 70.00 m como radio minimum á las curvas de canales analogos al que estudiamos.

PENDIENTES.-Al asignar las pendientes hemos tenido presente que las velocidades que ellas originan no sean perjudiciales al fondo del canal ni puedan erosionar el material que lo compone.

DESARROLLO.-Con el objeto de evitar en lo posible un desarrollo exajerado del canal, hemos construido los túneles y acueductos necesarios obteniendo al mismo tiempo por este medio una manifiesta economia.

UBICACION.-La ubicación mas apropiada para canal la consideramos desde luego la cabecera del valle y en consecuencia hemos procurado ^{demorar} ~~ocupar~~ con el, la mayor extensión de terreno útil.

DESAGUE.-Hemos aumentado como puede verse, hasta cierto punto, la longitud del canal con el objeto, indispensable desde luego, de procurarle desagüe y evitar por este medio, los enpantanamientos é inundaciones perjudiciales que traen siempre consigo los canales ciegos.

El canal que estudiamos está dividido, por la naturaleza del terreno que atravieza en tres secciones distintas á saber:

La primera en roca y por consiguiente sin talud en sus paredes.

La segunda en roca blanda y con un pequeño talud de 1:¹/₄ !

La tercera en tierra y con un talud de 1:2

PRIMERA SECCION

Esta primera sección solo consta de un tramo que se extiende desde la toma hasta la primera derivación secundaria.

Su cálculo es:

$$\text{Gasto} = Q = 3.200$$

$$\text{Velocidad} = V = 0.80$$

$$\text{Area} = A = \frac{3.200}{0.80} = 4.00 \text{ m}$$

Ahora tenemos que siendo

$$a = 1.30 \text{ (altura del agua)}$$

$$b = 3.00 \text{ (base del canal)}$$

$$X = 3 + 2.6 = 5.60 \text{ (perímetro mojado)}$$

$$R = \frac{A}{X} = \frac{4}{5.60} = 0.71 \text{ (radio medio)}$$

Y según este valor de R, el valor del coeficiente $\mathcal{J} = 47$

Luego la fórmula se convierte en:

$$V = \mathcal{J} \sqrt{R I}$$

$$0.80 = 47 \sqrt{R I}$$

$$0.64 = 2.209 \times 0.71 \cdot I \text{ luego}$$

$$I = \frac{0.64}{1.568} = 0.004$$

Que será la pendiente del canal por metro

SEGUNDA SECCION

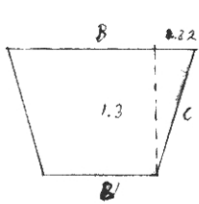
Esta sección, como la primera, consta también de un solo tramo y se encuentra, como hemos dicho, escavada en un suelo de roca blanda en esta sección tenemos que:

$$\text{Gasto} = Q = 2,200$$

$$\text{Velocidad} = V = 0.60$$

$$\text{Area} = A = \frac{2.20}{0.60} = 3.70$$

Como tenemos que darle á este tramo el talud de 1:4 que hemos adoptado, la fórmula que afecte la sección del canal será entonces trapezoidal y tendremos que buscar esos lados por las fórmulas que dan el número mayor y el número menor, conocidas que sean la suma y la diferencia de las dos cantidades :



$$\frac{B+B'}{2} \times 1.30 = 3.70$$

$$B+B' = 5.77$$

$$B - B' = 0.65$$

$$B = \frac{1}{2} 5.77 + \frac{1}{2} 0.65 = 3.20$$

$$B' = \frac{1}{2} 5.77 - \frac{1}{2} 0.65 = 2.56$$

El valor del lado inclinado será pues:

$$C = \sqrt{1.3^2 + 0.32^2} = 1.35$$

El perímetro mojado será:

$$\lambda = 2.56 + 2 \times 1.35 = 5.26$$

Y el radio medio será entonces:

$$R = \frac{3.70}{5.26} = 0.70$$

Cuando $R = 0.70$ el valor de \mathcal{J} que dan las tablas de Kutter es: $\mathcal{J} = 47$ entonces la fórmula:

$$V = \mathcal{J} \sqrt{R I} \text{ se convertirá en}$$

$$0.49 = 2.209 \times 0.70 I \text{ de donde}$$

$$I = \frac{0.49}{1.546} = 0.00031$$

O proxíamente 0.00035 por metro

TERCERA SECCION

Esta parte del canal, como las anteriores, tiene tambien un solo tramo excavado en tierra vegetal. Aqui tenemos que:

