



T
621.99
BALE
C.2

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica



**“Cálculo y Diseño de un Sistema de
Bombeo de una Red de Riego por
Aspersión para el Campus Prosperina
“Gustavo Galindo” Sección Ingenierías”**

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del título de:

INGENIERO MECANPCO

Presentada por :

ROSARIO/BALAREZO MORALES

Guayaquil - Ecuador

-: 1 9 9 7 :-



AGRADECIMIENTO

**A DIOS porque sin El
nada es posible.**

**AI ING.VICTOR HUGO
GONZALEZ y al ING.
MARCELO ESPINOSA
por su ayuda y tiempo
brindado para la
culminación de este
trabajo.**

**A todas las personas que
de una u otra forma ine
has apoyado.**

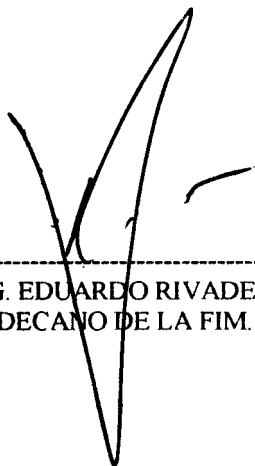
DEDICATORIA

**A MIS PADRES MARCO
ANTONIO BALAREZO E. Y
MARINA MORALES C.,
PORQUE DESPUÉS DE DIOS
GRACIAS A ELLOS HE
LLEGADO DONDE ESTOY.**

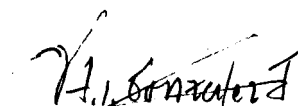
**A MIS HERMANOS, GLORIA,
MARCO y JOSE LUIS.**

**A MIS TIOS, LUIS MORALES
MARCIA Y MAGOLA
SANCHEZ.**

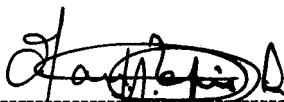
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



ING. EDUARDO RIVADENEIRA
DECAÑO DE LA FIM.



ING. VICTOR HUGO GONZALEZ
DIRECTOR DE TESIS



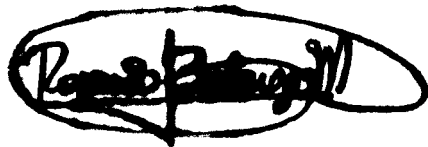
ING. MARCOS TAPIA
VOCAL



ING. MARCELO ESPINOSA
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

" La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL "

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read 'Rosario Balarezo Morales'.

ROSARIO BALAREZO MORALES

RESUMEN

Este trabajo consiste en el diseño y cálculo de una red de tuberías para el transporte y distribución del agua a los distintos puntos, la selección de la bomba y automatización del sistema de riego para el Campus Prosperina “Gustavo Galindo” sección Ingeniería. Todo esto se desarrollo en 7 capítulos.

En el primer capitulo se hizo una introducción al tema y la importancia de la automatización con el fin de evitar desperdicios de agua y ahorrar dinero.

Los equipos y componentes para la red como son válvulas, tubería, bomba, tanques de presión y bases teóricas necesarias para los respectivos cálculos de pérdidas por fricción dentro de tuberías y para la selección de bomba se revisan en el capitulo dos.

En los tres capítulos siguientes nos dedicamos al diseño de la red de tuberías, sistema de bombeo y automatización del riego para este proyecto exclusivamente. Con el plano del terreno y tomando como referencia los datos del trabajo de tesis Diseño de la Red de Riego por Aspersión del Campus Prosperina “Gustavo Galindo” Sección Ingeniarías y con los refuerzos teóricos del capitulo anterior procedimos a realizar el trazo de la tubería principal, secundaria y de distribución de los aspersores y el dimensionamiento de las mismas. Por lo extenso del terreno y por la



diversidad de zonas se dividió este en módulos para cubrir el riego de toda el área cada modulo esta controlado por una válvula de control que a la vez son controladas automáticamente. Hecho el diseño y dimensionamiento de la tubería y válvulas del sistema se determinan los requisitos de presión y caudal para la selección de la bomba.

En el capítulo seis se detalla un cronograma de actividades para cumplirse en la instalación del proyecto.

El capítulo siete contiene el análisis económico de todo el proyecto, incluyendo instalación.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	IV
INDICE DE FIGURAS.....	IX
INDICE DE TABLAS.....	X
INDICE DE PLANOS.....	XII
CAPITULO 1:	
INTRODUCCIÓN E IMPORTANCIA.....	1
CAPITULO 2:	
REVISION BIBLIOGRAFICA.....	4
2.1. Sistematización del Riego.....	4
2.1.1 .Aspersores.....	4
2.1.2. Tuberías.....	5
2.1.3. Accesorios.....	5
2.1.4. Tanques de Presión.....	9
2.1.5. Bombas.....	9
2.2. Conceptos básicos para el cálculo hidráulico.....	14
2.2.1. Número de Reynolds.....	14
2.2.2. Fórmula de Darcy.....	15

2.2.3.Fórmula de Hanzen-Williams.....	17
---------------------------------------	----

CAPÍTULO 3

PRESENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.....	18
3.1.Trazo de la tubería lateral.....	18
3.1.1.Consideraciones generates.....	18
3.2.Trazo de la tubería principal.....	20
3.2.1.Consideraciones generales.....	20
3.3.Determinación del diámetro nominal de los tubos.....	21
3.3.1.Método de Caudal.....	21
3.3.2.Método del diámetro óptimo.....	31
3.3.3.Método de pérdidas permisibles.....	32
3.4.Definición de la carga hidrostática total.....	34
3.5.Cálculo de las perdidas por fricción.....	34
3.5.1.Tuberías secundarias.....	35
3.5.2. Tubería principal.....	43
3.5.3. Accesorios.....	43

CAPÍTULO 4:

CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LA BOMBA.....	50
4.1.Cálculo del NPHS disponible.....	50

4.2. Requisitos de presión y caudal.....	51
4.3.Cálculo de potencia de la bomba.....	53
4.4. Selección de la bomba.....	54
 CAPÍTULO 5:	
AUTOMATIZACIÓN DE LA RED DE RIEGO.....	56
5.1 .Planificación y programación del riego.....	57
 CAPÍTULO 6:	
INSTALACIÓN DE LA RED DE RIEGO.....	61
6.1 .Cronograma de actividades	62
6.2.Puesta en marcha.....	62
6.2.1 .Limpieza	62
6.2.2.Precauciones ante los golpes de ariete	65
6.3.Recomendaciones para el servicio y mantenimiento.....	66
 CAPÍTULO 7:	
COSTOS TOTALES.....	67
7.1. Análisis económico	67
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76

ANEXOS.

BIBLIOGRAFIA.

INDICE DE FIGURAS

FIG. 2.1: VALVULAS SOLENOIDES PESB.....	7
FIG. 2.2: VALVULAS UNIK.....	8
FIG. 2.3: CURVAS CARACTERISTICAS DE UNA BOMBA CENTRIFUGA	12
FIG. 3.1: ZONA REPRESENTATIVA (M 12-5) PARA DETERMINAR LOS DIAMETROS DE LA TUBERIA.....	24
FIG. 5.1: INSTALACION DE LAS CAJAS DE CONEXIÓN Y DE LOS SOLENOIDES.....	59
FIG. 5.2: DEFINICION DEL PROGRAMA DE RIEGO	59
FIG. 5.3: TRANSMISION DEL PROGRAMA A LA CAJA	60
FIG. 5.4 : FUNCIONAMIENTO AUTONOMO.....	60
FIG. A.I: CURVAS CARACTERISTAS DE LA BOMBA SELECCIONADA	

INDICE DE TABLAS

TABLA 3.1: DIAMETROS DE TUBERIA PVC PEGABLE FABRICADOS EN EL ECUADOR	25
TABLA 3.2: CALCULO DE DIAMETROS COMPARANDO LOS TRES METODOS PARA LA ZONA M12-5	33
TABLA 3.3 : CALCULO DE DIAMETROS Y PERDIDAS POR FRICCION POR TRAMOS DE TUBERIA PARA EL MODULO 6.....	42
TABLA 3.4: NUMERO EQUIVALENTE DE METROS DE TUBERIA RECTA PARA TEES Y CODOS DE P.V.C.....	45
TABLA 3.5: PERDIDAS EN ACCESORIOS MODULO 17	46
TABLA 3.6: PERDIDAS EN VALVULAS DE CONTROL RAINBIRD MODELO PESB (Psig).....	48
TABLA 6.1: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA INSTALACION.....	63
TABLA 7.1: COSTOS DE MATERIAL	72
TABLA 7.2: COSTOS DE INSTALACION	73
TABLA 7.3: COSTOS DE MANO DE OBRA.....	74
TABLA 7.4: COSTOS TOTALES DEL RIEGO	75
TABLA A.I: DIVISION DE MODULOS Y TIEMPOS DE RIEGO	

TABLA A.2 : CALCULO DE DISMETROS Y PERDIDAS POR FRICCION
POR TRAMOS DE TUBERIA PARA EL MODULO 17

TABLA A.3: ACCESORIOS ENCONTRADOS EN EL MODULO 17 PARA
EL CALCULO DE LAS PERDIDAS POR FRICCION

TABLA A.4: LISTA **DE** ASPERSORES POR ZONAS

TABLA A.5: LISTA TOTAL DE TUBERIAS

TABLA A.6: LISTA DE VALVULAS

TABLA A.7: LISTA DE ACCESORIOS (TESS)

TABLA A.8: LISTA DE ACCESORIOS (CODOS, REDUCTORES Y
UNIONES)

INDICE DE PLANOS

PLANO A.1: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS

PLANO A.2: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD. 6

PLANO A.3: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD. 17

PLANO A.4: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD. 1

PLANO A.5: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD. 2

PIANO A.6: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD. 3

PIANO A.7: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD. 4

PLANO A.8: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD. 5

PLANO A.9: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD. 7a

PLANO A.10: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD. 7b

PLANO A.11: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD. 8

PLANO A.12: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD. 9

PLANO A.13: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD. 10

PLANO A.14: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD. 11

PLANO A.15: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD. 12

PLANO A.16: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD.13

PLANO A.17: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD. 14

PLANO A.18: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD. 15

PLANO A.19: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD. 16

PLANO A.20: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD.18

PLANO A.21: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD. 19

PLANO A.22: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD.20

PLANO A.23: DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPO PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS. MOD.21



CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN E IMPORTANCIA

Remitiéndonos al trabajo de tesis Diseño de la Red de Riego por Aspersión del Campus Prosperina "Gustavo Galindo", donde se realizó el análisis correspondiente a la calidad, cantidad del agua necesaria para el césped y hecho el diseño de los arreglos de los aspersores seleccionados adecuadamente, en este proyecto el problema con el que nos encontramos es como llevar el agua a cada uno de los puntos de distribución, ocupados por un aspersor con sus respectivas características de presión, caudal y radio.

El esquema general para este proyecto comprende una red de tuberías laterales y secundarias las cuales se reúnen en puntos de control (válvulas), fijados estos puntos se procedió a unirlos mediante las tuberías principales o de transporte. No existe ningún método ni regla para obtener un diseño Óptimo de la red sino mas bien reglas generales que nos proporcionan una guía, en nuestro caso debemos considerar todos los factores físicos, como la forma y dimensión del terreno, los distintos obstáculos que se presentan y la topografía del terreno que es bastante irregular y hacer uso de nuestro buen criterio para obtener el diseño mas óptimo en cuanto a una mejor distribución del agua y costos del proyecto.

Como ya veremos mas adelante , hemos seguido un camino inverso al recorrido del agua. Es decir empezaremos el cálculo de la tubería con los **aspersores(laterales)**, siguiendo con las tuberías secundarias y luego la tubería principal. Para finalmente llegar a la selección de la bomba.

Un diseño adecuado con cálculos correctos, reducen considerablemente los problemas de vida útil del sistema de riego. Para esto la velocidad del agua a través de las tuberías debe ser controlada, manteniéndola dentro de un límite, reduciendo de esta manera el desgaste en los componentes del **sistema(tuberías, valvulas,etc.)** Y obteniendo **así** un mayor tiempo de vida útil del sistema. Un diseño inadecuado significa en ocasiones altos esfuerzos o daño en el material utilizado, ocasionando explosiones en **los** tubos o inundaciones. Esto implica mas gastos de dinero al propietario. Todo estos inconvenientes pueden ser evitados si se le da la debida importancia al análisis hidráulica del sistema.