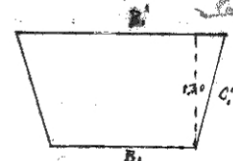
$$\text{Gasto } Q = 1.200$$

$$\text{Velocidad } V = 0.40$$

$$\text{Area } A = \frac{1.200}{0.40} = 3.00 \text{ m}$$

Empleando la fórmula de la suma y la diferencia del caso

anterior tendremos:



de donde

$$B_1 + B' = \frac{6}{1.30} = 4.60$$

$$B_1 - B' = 1.30$$

$$B' = 2.30 + 0.65 = 2.95$$

$$B_1 = 2.30 - 0.65 = 1.65$$

El lado inclinado C' será:

$$C' = \sqrt{0.65^2 + 1.30^2} = 1.45$$

El perímetro mojado tiene por valor $\lambda = 1.65 + 2.95 = 4.50$

y el radio medio $R = \frac{3}{4.5} = 0.66$

Para este valor la tabla de Kutter da $\psi = 32$. Entonces la

fórmula general se convierte en:

$$0.16 = 1024 \cdot 0.66 \cdot I \text{ luego}$$

$$I = \frac{0.16}{6.75} = 0.00024 \text{ proxíamente } 0.00025 \text{ por metro.}$$

Con estas dimensiones serán con las que se haga la prolongación del canal de desagüe.

() OBRAS DE ARTE NECESARIAS PARA EL CANAL

En el primer tramo del canal necesitamos construir una alcantarilla y un túnel; vamos á ocuparnos de la alcantarilla.

Este pequeño acueducto necesita una luz de 8.00 m y una altura de 7.00 m.

Calculemos su perfil con las fórmulas empíricas y en seguida comprobaremos su estabilidad por las fórmulas de Clapeiron.

El espesor en la clave segun Perronet será, siendo la luz = 8.00 m $e = 0.325 + 0.035 \times 8 = \underline{0.60}$

El espesor en las juntas de fractura, segun Croisette Desnoyers siendo e el espesor en la clave

$$e' = 2 e \quad e' = \underline{1.20}$$

El espesor de los estribos será segun Desguilliers

$$X = \sqrt{2 a (0.60 + 0.04 h)}$$

$$2 a = \text{Luz} = 8.00 \text{ m} \quad h = \text{altura} = 2.40 \text{ m}$$

$$X = 28 \times 096 = \underline{2.68}$$

Pasemos ahora á comprobar la estabilidad.

Dividiremos en primer lugar la semi-bóveda por medio de juntas verticales en tres dovelas y determinaremos el centro de gravedad de cada una de ellas.

Determinaremos en seguida el volúmen de cada uno de estos segmentos multiplicando su área por 1.00 m que es el ancho de la bóveda que se toma para el cálculo y pondremos directamente el área en metros cubicos y ese será el volumen buscado.

$$V_1 = A \times 1 = \frac{0.60 + 0.80}{2} \times 1.33 \times 1 \text{ m} = 0.930 \text{ m}^3$$

$$V_2 = A \times 1 = \frac{0.80 + 1.60}{2} \times 1.33 \times 1 \text{ m} = 1.600 \text{ m}^3$$

$$V_3 = A \times 1 = \frac{1.60 + 4.60}{2} \times 1.33 \times 1 \text{ m} = 4.123 \text{ m}^3$$

Para obtener el peso de estos volúmenes no tendremos mas que multiplicar estos resultados por 2.500 que es el peso del metro cúbico de mamposteria y tendremos:

$$P_1 = 2.500 \times 0.930 = 2.325 \text{ k}$$

$$P_2 = 2.500 \times 1.600 = 4.000 \text{ k}$$

$$P_3 = 2.500 \times 4.123 = 10.310 \text{ k}$$

Tendremos que agregar á estos pesos obtenidos el que corresponde al del agua que actúa sobre cada dovela que es:

$$p = 1.33 \times 1.30 \times 1.000 = 1.729$$

Luego pues

$$P'_1 = 4054$$

$$P'_2 = 5729$$

$$P'_3 = 12822$$

Entonces $P = 21822$ que es el peso de la semi-bóveda.