Como ya se menciona cada grupo **de** tuberías tiene válvulas para controlar el caudal de agua que llega a cada módulo, este control puede ser a mano que es el procedimiento mas sencillo, pero esto implica tener un número de personas que se encargaran del manejo de las válvulas, esto es un porcentaje importante del costo total del proyecto. Entonces nace la iniciativa de automatizar el sistema, con el fin de disminuir los costos a largo **plazo** aun cuando los costos iniciales son relativamente altos, además no

tendremos desperdicio de agua, utilizando solo el agua estrictamente necesaria. Podríamos extendernos mucho mas hablando sobre las ventajas de la automatización, pero lo dejaremos para detallarlas mas detenidamente **en el** capitulo tres.

En definitiva el éxito de un proyecto esta en hacer un diseño y análisis hidráulico adecuado, para así hacer la elección correcta de la bomba y finalmente automatizar la red de riego. Todo esto unido a una planificación adecuada del riego, obtendremos un riego mas eficiente.

CÁPITULO 2

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sistematización del riego.

En este punto se hará una breve reseña sobre **los** equipos que se utilizarán para el funcionamiento del sistema de riego. **Así** tendremos una idea general de los componentes de dicho sistema.

2.1.1. Aspersores.

Hoy en día existen varios tipos de aspersores , cada uno de los cuales tienen características particulares de presión, caudal, radio de alcance y precipitación especificados por el fabricante. El diseñador del proyecto se encargará de escoger el tipo de aspersor que más convenga con los factores que él tiene que considerar. En nuestro caso haciendo referencia a la tesis “Diseño de la Red de Riego por Aspersión del Campus Prosperina Gustavo Galindo Sección Ingenierías”, los aspersores que se escogieron son los de tipo rotatorio para las áreas grandes y los de rociador para áreas pequeñas.

2.1.2. Tuberías.

Entre las tuberías de plástico más utilizadas en riego por aspersión se encuentran, las tuberías de Cloruro de Polivinilo (PVC) debido a que es más resistente a la presión y más económica a los otros tipos de plástico especialmente para diámetros grandes. La resistencia a la presión está directamente en función del diámetro y el espesor del tubo.

Hoy en día no hay dificultad para su instalación puesto que encontramos en el mercado diferentes tipos de accesorios para hacer sus derivaciones. Usaremos Tubería de PVC pegable, por ser más económica y fácil de instalar que la tubería roscable del mismo material.

La elección del diámetro depende del cálculo hidráulico. Lo cual veremos más adelante.

2.1.3. Accesorios.

Válvulas. Las válvulas son un elemento mecánico empleado en un circuito de tuberías con el objeto de suspender por completo el flujo, o bien para regular el caudal de dicho flujo.

Este sistema de riego por aspersión tiene válvulas para controlar

el caudal de agua que llega a cada módulo. La forma más sencilla de control es el que se hace manualmente, pero en nuestro caso la apertura y cierre de las válvulas se hará automáticamente. La selección de las válvulas se hace en función del caudal requerido en cada módulo. Las válvulas que usamos en el proyecto son las Rain Bird modelo **PESB** de diferentes diámetros de acuerdo al caudal requerido. Estas válvulas son plásticas, resistentes, y duraderas ; se usan en sistemas de riego en el cual el agua que se utiliza para el riego no es potable ; también pueden servir como válvulas reguladoras de presión, esta es una **característica** opcional. (fig. 2.1).

Válvulas UNIK. (fig.2.2.) Estas válvulas son un nuevo avance en la tecnología del riego automatizado que ha sacado al mercado Rain Bird. Con este tipo de válvula nosotros no necesitamos un tablero de control ni cable para enviar la señal. Se trata de un sistema autónomo que funciona con una pila de **9V** para la consola y otra para la caja de conexión, con una duración de un año.

Poseen un adaptador de plástico, el cual le permite instalar el solenoide **UNIK** en todas las válvulas Rainbird DV, **PGA, PE-B y PES-B.**

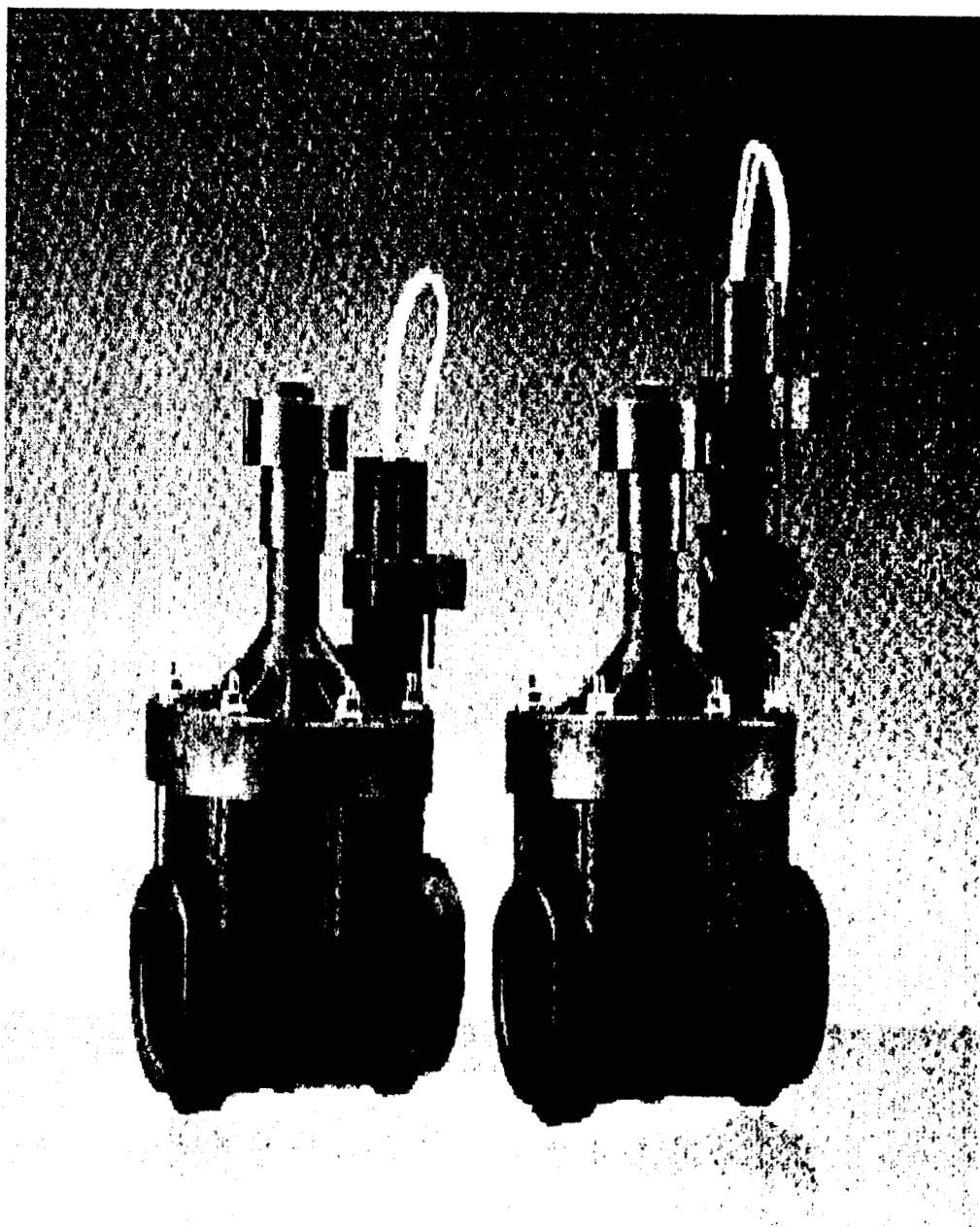


Fig. 2.1. Válvulas Solenóides Rainbird Modelo PESB



Fig. 2.2. Válvulas Unik.

2.1.4. Tanques de presión.

El tanque de presión es aquel dentro del cual se forma una cámara de aire que se encuentra a presión debido a que el agua ejerce una fuerza de empuje en el tanque cerrado. Están contruidos para presiones de trabajo máximas. Estos tanques tienen forma cilíndrica o esférica contruidos de plancha metálica.

Con un tanque de presión instalado adecuadamente para que funcione con la bomba se puede entregar una adecuada cantidad de agua a una cierta presión entre ciclos de bombeo, proporcionando el flujo suficiente para satisfacer la demanda. Minimiza los arranques de la bomba, de esta manera se extiende la vida del motor y ahorro de energía.

2.1.5. Bombas.

En el mercado existen muchos modelos de bombas para las diferentes clases de riego que se requiera. **Así** en riego podemos utilizar las bombas centrífugas, la de turbina para pozo profundo o la bomba impelente de pistones.

Este tipo de bombas succiona el agua desde la fuente de suministro por lo que debe situarse tan cerca como sea posible de dicho suministro de tal forma que la tubería de succión sea tan corta y directa como sea posible.

Las bombas de turbina para pozos profundos funciona eficientemente bajo cualquier tipo de carga. Como su nombre lo dice se utiliza este tipo de bomba para aprovechar el agua de **pozos**, o en casos en los cuales las bombas centrífugas no pueden ser colocadas cerca de la superficie del agua.

La bomba impelente se usa para suministrar grandes cantidades de agua con cargas de poca altura. Se usan en riegos de superficie en los que se requiere caudales grandes a cargas bajas.

Bombas Centnfugas. Hablaremos más detenidamente de las bombas centrífugas las cuales succionan el agua dentro de su propulsor y por lo tanto deben ser instaladas a unos cuantos metros de la superficie del agua. En nuestro caso usaremos este tipo de bomba, que es **la** que mas se **usa en** los riegos, cuesta menos y fácil de instalar.

Una bomba centrífuga transforma la energía mecánica de un impulsor rotatorio en la energía cinética y potencial requeridas. El motor hace girar una hélice con las aspas sumergidas en agua y encerradas en una carcasa. El agua penetra en la caja e inmediatamente es accionada por el impulsor que gira rápidamente. Este movimiento de rotación origina el flujo del centro de dicho impulsor hacia los bordes del mismo o a la parte exterior de la caja, donde se eleva con rapidez la presión de la carga. Para aligerar esta presión el agua escapa por el tubo de salida. La bomba centrífuga funciona cuando la caja se llena totalmente de agua.

Curvas Características. La mejor selección del modelo de la bomba es el que funcione con máxima eficiencia. Pero esto ocurre solamente para un valor de capacidad y carga, en este punto máximo se consideran como norma del 100% para comparación. Las curvas características se pueden trazar en términos del porcentaje de sus respectivos valores a la capacidad para máxima eficiencia. La fig.2.3 ofrece una serie completa de curvas características que incluye curvas de eficiencia, potencia y de capacidad de carga a diferentes velocidades.

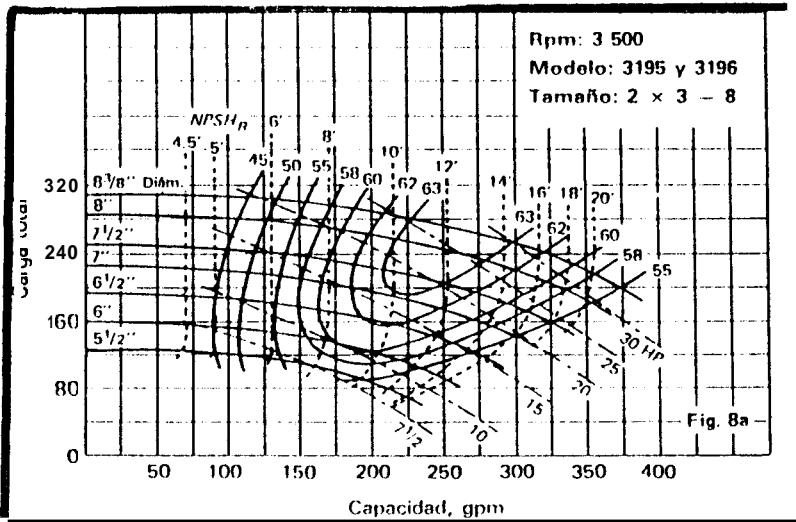
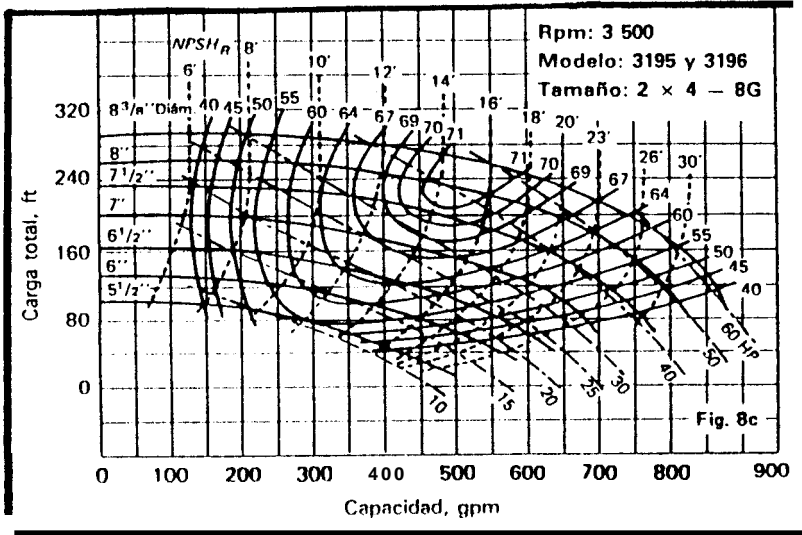


Fig 2.3. Curvas Características de una Bomba Centrífuga

Carga Neta Positiva de Succión Disponible. (NPSH)_A. Es una característica del sistema en el cual se emplea la bomba centrífuga y es la diferencia entre la carga absoluta de succión existente y la presión de vapor a la temperatura prevaleciente.