Hagamos ahora lo mismo con el estribo y su sobrecarga considerandolo como una dovela.

El volúmen de esta masa será $18,200 \text{ m}^3$ que multiplicado por 2.500 que es el peso del metro cúbico de mamposteria tendremos 45.500 k á los que tendremos que añadir el peso del agua que es 3,580. El peso total del estribo será entonces:

$$P' = 59.080 \text{ k}$$

Ahora bien, sobre la semi-bóveda actúan dos fuerzas que vamos á determinar.

Una vertical que trata de hacerla caer y otra horizontal que equilibra á la anterior. Para que este equilibrio subsista es necesario que el momento de estas dos fuerzas con respecto al tercio de la junta de factura sean iguales es decir:

$$P X = Q Y \quad Q = \frac{P X}{Y} = \text{peso}$$

$$P = 21.822 \text{ k}$$

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

$$= 2.00 \text{ m luego pues}$$

$$Q = \frac{21.822 \times 1.3}{2} = 14184 \text{ kl}$$

Veamos ahora el modo de aplicar la fórmula para comprobar la estabilidad.

Esta fórmula se puede traducir diciendo: Para que la bóveda esté en equilibrio es necesario que la suma de los momentos de sostenimiento sea igual a la suma de los momentos de derribo.

Estas fuerzas son

P = peso de la semi-bóveda (fuerza de derribo)

P' = peso del estribo (id id id)

Q = empuje de la semi-bóveda (fuerza de sostenimiento)

La condición es pues:

$$Q Y = P X' + P' a'$$

Estos momentos son tomados con respecto a la arista exterior y después de haber trasladado las fuerzas al tercio de la junta de factura.

Para que subsista la estabilidad es necesario que

$$M \cdot Q Y' = P X' + P' a'$$

Siendo M una fracción; en esta fórmula conocemos

$$P = 21.822 \text{ k} \quad X' = 1.40 \text{ m}$$

$$P' = 59.080 \text{ k} \quad a' = 1.30 \text{ m}$$

$$Q = 14.184 \text{ k} \quad Y' = 4.75 \text{ m}$$

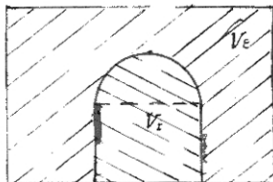
Podemos entonces sustituir estos valores en la fórmula y despejar m y tendremos:

$$m = \frac{21822 \times 1.40 + 59080 \times 1.30}{14184 \times 4.75} = 1.60$$

Este coeficiente, según casi todos los autores varía entre 1.20 y 2.00 luego el que nosotros hemos obtenido se encuentra en un término tal que conviene perfectamente.

Calculemos ahora el volumen de la alcantarilla para después calcular su costo.

Este volumen será igual al de un paralelepípedo rectangular menos el de la parte vacía de la bóveda sumada con el rectángulo interno; tendremos entonces que $V_p = V_E - V_i$



El volumen exterior será

$$V_E = 92.40 \times 4 = \underline{369.600 \text{ m}^3}$$

Ahora bien, el volumen interior se compone de dos partes; la sección rectangular y la sección semicilíndrica

$$V_i = 8 \times 4 \times 2.4 + 4 \times \frac{1}{2} \times 4^2 \times 3.14$$

$$V_i = 76.20 + 99.20 = 176.000 \text{ m}^3$$

Luego el volumen total será

$$V_p = 369.000 - 176.000 = 193.000 \text{ m}^3$$

-TUNEL-

El túnel está construido sobre roca dura no necesitando por consiguiente ningún revestimiento.

La longitud de este túnel es de 80.00 m, midiendo en la base 3.00 m. Los costados están constituidos por paredes verticales de 1.30 m de altura; las paredes se unen por su parte superior por medio de una bóveda de medio punto.

La construcción de este túnel se comenzará por sus dos extremos a la vez por manera que con un avance mínimo de 1.00 m diario estaría terminado en 40 días.

El volúmen necesario á excavar es igual al rectángulo interior mas el volúmen de un semicilindro formado por el cielo de la bóveda.