Carga Neta Positiva de Succión Requerida. (NPSH)_R. Representa el margen mínimo requerido entre la carga de succión y la presión de vapor. Este valor es función del diseño de la bomba.

Selección de la bomba. La capacidad de bombeo es la combinación del caudal y de la presión que hay que obtener en un grupo de bombeo para abastecer satisfactoriamente al sistema. Para seleccionar la bomba debemos conocer el caudal total y las cargas totales del sistema, correspondientes a pérdidas por fricción en tuberías, acoples, válvulas y la carga debido a la diferencia de nivel desde la fuente.

También debemos tener el valor del (NPSH)_A. Con estos datos y las curvas características de las bombas, seleccionamos la bomba mas adecuada para el sistema, tratando de seleccionar una bomba que funcione a su máxima eficiencia o cerca de ella.



2.2. Conceptos Básicos Para el Cálculo Hidráulico.

2.2.1. Número de Reynolds.

Gracias a las investigaciones de Osborne Reynolds se demostró que el régimen de flujo en tuberías, ya sea laminar (el fluido se desplaza en capas paralelas, sin corrientes transversales) o turbulento (movimiento irregular e indeterminado) de las partículas del fluido, depende del diámetro de la tubería, de la densidad y viscosidad del fluido y de la velocidad con que el flujo atraviesa la tubería.

El valor numérico obtenido por una combinación adimensional de las cuatro variables mencionadas, se conoce como Número de Reynolds, y se puede considerar como la relación de las fuerzas dinámicas de la masa del fluido respecto a los esfuerzos de deformación ocasionados por la viscosidad. Así tenemos que el Número de Reynolds es (Ref. 1):

$$Re = dv\rho/\mu \quad (1)$$

En el régimen turbulento la pérdida de carga es más elevada que en régimen laminar. Un efecto de éste

régimen es una distribución de las velocidades mas uniforme, esto se debe a los intercambios de cantidad de movimiento entre las partículas rápidas y las partículas más lentas situadas cerca de la paredes.

A partir del Numero de Reynolds pueden definirse tres regímenes de flujo:

- 1.-Régimen Laminar sí $Re < 2000$
- 2.-Régimen Crítico sí $2000 < Re < 4000$
- 3.-Régimen Turbulento sí $Re > 4000$

2.2.2. Fórmula de Darcy.

El flujo de los fluidos a través de tuberías ocasiona pérdidas en la energía disponible, debido a la fricción de las partículas entre sí. La fórmula de Darcy muy utilizada para calcular las pérdidas de carga y que se expresa en metros de fluido, es (Ref. 1):

$$h_L = f_L V^2 / D 2gn \quad (2)$$

donde:

h_L = pérdida de carga en una longitud L de tubería.

f = coeficiente de rozamiento adimensional

D = diámetro interior de la tubería

V = velocidad media

g = aceleración de la gravedad

Si la pérdida de carga se expresa en función del caudal Q , la ecuación (2) presenta la siguiente expresión (Ref. 1):

$$h_L = 8 f L Q^2 / g (PI)^2 D^5 \quad (3)$$

El coeficiente de rozamiento f depende de Re y de la rugosidad relativa de la tubería.

La ecuación de Darcy es válida para los dos flujos, laminar y turbulento, de cualquier líquido en una tubería.

Para flujo laminar el coeficiente de rozamiento es independiente de la rugosidad y solo depende de Reynolds, entonces (Ref. 1):

$$f = 64/Re = 64 \mu / dVD \quad (4)$$

Sustituyendo (4) en la ecuación (3) y expresando h_L en función del caudal, tendremos: (Ref. 1)

$$h_L = 128LvQ/(PI)d^4g \quad (5)$$

2.2.3. Fórmula de Hazen-Williams.

Aunque la ecuación de Darcy da una solución racional a los problemas de flujo de tuberías, se han establecido diversas fórmulas empíricas a partir de experimentos en laboratorio o sobre el terreno.

La fórmula de Hazen-Williams, es de gran aceptación en los cálculos para tuberías de fluidos, puede enunciarse empleando términos convencionales para tuberías de la siguiente manera (Ref.2):

$$h_f = 1.39 \cdot 10^{-9} (100/C) Q^{1.852} L/d^{4.870} \quad (6)$$

donde:

h_f = caída de presión por fricción. (m)

Q = caudal (m³/h)

C = factor de fricción adimensional

d = diámetro interior (m.)

Nosotros usaremos $C = 150$ que es el valor correspondiente para tubería **PVC**. (Ref.2)

CAPITULO 3

PRESENTACION DEL SISTEMA DE RIEGO

Una vez decididos a regar por aspersión, procedimos a la elaboración del proyecto Hecho el plano a escala del terreno indicando cuales son las áreas a regar y tomando como referencia el diseño de los arreglos de los aspersores presentados en la tesis Diseño de la Red de Riego por Aspersión del Campus Prosperina "Gustavo Galindo" Sección Ingenierías y con los datos de la misma, entonces procedemos al trazo de las tuberías laterales y principales para este sistema en particular. Algo muy importante que hay que tomar en cuenta para el trazo de la tubería tanto lateral como principal es que las perdidas admisibles en la tubería son del 20% de la presión de operación del aspersor (Ref.3).

3.1. Trazo de la tubería Lateral.

3.1.1. Consideraciones Generales.

Cuando se trata de áreas pequeñas y de forma regular el trazo de un sistema de tuberías es sencillo, pero en el caso nuestro que se trata de un terreno extenso, comprendido de zonas a regarse de formas muy variadas y con una topografía accidentada, todo esto hace que el diseño de la red sea muy

complejo en el cual debemos hacer uso de varias alternativas para el trazo y el análisis hidráulico adecuado.

Una de las primeras reglas a tomarse en cuenta en el diseño de la red de tubería es el número de aspersores que deben funcionar simultáneamente para satisfacer los requisitos de capacidad, de esto dependerá el número de módulos en los cuales habrá que dividir el proyecto y por lo tanto el número de líneas laterales a trazarse. La división de los módulos se hizo, basándose en el caudal calculado en el capítulo 7 de la tesis de “Diseño de la red de riego por aspersión del Campus Prosperina Gustavo Galindo sección Ingenierías”, el caudal obtenido fue de 148 GPM, al dividir los módulos se obtuvieron rangos de 110 GPM a 135 GPM, quedando dividido toda la sección de ingenierías en 21 módulos a regarse uno a la vez (Ver Tabla A.1), el proyecto completo se muestra en el plano A.1.

Para que la aplicación del agua sea casi uniforme a todo lo largo de una línea lateral, ésta debe localizarse y comprender un tubo de diámetro y longitud tal que resulte en una variación mínima de la descarga de los aspersores a lo largo de la línea. Debemos tomar en cuenta que para trazar las líneas laterales las pérdidas a lo largo de estas tuberías no debe exceder el 10

% del promedio de la presión de operación del aspersor. De esta forma se determinará la longitud de la línea lateral. .

Las instalaciones de laterales en contra pendiente, y donde necesariamente tengan que usarse, deberán recortarse considerablemente. En éste caso en que la carga admisible debida a la fricción será igual al 10% del promedio de la presión de elevación de la tubería menos la presión que pierde por la diferencia de altura.

Cuando se trata de tuberías laterales tendidas en dirección de la pendiente lo cual implica una ventaja, esto es sí la pendiente no es muy inclinada. En este caso debido a que, en condiciones de pendiente, la diferencia en altura entre los extremos de la línea significan un aumento de carga, y no en pérdida, por este motivo las líneas laterales en estas situaciones puede alcanzar longitudes mas largas que las que se tienden en terreno plano. La pérdida admisible en presión debida a la fricción sera igual al 10% de la presión promedio de operación del aspersor más la presión que gana por la diferencia de altura en la tubería.

3.2. Trazo de la tubería principal.

3.2.1. Consideraciones Generales.

Las líneas principales son las que se encargan de llevar el caudal de agua necesario a todas las áreas del proyecto, a la presión requerida, para hacer funcionar todas las líneas laterales en condiciones de máximo consumo. El principal problema con el que nos encontramos es elegir los diámetros de la tubería con los cuales la operación resulte más económica.

3.3. Determinación del diámetro nominal de los tubos.

3.3.1. Método del caudal.

Con éste método se determinará, el diámetro nominal del tubo a través del cual fluye agua a cierta velocidad (Ref. 1)

$$Q = \rho V.A \quad (7)$$

La velocidad del agua que atraviesa por la tubería es un factor importante que hay que mantener bajo control. Si tenemos una alta circulación del agua a través de la tubería a altas velocidades esto ocasionaría mayor fricción y por lo tanto las pérdidas aumentarían. Por éste motivo se debe mantener la velocidad dentro de un rango aceptable. Se ha establecido que

para obtener flujos menos perjudiciales, la velocidad límite es de **1.5 m/s**. Para calcular la velocidad usaremos la siguiente ecuación (Ref.2):

$$V = 295.14 Q/d_i^2 \quad (8)$$

Donde

V = velocidad del flujo (m/s)

Q = caudal (m³/h)

d_i = diámetro interior del tubo (mm)

A partir de esta ecuación y con el limitante de la velocidad procedemos a dimensionar las tuberías del sistema, tanto las laterales como las principales. Para esto tomaremos como referencia una zona a regarse y haremos el respectivo cálculo. La zona seleccionada es M 12-5 (figura 3.1). Los cálculos correspondientes a velocidad se harán con diámetros interiores de tubería **PVC** fabricada aquí en el Ecuador, estos valores se encuentran en la tabla 3.1.

Dimensionamiento de tubería.

M 12-5

TRAMO A-B

$$O = 0.42 \text{ m}^3/\text{h}:$$

Asumimos un diámetro nominal de 20 mm

$$d_i = 17 \text{ mm TRAMO A-B}$$

usando la fórmula (7):

$$v = 0.51 \text{ m/s}$$

$$v < 1.5 \text{ m}$$

$$\text{entonces: } \underline{d_n = 20\text{mm}}$$

TRAMO B-C

$$Q = 0.84 \text{ m}^3/\text{h}$$

Asumimos diámetro nominal de 20 mm

$$d_i = 17 \text{ mm}$$

$$v = 0.96 \text{ m/s} < 1.5$$

$$\underline{d_n = 20 \text{ mm}}$$

TRAMO F-E

$$Q = 0.42 \text{ m}^3/\text{h}$$

Asumimos diámetro nominal de 20 mm

$$d_i = 17 \text{ mm}$$

$$v = 0.51 \text{ m/s} < 1.5$$

$$\underline{d_n = 20\text{mm}}$$

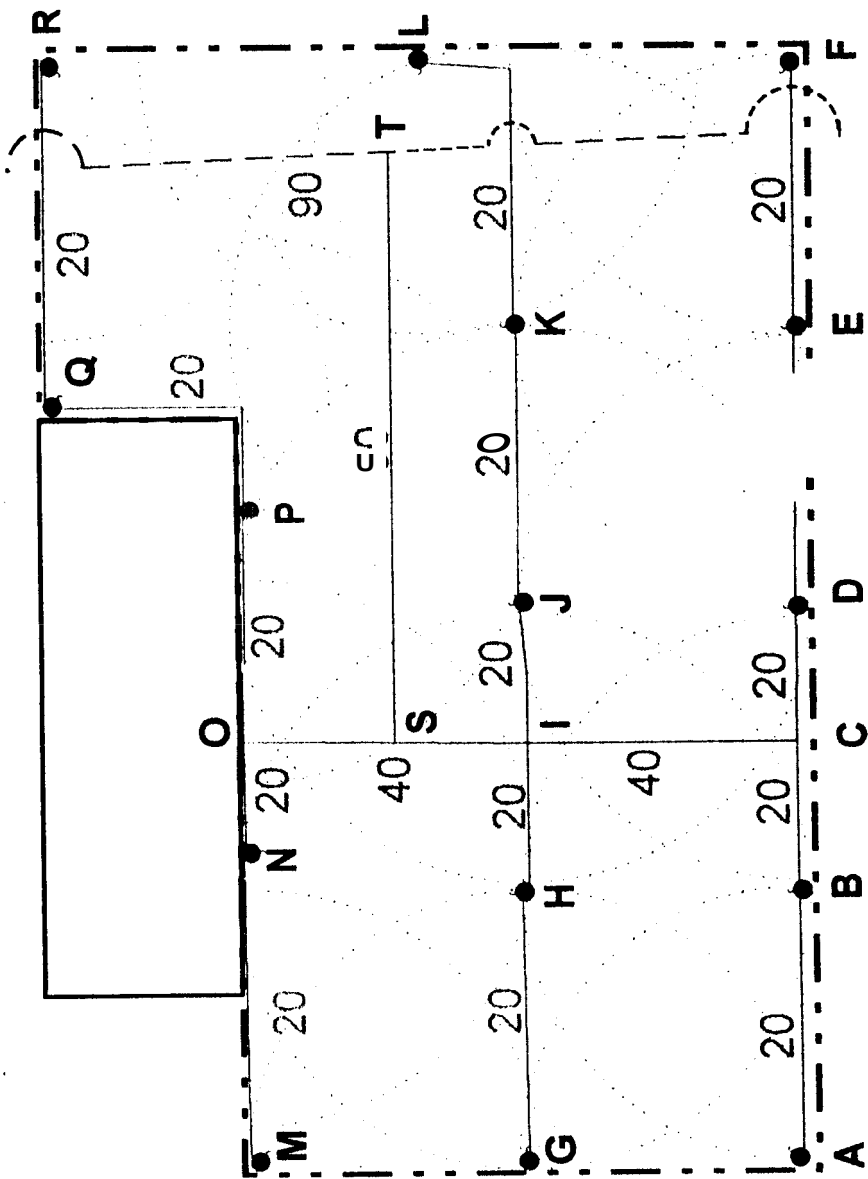


Fig. 3.1. Zona Representativa (M 12-5) Para Determinar Los Diametros De La Tubería.

TABLA 3.1

**DIAMETROS DE TUBERIA PVC PEGABLE FABRICADOS
EN EL ECUADOR**

DIAMETRO NOMINAL (mm)	DIAMETRO INTERIOR (mm)	PRESION DE TRABAJO (Psi)
20	17	290
25	22	232
32	28.8	181
40	36.2	181
50	46	145
63	59	116
75	71	91
90	85.6	91
110	103.2	116
160	152	116
160	147.6	145

TRAMO E-D

$$Q = 0.84 \text{ m}^3/\text{h}$$

Asumimos diámetro nominal de 20 mm

$$d_i = 17 \text{ mm}$$

$$v = 0.96 \text{ m/s} < 1.5$$

$$\underline{d_n = 20 \text{ mm}}$$

TRAMO D-C

$$Q = 1.26 \text{ m}^3/\text{h}$$

Asumimos diámetro nominal de 20 mm

$$d_i = 17 \text{ mm}$$

$$v = 1.44 \text{ m/s} < 1.5$$

$$\underline{d_n = 20 \text{ mm}}$$

TRAMO C-I

$$Q = 2.1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Asumimos diámetro nominal de 20 mm

$$d_i = 17 \text{ mm}$$

$$v = 2.4 \text{ m/s} > 1.5$$

entonces, asumimos $d_n = 25 \text{ mm}$ y calculamos nuevamente la velocidad:

$$d_i = 22 \text{ mm}$$

$$v = 1.43 \text{ m/s} < 1.5$$

$$\underline{d_n = 25 \text{ mm}}$$

TRAMO G-H

$$Q = 0.42 \text{ m}^3/\text{h}$$

Asumimos un diámetro nominal de 20 mm

$$d_i = 17 \text{ mm}$$

$$v = 0.51 < 1.5 \text{ m/s}$$

$$\underline{d_h = 20 \text{ mm}}$$

TRAMO H-I

$$Q = 0.84 \text{ m}^3/\text{h}$$

Asumimos diámetro nominal de 20 mm

$$d_i = 17 \text{ mm}$$

$$v = 0.96 \text{ m/s} < 1.5$$

$$\underline{d_h = 20 \text{ mm}}$$

TRAMO L-K

$$Q = 0.42 \text{ m}^3/\text{h}$$

Asumimos diámetro nominal de 20 mm

$$d_i = 17 \text{ mm}$$

$$v = 0.51 \text{ m/s} < 1.5$$

$$\underline{d_n = 20mm}$$

TRAMO K-J

$$Q = 0.84 \text{ m}^3/\text{h}$$

Asumimos diámetro nominal de 20 mm

$$d_i = 17 \text{ mm}$$

$$v = 0.96 \text{ m/s} < 1.5$$

$$\underline{d_n = 20mm}$$

TRAMO J-I

$$Q = 1.26 \text{ m}^3/\text{h}$$

Asumimos diámetro nominal de 20 mm

$$d_i = 17 \text{ mm}$$

$$v = 1.44 \text{ m/s} < 1.5$$

$$\underline{d_n = 20mm}$$

TRAMO I-S

$$Q = 4.2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Asumimos diámetro nominal de 25 mm

$$d_i = 22 \text{ mm}$$

$$v = 2.07 \text{ m/s} > 1.5$$

entonces, asumimos $d_n = 32\text{mm}$ y calculamos nuevamente la velocidad:

$$d_i = 28.8 \text{ mm}$$

$$v = 1.7 \text{ m/s} > 1.5$$

asumimos ahora $d_n = 40 \text{ mm}$ y calculamos nuevamente

$$d_i = 36.2 \text{ mm}$$

$$v = 1.06 \text{ m/s} < 1.5$$

$$\underline{d_n = 40\text{mm}}$$

TRAMO M-N

$$Q = 0.42 \text{ m}^3/\text{h}$$

Asumimos un diámetro nominal de 20 mm

$$d_i = 17 \text{ mm}$$

$$v = 0.51 \text{ m/s} < 1.5 \text{ m/s}$$

$$\underline{d_n = 20\text{mm}}$$

TRAMO N-O

$$Q = 0.84 \text{ m}^3/\text{h}$$

Asumimos diámetro nominal de 20 mm

$$d_i = 17 \text{ mm}$$

$$v = 0.86 \text{ m/s} < 1.5$$

$$\underline{d_n = 20\text{mm}}$$

TRAMO R-Q

$$Q = 0.42 \text{ m}^3/\text{h}$$

Asumimos diámetro nominal **de** 20 mm

$$d_i = 17 \text{ mm}$$

$$v = 0.43 \text{ m/s} < 1.5$$

$$\underline{d_n = 20\text{mm}}$$

TRAMO Q-P

$$Q = 0.84 \text{ m}^3/\text{h}$$

Asumimos diámetro nominal **de** 20 mm

diámetro nominal **de** 25 mm

$$d_i = 22 \text{ mm}$$

$$v = 0.85 \text{ m/s} < 1.5$$

$$\underline{d_n = 25\text{mm}}$$

TRAMO P-O

$$Q = 1.26 \text{ m}^3/\text{h}$$

Asumimos $d_i = 17 \text{ mm}$

$$v = 1.28 \text{ m/s} < 1.5$$

$$\underline{d_n = 20\text{mm}}$$

TRAMO O-S

$$Q = 2.1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Asumimos diámetro nominal de 25 mm

$$d_i = 22 \text{ mm}$$

$$v = 1.28 \text{ m/s} < 1.5$$

$$\underline{d_n = 25 \text{ mm}}$$

TRAMO S-T

$$Q = 6.3 \text{ m}^3/\text{h}$$

Asumimos diámetro nominal de 40 mm

$$d_i = 36.2 \text{ mm}$$

$$v = 1.4 \text{ m/s} < 1.5$$

$$\underline{d_n = 40 \text{ mm}}$$

3.3.2. Método del diámetro óptimo.

Con éste método se comprobó los diámetros calculados anteriormente.

Este diámetro esta en función del número de horas de bombeo y del caudal(Ref.4).

$$d_o = 20 T^{1/4} Q^{1/2} \quad (9)$$

donde:

d = diámetro interior (mm)

T = # de horas de bombeo/24

Q = Caudal (m^3/h)

En nuestro caso el tiempo de bombeo es de 11 horas.

3.3.3. Método de las pérdidas permisibles.

Como vimos en el subcapítulo 3.1.1. sobre las pérdidas admisibles en la tubería lateral, estas no deben ser mayor del 10% de la presión de operación del aspersor. Considerando esto hay ocasiones en que con los diámetros calculados por el método del caudal las pérdidas pasan este límite y entonces se debe buscar un diámetro con el cual las pérdidas se ajusten al valor antes mencionado. Hicimos uso de una hoja electrónica para calcular los diámetros de la tubería por los tres métodos para compararlos y escoger el diámetro mas adecuado el cual de una balance entre costos de tubería y bomba. En la tabla 3.2 se muestran estos cálculos hechos para la zona M 12-5 (Fig 3.1).

En el plano general (plano A.1) se muestra la ubicación de la línea lateral (color verde fosforescente), y de la línea principal



TABLA 3.2

CALCULO DE DIAMETROS COMPARANDO LOS TRES METODOS PARA LA ZONA M12-5

	CAUDAL(m ³ /h)	LONG.(m)	DIAM.NOM.(mm)	20	25	32	40	50
			DIAM.INT.(mm)	17	22	28.8	36.2	46
			>DIAM.INT(m)	0.017	0.022	0.0288	0.0362	0.046
			V (m/s)	0.429				
			do (mm)	10.667				
			hf (Psig)	0.307				
TRAMO A-B	0.42	10.67		0.858				
TRAMO B-C	0.84	5.64		15.086				
TRAMO F-E	0.42	10.67		0.586				
TRAMO E-D	0.84	10.67		0.429				
TRAMO D-C	1.26	5.64		10.667				
TRAMO C-I	2.1	10.67		0.307				
TRAMO O-H	0.42	10.67		0.858				
TRAMO H-I	0.84	5.64		15.086				
TRAMO L-K	0.42	12.2		0.586				
TRAMO K-J	0.84	10.67		0.429				
TRAMO J-I	1.26	5.64		10.667				
TRAMO L-S	4.2	4.9		0.351				
TRAMO M-N	0.42	-10.67		0.858				
TRAMO N-O	0.84	5.64		15.086				
TRAMO R-Q	0.42	16.77		11.09				
TRAMO Q-P	0.84	10.67		0.768				
TRAMO P-O	1.26	9.1		18.476				
TRAMO O-S	2.1	5.5		1.242				
TRAMO S-T	6.3	25.9		0.355				
				4.289	2.561	1.494	0.946	
				33.733	33.733	33.733	33.733	
				10.036	2.869	0.775	0.255	
				0.429				
				10.667				
				0.307				
				0.858				
				15.086				
				0.586				
				0.429				
				10.667				
				0.483				
				0.858				
				15.086				
				11.09				
				1.287	0.768			
				18.476	18.476			
				2.0	0.573			
				2.145	1.281	0.747		
				23.853	23.853	23.853		
				3.1	0.892	0.241		
				6.434	3.842	2.242	1.419	0.879
				41.314	41.314	41.314	41.314	41.314
				112.4	32.131	8.686	2.860	0.893

* Las Fórmulas usadas en el cálculo fueron 9 y 5

(color anaranjado). Los diámetros de la tubería se indican sobre cada línea y las distancias de las tuberías se medirán a escala.

3.4. Determinación de la carga hidrostática total.

$$H_{ET} = H_{ED} - H_{EA} \quad (10) \quad (\text{Ref.6})$$

Donde, H_{EA} es la altura estática de succión. En nuestro caso es de **3m** por debajo de la línea de centro de la bomba, consecuentemente la altura es negativa. H_{ED} es la carga estática de descarga, al punto más alto de descarga. En nuestro caso es de **24 m** de altura desde la bomba hasta las zonas del rectorado que es el sitio más **alto**, y para efectos de diseño corresponden al módulo 6 (Plano **A.2**).

$$H_{ET} = 24 - (-3) = 27 \text{ m}$$

3.5. Cálculo de las pérdidas por fricción.

Para el caso de un sistema de tuberías para riego, debemos calcular la mayor pérdida que se producirá en el sistema. Para nuestro caso en particular nos encontramos con dos sitios críticos en el módulo 6 (Plano **A.2**), el cual tenemos la mayor altura desde la bomba hasta el Último aspersor. Otro sitio crítico es el módulo 17 (Plano **A.3**) el cual

corresponde al tramo mas largo desde la bomba hasta el aspersor mas distante.