El rectángulo tiene por volúmen

$$V_p = 3 \times 1.3 \times 80 = 312.000 \text{ m}^3$$

Y el cilindro

$$V_c = \frac{1}{2} 15^2 \times 3.14 \times 80 = 297.600 \text{ m}^3$$

Luego el volúmen total será: 609.600 m³

TERCERA PARTE

CUBICAJE DE TIERRAS

Para llevar á cabo el cubicaje de las tierras á desmontar hemos trazado perfiles transversales en los puntos importantes del terreno.

Estas secciones son(18) diez y ocho de las que tan solo hemos dibujado diez, pues hay algunas semejantes y cuya diferencia es inapreciable.

El primer tramo es el mas accidentado; en este tramo las secciones semejantes son:

La sección (1) = sec (2) = sec (4)

sección (3) = sec (6) = sec (9)

sección (11) = sec (12)

Para hallar ahora el volúmen, empleamos la fórmula prismoidal $V = \frac{n + n'}{2} \times d$ (1) en la que

n es la sección de un extremo

n' " " " del extremo opuesto

d " " distancia entre ambas secciones.

Cada sección la nombraremos con el mismo número que tiene en el perfil.

PRIMER TRAMO.(Corte)

$$\text{sec (1)} = 3 \times 2.3 = 6.60 \text{ m}$$

$$\text{sec (2)} = 3 \times 2.3 = 6.60 \text{ m}$$

aplicando la fórmula (1) para $d = 700.00 \text{ m}$ será

$$V = \frac{6^{\text{m}} + 6^{\text{m}}}{2} \times 700 = \underline{\underline{4.620.000 \text{ m}^3}}$$

TERRAPLEN.No tiene

SEGUNDO TRAMO.(Corte)

$$\text{sec (2)} = 6,60 \text{ m}$$

$$\text{sec (3)} = 0.$$

aplicando la misma fórmula (1) para una distancia $d = 210^{\text{m}}.00$
tendremos:

$$V_c = \frac{6.6 + 0}{2} \times 210 = 3.3 \times 210 = \underline{\underline{693.000 \text{ m}^3}}$$

TERRAPLEN.

$$\text{sec (2)} = 0$$

$$\text{sec (3)} = \frac{0.50 + 0.80}{2} \times 1.50 = 0.97$$

$$2 V_c = 2 \frac{0.97 + 0}{2} \times 210 = \underline{\underline{200.000 \text{ m}^3}}$$

TERCER TRAMO.

$$\text{sec (3)} = 0$$

sec (4) = 6.6 m aplicando nuevamente para $d = 390.000 \text{ m}$

$$V_c = \frac{6.6 + 0}{2} \times 390 = 3.3 \times 390 = 1.287.000 \text{ m}^3$$

TERRAPLEN.

$$\text{sec (3)} = 0.97$$

$$\text{sec (4)} = 0. \quad d = 220.00 \text{ m}$$

$$2 V_c = 2 \frac{0.97}{2} \times 220 = \underline{\underline{202.000 \text{ m}^3}}$$

CUARTO TRAMO.

$$\text{sec (4)} = 6.6 \text{ m}$$

$$\text{sec (5)} = \frac{1}{2} 3 \times 0.5 = 0.8 \text{ y aplicando para una } d = 300.00 \text{ m}$$

$$V_c = \frac{6.6 + 0.8}{2} \times 300 = 3.7 \times 300 = 1100.000 \text{ m}^3$$

TERRAPLEN.

$$\text{sec (4)} = 0$$

$$\text{sec (5)} = \frac{0.50 + 0.70}{2} \times 1.00 = 0.60$$

$$2 V_c = 2 \frac{0.60}{2} \times 300 = 90.000 \text{ m}^3$$

QUINTO TRAMO.

$$\text{sec (5)} = 0.8$$

$$\text{sec (6)} = 3 \times 2.50 = 7.5 \text{ aplicando para } d = 150.00 \text{ m}$$

$$V_c = \frac{0.75 + 0.8}{2} \times 1.50 = 4.15 \times 150 = 625.000 \text{ m}^3$$

TERRAPLEN.