Calcularemos las pérdidas en estos dos casos, para ver en que situación tenemos la mayor pérdida. Para calcular las pérdidas por fricción en una tubería usaremos la ecuación de Hazen-Williams (5), que es la siguiente:

$$h_f = 1.39 \cdot 10^{-9} (100/C)^{1.852} Q^{1.852} L/d^{4.870}$$

Para el caso de tubería PVC el valor de C = 150

3.5.1. Tuberías secundarias.

Para calcular las pérdidas por fricción en las tuberías secundarias de la trayectoria mas larga del recorrido del agua, procedimos a hacerlo con la fórmula (5). Para nuestro **caso** particular calculamos las pérdidas a través de la tubería secundaria del módulo 17. Los diámetros de la tubería ya fueron determinados en 3.3. A continuación presentaremos los cálculos de las pérdidas en el módulo 17. Para el módulo 6 **nos** guiamos con la tabla 3.3.

Tuberías laterales módulo 17:**Tramo a-b**

$$Q = 0.09 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = 4.27 \text{ m}$$

$$d_i = 0.017 \text{ m}$$

Calculamos hf por Hazen-Williams, entonces:

$$hf = 0.0074 \text{ Psig}$$

Tramo b-c

$$Q = 0.27 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = 4,27 \text{ m}$$

$$d_i = 0.017 \text{ m}$$

$$hf = 0.054 \text{ Psig}$$

Tramo c-d

$$Q = 0.45 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = 4.27 \text{ m}$$

$$d_i = 0.017 \text{ m}$$

$$hf = 0.14 \text{ Psig}$$

Tramo d-e

$$Q = 0.63 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = 5,43 \text{ m}$$

$$d_i = 0.017 \text{ m}$$

$$hf = 0.331 \text{ Psig}$$

Tramo e-f

$$Q = 0.81 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = 3.05 \text{ m}$$

$$d_i = 0.017 \text{ m}$$

$$hf = 0.296 \text{ Psig}$$

Tramo f-g

$$Q = 0.93 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = 1.07 \text{ m}$$

$$d_i = 0.017 \text{ m}$$

$$hf = 0.134 \text{ Psig}$$

Tramo g-h

$$Q = 1.89 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = 28.35 \text{ m}$$

$$d_i = 0.0362 \text{ m}$$

$$hf = 0.337 \text{ Psig}$$

En este tramo el diámetro calculado por el método del caudal es de 25mm como vemos en la tabla **A.2**, por el método de diámetro Óptimo este es un valor de 22,63mm podríamos dejar este diámetro, pero las pérdidas para este tramo son elevadas y al sumarlas a las pérdidas en los demás tramos aumentarán considerablemente; en vista que el tamaño de la tubería no puede ser menor, entonces el diámetro del mismo aumentará la tubería de diámetro 40mm para respetar el 20% de pérdidas permisibles. El diámetro del tramo **h-l** también será de 40mm.

Tramo h-i

$$Q = 1.89 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = 9.15 \text{ m}$$

$$d_i = 0.0362 \text{ m}$$

$$hf = 0.109 \text{ Psig}$$

Tramo l-j

$$Q = 2.96 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = 15.24 \text{ m}$$

$$d_i = 0.0362 \text{ m}$$

$$hf = 0.415 \text{ Psig}$$

Tramo j-k

Este tramo por el método del caudal el **dn = 50mm**, pero por el método del diámetro Óptimo dan un **dn = 63 mm**, que se ajusta a las pérdidas permisibles.

$$Q = 8.71 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = 22.26 \text{ m}$$

$$d_i = 0.059 \text{ m}$$

$$h_f = 0.418 \text{ Psig}$$

Tramo k-l

En Este tramo el diámetro calculado por el método del caudal y del diámetro Óptimo dan un **dn = 63mm**, pero por la condición de perdidas permibles en la lateral el diámetro aumentara una medida más.

$$Q = 12.61 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = 3.96$$

$$d_i = 0.059 \text{ m}$$

$$h_f = 0.147 \text{ Psig}$$

Tramo l-m

$$Q = 16.15 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = 41.16 \text{ m}$$

$$d_i = 0.071 \text{ m}$$

$$h_f = 0.986 \text{ Psig}$$

Tramo m-n

$$Q = 17.59 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = 77.13$$

$$d_i = 0.083 \text{ m}$$

$$h_f = 1.014 \text{ Psig}$$

Tramo n-o

$$Q = 18.49 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = 78 \text{ m}$$

$$d_i = 0.083 \text{ m}$$

$$h_f = 0.663 \text{ Psig}$$

Tramo o-p

$$Q = 22.05 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = 45.43 \text{ m}$$

$$d_i = 0.1032 \text{ m}$$

$$h_f = 0.314 \text{ Psig}$$

Tramo p-q

$$Q = 26.22 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = 55.18 \text{ m}$$

$$d_i = 0.1032 \text{ m}$$

$$h_f = 0.527 \text{ Psig}$$

$$h_{(T)secd.} = 3.375 \text{ Psig}$$

Tubería lateral módulo 6:

De acuerdo a la tabla 3.3, los valores de las pérdidas en la línea lateral es de:

$$h_{(T)secd.} = 3.388 \text{ Psig}$$

			DIA.NOM.(mm)	20	25	32	40	50	63	75	90	110	160
			DIA.INT.(mm)	7	22	28.8	38.2	46	59	71	83	103.2	152
			DIAM.INT (m)	0.017	0.022	0.0288	0.0362	0.046	0.059	0.071	0.083	0.1032	0.152
	CAUDAL(m ³ /h)	LONG.(m)											
TRAMO 1-2	0.42	107	V (m/s)	0.429									
			do (mm)	10667									
			hf (Paig)	0.308									
				0.308									
TRAMO 2-3	0.84	12		0.568	0.512								
				15.086	15.086								
				1.248	0.357								
				0.665	0.665								
TRAMO 3-4	1.26	4		1.287	0.768								
				18.475	18.476								
				0.881	0.252								
				0.917	0.917								
TRAMO 4-5	2.1	113		2.146	1.281	0.747							
				23.843	23.843	23853							
				6.411	1.833	0.495							
						1.412							
TRAMO 65	4.04	15		4.126	2.464	1.438	0.910						
				33.084	33.084	33.084	33.084						
				28.690	8.172	2.209	0.728						
							2.140						
TRAMO 6-7	6.14	32		6.270	3.744	2.186	1.383	0.856	0.524				
				40.786	40.786	40.786	40.786	40.766	40.736				
				132.416	37.861	10.232	3.370	1.062	0.314				
									2.454				
									0.673				
TRAMO 7-8	7.94	25		8.109	4.842	2.826	1.788	1.107					
				46.381	46.381	46.381	46.381	46.381	46.381				
				166.836	47.604	12.869	4.238	1.324	0.395				
									2.849				
TRAMO 8-9	14.02	11.8902439		14.318	8.649	4.989	3.168	1.966	1.189				
				61.632	61.632	61.632	61.632	61.632	61.632				
				227.023	64.896	17.642	6.777	1.804	0.539				
									hf(sec).	3.388			
TRAMO 9-10	19.78	60		20.200	12.062	7.038	4.466	2.769	1.677	1.168	0.847		
				73.206	73.206	73.206	73.206	73.206	73.206	73.206	73.206		
				2167.023	619.451	167.460	66.146	17.224	6.142	2.092	0.980		
											4.368		
TRAMO 10-11	24.88	301		26.409	16.172	8.843	6.604	3.470	2.101	1.447	1.066	0.689	
				82.102	82.102	82.102	82.102	82.102	82.102	82.102	82.102	82.102	
				16626.800	4762.842	1284.706	423.083	182.147	39.460	16.061	7.618	2.610	
											6977		
TRAMO 11-12	30.94	138		31.687	18.847	11.008	8.968	4.315	2.623	1.811	1.326	0.857	0.395
				91.667	91.667	91.667	91.667	91.667	91.667	91.667	91.667	91.557	91.557
				11413.632	3262.626	881.942	290.447	90.719	27.682	11.019	6.161	1.792	0.273
											hf(princ).	5.381	3.863

3.5.2. Tubería principal

Tubería principal módulo 17:

Con la misma fórmula de Hazen-Williams, calculamos las pérdidas en la tubería principal.

Este tramo de línea principal corresponde al recorrido por el agua desde la bomba hasta la válvula que controla el módulo 17. La distancia de este tramo es de 470 metros. El caudal es el total para este módulo y es de 26.22 m³/h. Así tenemos que las pérdidas en la línea principal es:

$$h_{(fT) \text{ princ.}} = 9.203 \text{ Psig}$$

Tubería principal módulo 6:

De acuerdo con la tabla 3.3 las pérdidas en la tubería principal para este módulo es:

$$h_{(fT) \text{ princ.}} = 5.381 \text{ Psig}$$

3.5.3. Accesorios

En distintos puntos de la red, instalamos piezas especiales(codos, tees, válvulas, etc.). Estas **piezas también**

presentan resistencia al paso del agua por lo que debemos considerar las pérdidas ocasionadas por estos accesorios. En la tabla A.3, se listan los diferentes acoples encontrados en el módulo 17.

Para calcular las pérdidas por acoples en codos y tees utilizamos la tabla 3.4, en donde tenemos la equivalencia en metros de tubería recta para los diferentes acoples. Con estas equivalencias calculamos las pérdidas como si fuesen tramos de tubería. Veamos un ejemplo de como calcular estas pérdidas:

Tramo j-k

$$Q = 8.71 \text{ m}^3/\text{h}$$

1 Codo (90°) 63mm

1 T 63mm

TABLA 3.4

NUMERO EQUIVALENTE DE METROS DE TUBERIA RECTA

PARA TEES Y CODOS DE P.V.C.

MEDIDA D ACOPLES (mm)	20	25	32	40	50	63	75	90	110
CODO 90°	0.46	0.61	0.82	1.07	1.3	1.7	2	2.44	3.05
TEE	1	1.4	1.74	2.3	2.7	3.66	4.3	5.2	6.7

De la tabla 3.4 obtenemos que para un codo de 90° de 63mm equivalen a las pérdidas de un tramo de 1.7m de tubería recta de 63mm, con estos datos calculamos la pérdida existente en un tramo de 1.7m de tubería que 63mm por el cual atravieza un flujo de 8.71 m³/h, usando la fórmula de Hazen-Williams.

$$h_f = 0.033 \text{ Psig}$$

De igual modo encontramos la equivalencia para la T de 63mm que corresponden a 3.7m de tubería recta.

$$h_f = 0.071 \text{ Psig}$$

TABLA 3.5

PERDIDAS POR FRICCION EN ACCESORIOS PARA EL MODULO 17

	diámetro nom (mm)	20	25	32	40	50	63	75	90	110
	diámetro int (mm)	17	22	28.8	36.2	46	59	71	83	103.2
	CAUDAL									
	LONG.									
	(m ³ /h)									
	(m)									
TRAMO a-b	0.39	1	0.002							
TRAMO b-c	0.27	1	0.013							
TRAMO c-d	0.45	1	0.034							
TRAMO d-e	0.63	1	0.063							
TRAMO e-f	0.81	1	0.101							
TRAMO f-g	0.93	1	0.130							
TRAMO g-h	1.89	2.32	0.028							
TRAMO h-i	1.89	1.07	0.013							
TRAMO i-j	2.96	2.32	0.065							
TRAMO j-k	8.71	1.7	0.033							
	8.71	3.7	0.071							
	8.71	0.018	0.004							
TRAMO k-l	12.61	4.3	0.067							
TRAMO l-m	16.15	4.3	0.105							
TRAMO m-n	17.59	4.3	0.124							
	17.59	2	0.057							
	17.59	2	0.057							
TRAMO n-n	18.49	5	0.158							
TRAMO n'-o	18.49	2.44	0.036							
	18.49	2.44	0.036							
TRAMO o-p	22.05	6.7	0.137							
	22.05	3.05	0.022							
TRAMO p-q	26.22	6.7	0.457							
TRAMO q-12	26.22	3.05	0.030							
			hfacc. 1.843							

Las fórmulas utilizadas para el cálculo fueron 8, 9 y 5

La tabla 3.5 nos muestra las pérdidas existentes en codos y tees en los diferentes tramos del módulo 17.