$$\text{sec (5)} = 0.6$$

$$\text{sec (6)} = 0$$

$$2 V_c = 2 \times 0.3 \times 150 = \underline{\underline{90.000 \text{ m}^3}}$$

SEXTO TRAMO.

$$\text{sec (6)} = 7.5$$

$$\text{sec (6')} = 0.8 \text{ aplicando para } d = 120.00 \text{ m}$$

$$V_c = \frac{7.5 + 0.8}{2} \times 120 = 4.15 \times 120 = 498.000 \text{ m}^3$$

TERRAPLEN.

$$\text{sec (6)} = 0$$

$$\text{sec (6')} = 0.6$$

$$2 V_c = 2 \times 0.3 \times 120 = 78.000 \text{ m}^3$$

SEPTIMO TRAMO.

$$\text{sec (6')} = 0.8$$

$$\text{sec (7)} = 7.5 \text{ aplicando para } d = 80.00 \text{ m}$$

$$V_c = \frac{7.5 + 0.8}{2} \times 80 = 4.15 \times 80 = \underline{\underline{332.000 \text{ m}^3}}$$

TERRAPLEN.

No hay en esta sección

OCTAVO TRAMO.

sec (7) = 7.5

sec (8) = 7.5 aplicando para d = 90.00 m

$$V_c = \frac{7.5 + 7.5}{2} \times 90 = 7.5 \times 90 = \underline{\underline{675.000 \text{ m}^3}}$$

TERRAPLEN.

No hay en esta sección

NOVENA(SECCION) TRAMO.

sec (8) = 7.5

sec (9) = 0.8 aplicando la (1) para d = 140.00 m

$$V_c = \frac{7.5 + 0.8}{2} \times 140 = 140 \times 4.15 = \underline{\underline{530.000 \text{ m}^3}}$$

TERRAPLEN.

sec (8) = 0

sec (9) = 0.60

$$2 V_p = 2 \times 0.30 \times 140 = \underline{\underline{84.000 \text{ m}^3}}$$

DECIMO TRAMO.

sec (9) = 0.8

sec(10) = 7.5 aplicando para d = 90.00 m resulta

$$V_c = \frac{0.75 \times 0.8}{2} \times 90 = 4.15 \times 90 = \underline{\underline{373.500 \text{ m}^3}}$$

TERRAPLEN.

sec (9) = 0

sec(10) = 0.60

$$2 V_p = 2 \times 0.30 \times 90 = \underline{\underline{54.000 \text{ m}^3}}$$

UNDECIMO TRAMO.

No hay corte

TERRAPLEN.

sec (10) = 0

sec (11) = $\frac{0.50 + 1.50}{2} \times 2.30$

$$2 V_c = \frac{2 \times 2.30}{2} \times 90.00 \text{ m} = \underline{\underline{207.000 \text{ m}^3}}$$

DUODECIMO TRAMO.

En este tramo está el túnel.

TERRAPLEN.

$$\text{sec (11')} = 0$$

$$\text{sec (12)} = 2.30$$

$$2 V_c = 2.30 \times 1.20 = \underline{\underline{270.000 \text{ m}^3}}$$

DECIMO TERCIO TRAMO.

$$\text{sec (12)} = 0$$

$$\text{sec (13)} = 2.8 \times 3 = 8.4 \text{ y aplicando para } d = 370.00 \text{ m}$$

$$V_c = \frac{0 + 8.4}{2} \times 370 = 4.2 \times 370 = \underline{\underline{1554.000 \text{ m}^3}}$$

TERRAPLEN.

$$\text{sec (12)} = 2.30$$

$$\text{sec (13)} = 0$$

$$2 V_c = 2.30 \times 380 = \underline{\underline{874.000 \text{ m}^3}}$$

DECIMO CUARTO TRAMO.

$$\text{sec (13)} = 8.4$$

$$\text{sec (14)} = \frac{2.50 + 3.70}{2} \times 2.5 = 7.75 \text{ en la que aplican-}$$

do nuevamente la fórmula para $d = 1,130.00 \text{ m}$ tendremos

$$V_c = \frac{7.75 + 8.4}{2} = 8.08 \times 1130 = \underline{\underline{9,130.000 \text{ m}^3}}$$

TERRAPLEN.