Las pérdidas totales en accesorios, para éste módulo fueron:

$$h_{f(acc)} = 1.843 \text{ Psig.}$$

Las pérdidas en las válvulas solenoides se listan en la tabla 3.6

En nuestro caso fueron:

Módulo 17:

1 Válvula de control RainBird modelo 200-PESB con conexión de entrada y salida de 2" con una capacidad de 125 GPM, la cual presenta una pérdida de **6.8 Psig.**

Módulo 6:

1 Válvula solenoide 200-PESB de 125 GPM, con una pérdida de **6.8 Psig.**

1 Válvula solenoide 150-PESB de 30 GPM tiene una pérdida de **1.5 Psig.**

TABLA 3.6

**Pérdidas en válvulas de control Rainbird modelo PESB (Psig)
(Ref.5)**

Flujo (GPM)	100-PESB 1"	150-PESB 1-1/2"	200-PESB 2"
5	2.0		
20	2.5	1.5	
30	5.0	1.5	
50	15.5	2.2	1.2
75		3.9	2.4
100		7.0	4.2
125		11.3	6.8
150		16.2	9.8

Las **pérdidas totales por fricción** en cada uno de los módulos son:

Módulo 17:

$$h_{fT} = h_{f(secd.)} + h_{f(princ.)} + h_{f(acc.)} + h_{f(valv.)}$$

$$h_{fT} = (3.375+9.203+1.843+6.8)Psig$$

$$\underline{h_{fT} = 21.22 Psig.}$$

Módulo 6:

$$h_{\pi} = (5.381 + 3.388 + 2 + 6.8 + 1.5) \text{Psig}$$

$$h_{\pi} = \underline{19.07 \text{Psig}}$$

CAPITULO 4

CALCULO Y SELECCIÓN DE LA BOMBA

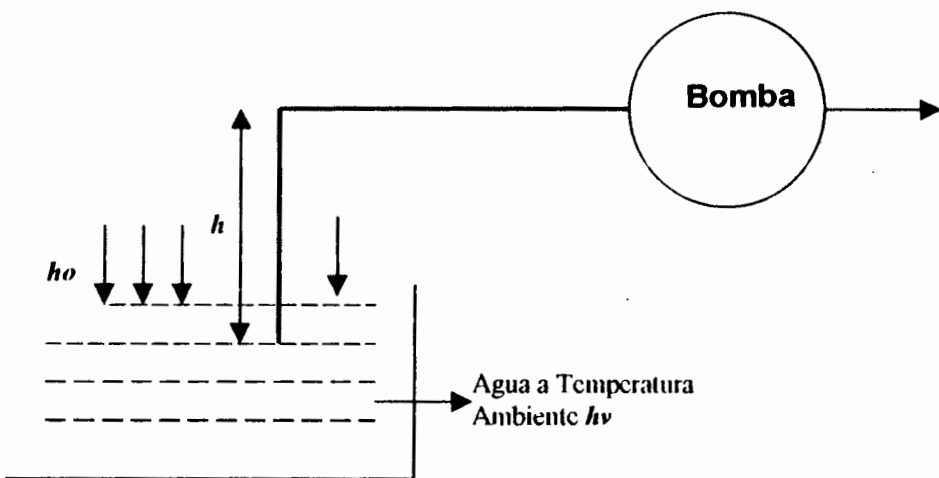
4.1. Cálculo del NPSH disponible.

En un sistema de bombeo $NPSH_A$ (disponible) debe ser mayor o igual que el NPSH requerido, para evitar que se vaya a producir cavitación en la bomba, ya que nos traería problemas de funcionamiento y desgaste.

El $NPSH_A$ se lo calcula, mientras que el cabezal de succión requerido es un dato que lo proporciona el fabricante y se lo encuentra en las curvas de la bomba.

La fórmula para calcular el $NPSH_A$ es:

$$NPSH_A = h_o - h_v - h - h_s \quad (11) \quad (\text{Ref.6})$$



donde:

h_o = Presión atmosférica (m)

h_v = Presión de saturación correspondiente a la temp. del líquido
(m)

h = Altura desde la succión hasta el centro de la bomba.

h_s = Perdidas en la línea de succión.

Para nuestro caso trabajamos con los siguientes datos:

$h_o = 10.36$ m al nivel del mar

$h_v = 0.366$ m (a 30°C)

$h = 3$ m

h_s se lo calcula con la fórmula de Hazen-Williams:

$h_s = 0.384$ m

$$\mathbf{NPSH_A = 10.36 \text{ m} - 0.366 \text{ m} - 3 \text{ m} - 0.384}$$

$$\mathbf{NPSH_A = 6.61 \text{ m}}$$

12 Requisitos de Presión y Caudal.

En el capítulo anterior se calcularon las perdidas totales por fricción en el sistema.

La presión de operación del aspersor es de 35 Psi o lo **que es** lo mismo

25 metros de agua. $h_{pres.req.}$

La carga dinámica total H_T es:

$$H_T = h_{ft} + h_{pres\ req} + H_{ET} \quad (12) \text{ Ref.6}$$

Módulo 17:

$$1\text{Psig} = 0.703 \text{ m de H}_2\text{O}$$

$$h_f = 21.22 \text{ Psig} = 14.92\text{m}$$

Entonces la presión requerida que se obtuvo para que el agua llegue al Aspersor más lejano en el módulo 17 fue:

$$H_T = 14.92\text{m} + 25\text{m} + 3\text{m}$$

$$H_T = 42.92 \text{ m}$$

Módulo 6:

En el módulo 6 las pérdidas por fricción fueron:

$$h_f = 19.07 \text{ psig.} = 13.4\text{m} \quad \text{Tubería de 110mm.}$$

En éste módulo H_{TE} es **27m** desde la bomba hasta punto **mas** alto donde que hay que elevar agua.

En este caso **la** presión requerida para que el sistema funcione fue:

$$H_T = 13.4m + 25m + 27m$$

$$H_T = 65.4 \text{ m Tubería de 110mm.}$$

Calculadas las presiones en los dos sectores críticos y siendo que para llevar el agua hasta el módulo 6 necesitamos más presión entonces los requerimientos de presión para la selección de la bomba que se escogió es de **65.4 m**.

El mayor caudal que se necesita es de **41 m³/h** que corresponde al módulo 16. Estos son los requisitos que necesitamos para la selección de la bomba.

Los requisitos de presión y caudal que nosotros requerimos serán de:

$$H_T = 66m \quad \text{Tubería de 110mm}$$

$$Q = 41m^3/h$$

4.3. Cálculo de La Potencia del Motor.

La potencia con la que debe funcionar el motor de la bomba se la calcula con la siguiente fórmula:

$$Pot = (Q H_T / 76 * e) * FS \quad (13) \quad (\text{Ref.6})$$

$$Pot = HP$$

$$Q = \text{lt/s}$$

HT = m de agua.

e = eficiencia de la bomba (se consideró 70%)

FS = factor de seguridad (1.15)

$1 \text{ m}^3/\text{h} = 0.278 \text{ lt/s}$

$$\text{Pot} = (11.4 \text{ lt/s}) * 66 \text{ m} * 1.15 / (76 * 0.7)$$

$$\text{Pot} = \underline{16.26 \text{ HP}} \quad \text{Tubería de 110mm.}$$

4.4. Selección de la Bomba.

La bomba deberá seleccionarse de tal modo que pueda suministrar el agua necesaria con suficiente carga, de modo que pueda vencer las pérdidas totales existentes en todo el sistema sean estas en la tubería, accesorios, altura y para que se descargue en los cañones a la presión adecuada.

El conocimiento de las curvas características de una bomba nos permitió escoger la bomba que mejor se adapta a las condiciones de trabajo y de esta forma lograr un rendimiento relativamente alto.

La bomba que utilizaremos será una bomba centrífuga de eje horizontal, que son las más utilizadas en riego, debido a su alto rendimiento, menos averías que las verticales, son sencillas de instalar,

y alcanzan velocidades elevadas, por lo que es conveniente que **vayan** acopladas directamente.

En la figura A.1 se muestra una curva característica de la bomba seleccionada utilizando el galonaje requerido y la carga dinámica total calculada para el sistema.

Observamos también que el $NPSH_A$ calculado es mayor que el requerido por la bomba que es de 3m.

CAPITULO 5

AUTOMATIZACION DE LA RED DE RIEGO

Una red de riego automática trae muchas ventajas, que enumeraremos a continuación.

- Hay redes de riego automáticas que están concebidas para desarrollar programas de riego previamente establecidos y planificados, de acuerdo con lo que sea más conveniente para el cultivo.
- Con la automatización de una red de riego se puede ahorrar agua, además que permiten una entrega más exacta de las cantidades de agua, mejorando de esta manera la eficiencia del riego.
- El manejo manual de redes de riego origina en ocasiones maniobras equivocadas en las válvulas, lo cual implica pérdidas de agua .
- Otras de las ventajas de la automatización es el ahorro de tiempo y dinero en cuanto a mano de obra, ya que, se gastará menos agua y dinero en pago de jornales, quedando horas libres a los regantes para dedicarse a otras faenas. Los costos iniciales de un sistema automatizado es elevado, pero a largo plazo estos valores son mucho menores que lo que costaría pagar a los operarios por el manejo manual de los mismos, además de los riesgos existentes por descuido o mala voluntad de éstos en el manejo

de las válvulas. Con la automatización no tendremos errores ni mala voluntad.

5.1. Planificación y Programación del riego.

Una vez que todo el sistema de tuberías y los componentes del sistema de riego han sido calculados y completo el análisis hidráulico se debe decidir cual será el dispositivo con el cual controlaremos automáticamente el sistema.

Para nuestro proyecto utilizaremos un sistema de programación de riego para válvulas autónomas a pilas; con este sistema se puede automatizar el riego sin necesidad de contar con corriente eléctrica. Estamos hablando de las válvulas UNIK, las cuales son muy fáciles de programar, utilizar y de instalar, haciendo de esta manera el riego mas sencillo, sin la necesidad de estar llevando largos metros de cable hasta la ubicación de la válvula solenoide para enviar la señal desde el controlador.

El sistema UNIK es de fácil programación. Consta de una Consola y una Caja de Conexión (Fig.2.2), esta asociación funciona como un programador clásico del tipo IMAGE. La triple programación, permite asignar las estaciones de una misma caja a programas diferentes, en función del tipo de vegetación o del tipo de aspersor utilizado.

Las características de programación del sistema **UNIK** son las siguientes:

- Programación de la consola mediante un menu secuencial.
- 3 programas independientes A,B y C con hasta 8 arranques por programa y por día u una duración desde un minuto hasta doce horas en incrementos de 1 minuto y un calendario de 7 días.
- La consola de programación puede programar un número ilimitado de cajas de conexión de la gama UNIK
- Funcionamiento secuencial o independiente para las estaciones de una misma caja.
- Sincronización automática del reloj con la consola.

Con el adaptador de plástico del solenoide UNIK, le permitirá instalar el solenoide en todas las válvulas RainBird PESB.

Una vez colocadas las válvulas, la caja de conexión se instala muy facilmente mediante los agujeros de fijación (Fig.5.1). **El** programa se define luego en la consola igual que si se tratará de una programador convencional (Fig.5.2) . Gracias a una conexión infrarroja el programa se graba en poco tiempo en la memoria de la Caja (Fig.5.3) . Este sistema puede funcionar de forma autónoma durante un año gracias a la pila alcalina **de 9 V** (Fig.5.4.) .