En este tramo no hay

DECIMO QUINTO TRAMO.

$$\text{sec (14)} = 7.75$$

$$\text{sec (15)} = \frac{1.6 + 4.00}{2} \times 2.5 = 7.00 \text{ m}$$

aplicando para $d = 1.200$ será

$$V_c = \frac{7 + 7.75}{2} \times 1.200 = 7.38 \times 1.200 = \underline{\underline{9396.000 \text{ m}^3}}$$

No hay terraplen

DECIMO SEXTO TRAMO.

$$\text{sec (15)} = 7$$

$$\text{sec (16)} = \frac{1.6 + 3.5}{2} \times 2.10 = 5.4$$

aplicando para $d = 2.700.00 \text{ m}$

$$V_c = \frac{5.4 + 7}{2} \times 2.700 = 6.2 \times 1.200 = \underline{\underline{17,140.000 \text{ m}^3}}$$

Tampoco hay terraplen

DECIMO SEPTIMO TRAMO.

$$\text{sec (16)} = 5.4$$

$$\text{sec (17)} = \frac{1.6 + 3.8}{2} \times 2.4 = 6.48 \text{ aplicando por última}$$

vez la fórmula (1) para la distancia $d = 4,800.00 \text{ m}$ tendremos

$$V_c = \frac{6.48 + 5.40}{2} \times 4.800 = 5.94 \times 4.800 = \underline{\underline{28512.000 \text{ m}^3}}$$

No nos queda ya sino sacar los totales de los volúmenes que hay que cortar en roca dura, en roca blanda y en tierra así como también el volumen de mampostería. Tendremos pues según esto:

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Volúmen en roca dura | 11,511.000 m ³ |
| Volúmen en roca blanda | 18,526.000 m ³ |
| Volúmen en tierra | 45,652.000 m ³ |
| Volúmen de mampostería | 2,355.000 m ³ |

En cuanto al precio de los distintos trabajos necesarios para la construcción de esta obra, los hemos obtenido de las publicaciones pertinentes del Cuerpo Técnico de Tazaciones.

Tenemos según esto

| | |
|---|----------|
| Precio del metro cúbico de mampostería de cal y piedra | S/ 10.00 |
| Precio del metro cúbico de concreto de cemento arena y piedra | S/12.00 |
| Excavación en roca dura, el metro cúbico | " 2.00 |
| En el túnel | " 3.00 |
| En roca blanda | " 1.20 |
| En tierra blanda | " 0.30 |

Haremos sin embargo presente que estos precios varían mucho según la localidad en que se lleve á cabo la obra y según sea la demanda de braceros de que haya necesidad pues el trabajo, como cualquier otro objeto de comercio está sujeto á lo que llaman los economistas "La balanza del Comercio que oscila entre los términos de la oferta y la demanda."

PRESUPUESTO

| | Precio por unidad | Número de unidades | Valor |
|--|----------------------|---------------------------|--------------|
| <u>EXCAVACIONES</u> | | | |
| En roca dura para el primer tramo S/ | 2.00 | 11,511.000 m ³ | S/23,022.00 |
| En roca blanda segundo tramo | 1.20 | 18,526.000 " | 22,231.00 |
| En roca para el túnel | 3.00 | 610.000 " | 1,830.00 |
| En tierra, tercer tramo | 0.30 | 45,652.000 " | 13,695.00 |
| <i>Extracción</i> Dragado para la presa | 2.00 | 123.000 " | 246.00 |
| <u>OBRAS DE FABRICA</u> | | | |
| Para el canal á media ladera (cal y piedra) | 10.00 | 2,355.000 " | 23,550.00 |
| Para la consolidación de la orillas, cal y piedra | 10.00 | 87.000 " | 870.00 |
| Para la alcantarilla, cal y piedra | 10.00 | 194.000 " | 1,940.00 |
| Para la presa y sus cimientos (concreto) | 12.00 | 277.000 " | 3,324.00 |
| Compuertas de fierro | 200.00 | 3 | 600.00 |
| TOTAL | | | S/ 91,308.00 |

Aumentando á esta cantidad un 10 % por imprevistos, y un 5 % por remuneración técnica tendremos como costo total del proyecto la suma de S/105.000.00 en números redondos.

Lima, Agosto 25 de 1910

Camilo Bustamante