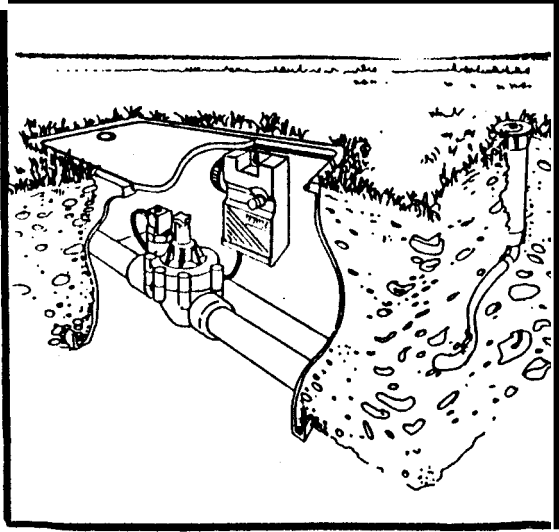


Fig. 5.1. Instalación de las cajas de Conexión y de los Solenoides

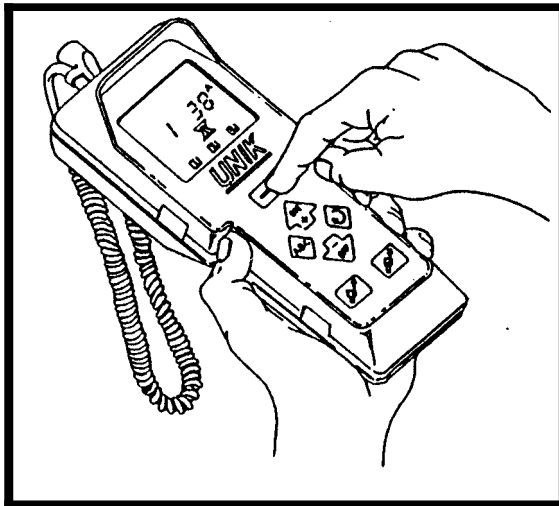


Fig. 5.2 Definición del Programa

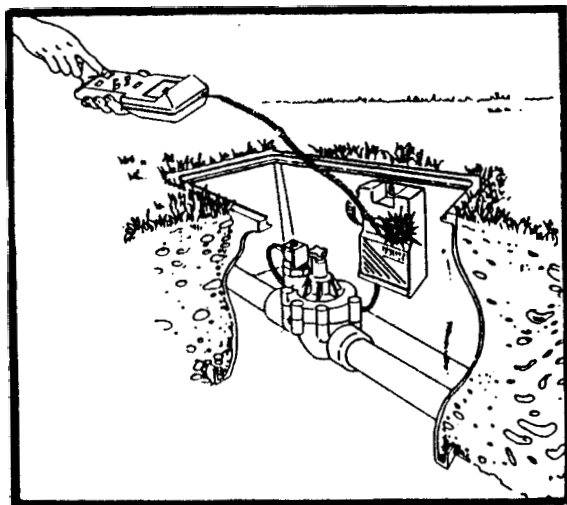


Fig. 5.3. Transmisión del Programa a la Caja.

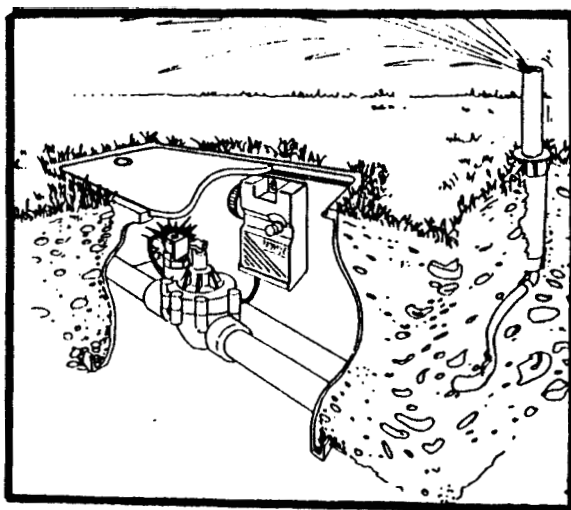


Fig. 5.4. Funcionamiento Autónomo

CAPITULO 6

INSTALACION DE LA RED DE RIEGO

Una vez hecho el diseño de la red de riego y seleccionado todo el equipo necesario para su implementación es necesario replantear la red sobre el terreno, es decir dibujar las líneas laterales y principales de la red sobre el terreno.

Estas alineaciones se marcan con estacas situadas en los vértices que suelen servir de puntos más permanentes en la construcción. Entre los vértices del trazado se sitúan estaquillas que permitan identificar cada perfil para la ubicación de las zanjas. Las estaquillas suelen ser de colores distintos para diferenciar así las líneas laterales de las principales, preferiblemente de los colores que se usan en el plano para identificarlos más fácil.

Hecho el replanteo del dibujo se hacen las zanjas para colocar las tuberías enterradas, las profundidades de las zanjas dependerán del diámetro de las tuberías. Las distintas profundidades a las cuales se hará las excavaciones de las zanjas para colocar las tuberías de los distintos diámetros varían entre 15*15 cm hasta 50*50 cm de

profundidad. Dentro de lo que corresponde a apertura de zanjas se encuentra la remoción de adoquines para instalación de tubería secundaria y en otros casos se tendrá que remover el asfalto de la carretera. Cuando los tramos de tubería atraviesan adoquines o carretera, se pondrá una capa base de arena.

Una vez limpias las partes a unir de la tubería de **PVC** pegable con polilimpia, se extiende sobre ellas la **polipega** que es una mezcla de acetona con polvo de cloruro de polivinilo cubiertas completamente, se enchufa, se deja secar unos minutos y la unión queda lisa. Se procede de igual forma con las Tees, codos, reductores, etc.

Las cantidades de los materiales que se necesitarán para la instalación se adjuntan en las **Tablas A.4, A.5, A.6, A.7 y A.8.**

i.1. Cronograma de actividades.

En la tabla 6.1 se listan las actividades a realizarse durante la instalación y el tiempo que tomará la terminación de las mismas.

i.2. Puesta en marcha.

6.2.1. Limpieza.

Cuando se pone en marcha un sistema de riego **por primera vez** es necesario que todas sus partes sean lavadas, **así** eliminamos



TABLA 6.1

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA INSTALACION

Nº	NOMBRE DE LA TAREA	DURACION (días)
1	REPLANTEO DEL RIEGO EN EL TERRENO	4
2	APERTURA DE ZANJAS DE TUB. PRINCIPAL(*)	21
3	APERTURA DE ZANJAS DE TUB. SECUNDARIA(*)	10
4	APERTURA DE ZANJAS DE TUB. TERCIARIA(*)	21
5	CORTE DE CARRETERA	3
6	OBRAS DE ARTE PARA ATRAVEZAR CANALES	7
7	PEGAR TUBERIA PRINCIPAL	21
8	PEGAR TUBERIA SECUNDARIA	15
9	PEGAR TUBERIA TERCIARIA	15
10	PEGAR ACCESORIOS DE TUBERIA	7
11	COLOCAR CAMAS DE ARENA EN ZANJAS (PASES-DE-CARRETERA Y ADOQUINES)	7
12	TAPAR ZANJAS DE TUBERIA PRINCIPAL	10
13	TAPAR ZANJAS DE TUBERIA SECUNDARIA	10
14	TAPAR ZANJAS DE TUBERIA TERCIARIA	21

(*) Incluye levantamiento de adoquines

el riesgo de dañar los equipos de riego o de obstruir **los** aspersores con restos que hayan quedado durante su instalación.

Se deben abrir todas las válvulas de vacío sobre la línea principal y secundarias, así como todos los extremos del final de las líneas terciarias y hacer circular por ellas agua limpia a la mayor presión posible para arrastrar toda la suciedad acumulada. Se lavará un módulo a la vez. La duración del desagüe por lo general es de 15 minutos después de que todos los aspersores hayan comenzado a botar agua. Una vez limpias las tuberías, **se** cierran las válvulas de vacío de la línea principal (en caso de existir), luego las válvulas de las líneas secundarias y finalmente los extremos de las tuberías terciarias.

Difícilmente se puede dar normas sobre la frecuencia con que hay que limpiar los filtros esto depende de la calidad del agua y de las impurezas que contenga. Un buen funcionamiento de la instalación exige, aún cuando el agua este limpia , que al final de cada riego los filtros se limpien, esto evita que los materiales retenidos por el filtro se consoliden en períodos prolongados sin uso.

El filtro situado antes de la aspiración de la bomba debe tener un cuidado especial, ya que, su obstrucción puede ocasionar el funcionamiento en vacío de la bomba. Se debe vigilar y comprobar los dispositivos de seguridad contra la marcha en **seco** con frecuencia.

6.2.2. Precauciones ante los Golpes de Ariete.

Los golpes de ariete se manifiestan cuando el agua de una tubería bajo presión es sometida a una variación de caudal., es decir de velocidad., lo que produce una serie de golpes que suenan como martillazos, las variaciones de velocidad se pueden producir **al** maniobrar las válvulas, en la puesta en marcha de la bomba, parada de la bomba, desplazamiento de una bolsa de aire a lo largo de la tubería o salida frecuente o rápida del aire de una tubería. De aquí que todo cambio de caudal deba hacerse gradualmente con el fin de evitar excesivos aumentos de presión.

Un medio de evitar los golpes de ariete, es el de efectuar cuidadosamente las maniobras de cierre y apertura de las válvulas, mientras más rápido se abran o cierren las válvulas más probables son los golpes de ariete. Existen tablas en donde se indican los tiempos mínimos para el cierre de las válvulas para

distintas clases de presión, limitando así la sobrepresión a un valor que no ocasione ningún daño a la red.

Se debe realizar un arranque correcto del sistema cuando las tuberías estén vacías se llenarán tan lentamente como sea posible.

Una forma de prevenir también los golpes de ariete es presurizando la línea, evitando así que se formen muy a menudo bolsas de aire.

6.3. Recomendaciones para el servicio y mantenimiento.

En un sistema de riego por aspersión , hay bastantes puntos en los que puede producirse una avería.

En el caso de que no salga agua por el aspersor, lo que se podría hacer es desmontar un aspersor, si el agua sale por el orificio, entonces significa que el aspersor está obstruido . Se deben limpiarlos. En el caso que no salga agua por el orificio entonces, se deben verificar las válvulas, puede suceder que haya una válvula dañada o este cerrada. Si esto sucede se debe reparar la válvula o abrirla simplemente. **Si** las válvulas funcionan correctamente y todas están abiertas, entonces hay que revisar cada una de los filtros que existan, puede ser que estén obstruidos y habrá que limpiarlos.

Con respecto a la bomba cuando se instala el grupo de bombeo, para que funcione continuamente y eficientemente y en el mayor tiempo de duración del equipo, se necesita que éste quede instalado correctamente, además que tenga una buena sustentación y este bien alineado. Al hacer las pruebas, lo primero que hay que hacer en el caso de que se trate de una bomba centrífuga estas deben ser cebadas para que funcionen correctamente. No succionan agua si la caja y el tubo de succión no están llenos de agua.

Cuando una bomba centrífuga deja de funcionar o si baja tanto la descarga como la presión, se debe investigar cual es el origen del problema sin perder tiempo. Según investigaciones la mayor parte de dificultades se puede dar en la tubería de succión, válvulas de pie, juntas, codo y demás accesorios. Se deben eliminar las fugas de aire en dicha tubería de succión para de este modo obtener el máximo rendimiento.

CAPITULO 7

COSTOS TOTALES

7.1. Análisis Económico.

Haremos el estudio económico de un sistema automático en un lapso de tiempo de 10 años. De igual forma se hará un estudio de los costos de operación manual.

Para determinar el costo total del riego, debemos incluir todos los gastos fijos y de aplicación. **Los** gastos fijos son todos los egresos iniciales **de** adaptación o capital de inversión para que el sistema funcione. **Los** gastos de aplicación incluyen todos los costos periódicos, como son agua, mano de obra y operación de la bomba.

Dentro de los gastos fijos están los costos de material (tabla 7.1) **y los** costos de instalación (tabla 7.2), que vendrían a ser los costos de inversión inicial. En estos gastos también se incluye los costos de depreciación del sistema.

Depreciación de la Bomba : 16 años $\rightarrow 15'555.000/16 =$ **S/.972.200**

Depreciación de la Caseta : 20 años $\rightarrow 4'000.000/20 =$ **S/. 200.000**

Deprec. Resto del Sistema :10 años $\rightarrow 234'415.000/10=$ **S/.23'415.000**

En relación a los Gastos de Aplicación; para el diseño de riego del Campus Prosperina, sección ingenierías, el agua se tomará del Lago por lo que los gastos de aplicación de agua no se consideran.

Con respecto a la mano de obra en la tabla 7.3 se observan estos valores para el caso del riego automatizado y riego no automatizado.

Los Gastos de operación de la bomba dependen del rendimiento de la misma y del costo de la energía eléctrica. Para efectos de cálculo tomaremos una tarifa de 500 sucres el KW-hr. Según la tabla A. , tenemos que el tiempo de operación de la bomba es de 11 horas diarias, lo que significa que la bomba operará 2310 horas al año.

$$\text{Energ. Recibida} = \text{Pot} * 0.746 = 17 \text{ HP} * 0.746 = \underline{13 \text{ KW-h}}$$

$$\text{Costo T. anual} = \text{Enrg. recib} * \text{Costo Enrg} * \text{\#de horas año (Ref.7)}$$

$$\text{Costo total anual} = 13 \text{ KW-hr} * 500 \text{ s/./KW-hr} * 2310 \text{ hr}$$

$$\text{Costo total anual} = 15'015.000 \text{ sucres/ año}$$

En diez años los Gastos de energía serán de **S/.150'150.000**.

Como podemos darnos cuenta el costo de operación de la bomba depende directamente del rendimiento, por tal motivo, para reducir las pérdidas en la línea principal y obtener menor potencia se cambio a

tubería de 160 mm la línea principal. De aquí la pregunta de que es **más** conveniente si comprar tubería de 160 mm y tener menor potencia o dejar la línea principal con tubería de 110mm. La decisión de esto se tomará basándose en que es más barato. Como en el capítulo 4 se hicieron los cálculos para la bomba con tubería de 110 mm, en este capítulo obtendremos la potencia de la **bomba** en el caso de usar tubería de 160 mm, obteniendo así pérdidas de 1.651 Psig para en la tubería principal por lo que:

$$h_f = 3.388 + 1.651 + 2 + 6.8 + 1.5$$

$$h_f = 15.38 \text{ Psig} = 10.8 \text{ m}$$

$$H_T = 10.8 + 25 + 27$$

$$H_T = 62.8 \text{ m}$$

$$\text{Pot} = 15.525 \text{ HP}$$

$$\text{Energ. Recibida} = 16 \text{ HP} * 0.746 = \underline{12 \text{ KW-h}}$$

$$\text{Costo total anual} = 12 \text{ KW-hr} * 500 \text{ s./KW-hr} * 2310 \text{ hr}$$

$$\text{Costo total anual} = 13'860.000 \text{ sucres/ año}$$

En diez años los gastos de energía serán de **S/.138'600.000**.

En el caso de usar tubería de 110mm el costo de los tubos sera de 150 tubos* S/.159.900 = **S/.23'985.000**; para los tubos de 160mm cada tubo

de 6 m cuesta S/.317.200 entonces tendremos un total de **S/. 47'580.000**. Sumando los costos de energía y los costos de tubería para los dos casos tendremos:

174'135.000 Tubería de 110mm

186'180.000 Tubería de 160mm

Si usamos tubería de 160mm gastaremos **S/.12'045.000** mas que en el caso de usar tubería de 110mm. Como vemos **es más conveniente usar tubería de 110mm** ya que el ahorro de energía no es muy considerable en el caso de usar tubería de 160mm, comparando con los costos de tubería. Así los costos de Operación de la Bomba en diez años serán de: **S/.150'150.000**.

TABLA 7.1
COSTOS DE MATERIAL

RIEGO AUTOMATIZADO	
EQUIPOS	VALOR (SUCRES)
1 ELECTROBOMBA IMH 5x25 DE 7"x2"	15'555.000
ASPERSORES DE PLASTICO RAINBIRD	90'000.000
FILTRO FLT 3000	4'000.000
TUBERIA PVC PEGABLE	96'815.000
VALVULAS SOLENOIDES	18'200.000
VALVULAS UNIK	15'400.000
ACCESORIOS PVC PEGABLES	10'000.000
TOTAL	249'970.000
RIEGO NO AUTOMATIZADO	
1 ELECTROBOMBA IMH 5x25 DE 2"x2"	15'555.000
ASPERSORES DE PLASTICO RAINBIRD	90'000.000
FILTRO FLT 3000	4'000.000
TUBERIA PVC PEGABLE	96'815.000
VALVULAS DE COMPUERTA	6'616.512
ACCESORIOS PVC PEGABLES	10'000.000
TOTAL	222'986.512

TABLA 7.2
COSTOS DE INSTALACION

DESCRIPCION	RIEGO AUTOMATICO	RIEGO NO AUTOMATICO
	VALOR (SUCRES)	VALOR (SUCRES)
EXCAVACION DE ZANJAS, REMOSION DE ADOQUINES, REMOSION DE CONCRETO DE CALLES PARA INSTALACION DE TUBERIA Y COLOCACION DEL MATERIAL REMOVIDO	48'500.000	48'500.000
OBRAS DE ARTE PARA ATRA- -VESAR CANALES DE 2m DE LONGITUD.	500.000	500.000
INSTALACION DE LA TUBE - RIA DE AGUA A PRESION CON SUS RESPECTIVOS ACCESORIOS	11'000.000	11'000.000
INSTALACION DE ASPER- SORES EN LOS PUNTOS CORRESPONDIENTES.	4'000.000	4'000.000
INSTALACION DE VALVULAS SOLENOIDES Y VALVULAS UNIK.	7'000.000	2'000.000
CONSTRUCCION DE LA CASETA PARA LA BOMBA	4'000.000	4'000.000
INSTALACION DEL GRUPO DE BOMBEO.	5'000.000	5'000.000
SUPERVISION DE LA OBRA.	13'000.00	13'000.00
TOTAL	93'000.000	88'000.000

*PARA RIEGO NO AUTOMATIZA
COMPUERTA.

TABLA 7.3
COSTOS DE MANO DE OBRA

DESCRIPCION	COSTO (SUCRES)
1 OPERARIO PARA LA BOMBA Y QUE SE ENCARGUE DE LA PROGRAMACION DEL RIEGO	1'600.000
2 AYUDANTES (TAMBIEN HARAN LABOR DE JARDINERIA). S/.800.000 C/U	1'600.000
COSTOS (MES)	3'200.000
COSTOS (AÑO)	38'400.000
COSTOS 10 AÑOS	384'000.000
RIEGO NO AUTOMATIZADO	
1 OPERARIO PARA LA BOMBA	1'000.000
4 PERSONAS PARA ABRIR Y CERRAR VALVULAS Y HACER LABORES DE JARDINERIA. S/.800.000 C/U	3'200.000
COSTOS (MES)	4'200.000
COSTOS (AÑO)	50'400.000
COSTOS 10 AÑOS	504'000.000

TABLA 7.4
COSTOS TOTALES DEL RIEGO

COSTOS DE MATERIALES	249'970.000
COSTOS DE INSTALACION	93'000.000
DEPRECIACION	24'587.200
COSTOS DE MANO DE OBRA EN DIEZ AÑOS.	384'000.000
COSTOS DE OPERACIÓN DE LA BOMBA EN DIEZ AÑOS.	150'150.000
TOTAL DE COSTOS EN DIEZ AÑOS	901'707.200
COSTOS DE RIEGO NO AUTOMATIZADO	
COSTOS DE MATERIALES	222'986.52
COSTOS DE INSTALACION	88'000.000
DEPRECIACION	21'915.352
COSTOS DE MANO DE OBRA EN DIEZ AÑOS.	504'000.000
COSTOS DE OPERAC. DE LA BOMBA EN DIEZ AÑOS.	150'150.000
TOTAL DE COSTOS EN DIEZ AÑOS	987'051.864

LU

Y

:

Del presente trabajo se puede concluir:

1. El trazo de las líneas laterales se debe limitar a no más de dos tamaños para de esta manera simplificar su operación.
2. Al hacer la comparación entre los tres métodos para determinar el diámetro de la tubería (método del caudal, método del diámetro Óptimo y el de las pérdidas permisibles) se obtuvieron los diámetros de tubería con los que el sistema alcanza un equilibrio entre costos de tubería y capacidad de bombeo. Al tratar de ahorrar en tubería las pérdidas aumentan , por lo tanto se requerirá mayor potencia para que la bomba cubra los requerimientos de presión, al aumentar la potencia del motor , entonces el motor consumirá mayor cantidad de corriente eléctrica.
3. La programación del riego de los módulos, está orientada con el objetivo principal de esta parte del proyecto, que es la del ahorro en tuberías y bomba. Y el resultado de esto es que el riego se hará de un módulo a la vez.
4. Cabe anotar que otro requisito para minimizar pérdidas en un proyecto de riego, es que no se debe en las líneas de distribución permitir que pérdidas

sean mayores que 2 psi. **Lo** aconsejable en estos caso, es acortar las distancias, en caso que se pueda, o aumentar el diámetro de la tubería.

5. Para seleccionar una bomba reduciendo costos, es imposible dejar de hacer un análisis profundo y minucioso de **los** requerimientos de tuberías, como el que se ha hecho en este trabajo.

6. El plano presentado en este proyecto es un plano hecho a escala, **Éste** es el resultado de los análisis hechos en este proyecto.

Bombas Centrifugas EJE LIBRE "EUROLINEA INDUSTRIAL"	Version:	P.E. y S.M.	MODELO: 5x25 ALTA PRESION Conexiones Succ: \bar{I} Desc: \bar{I}
	Ø Rotor:	Variable	
	Ø Max. Partículas:	11 mm.	
	Motor:	VARIABLE	
Potencia:	VARIABLE		

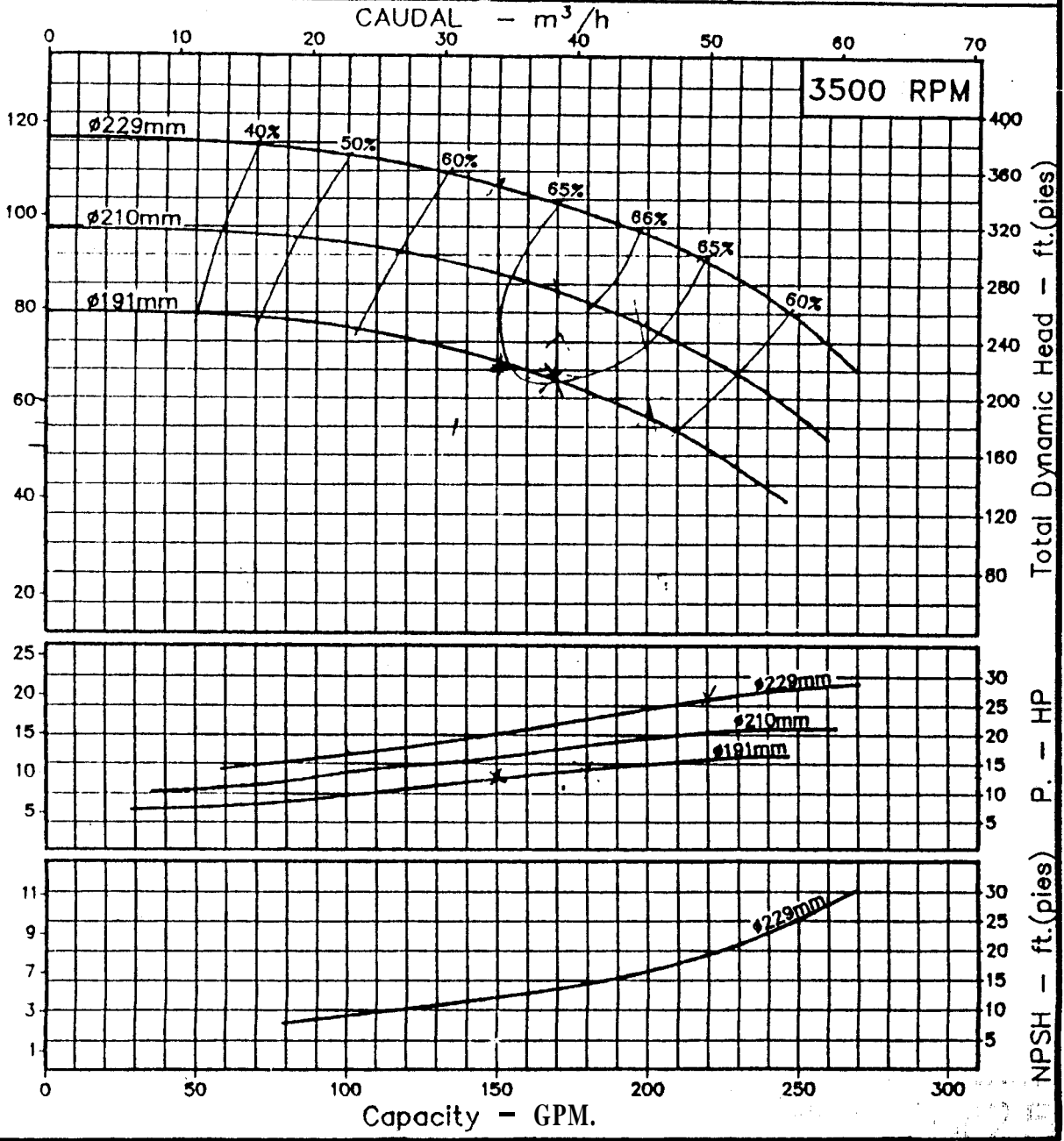


Fig.A.I. Curvas Caracteristicas de la Bomba Seleccionada

TABLA A.1

DIVISION DE MODULOS Y TIEMPOS DE RIEGO

MODULOS	ZONAS	CAUDAL (GPM)	TIEMPO RIEGO (Hr)
1	M 1.1	82.9	3.48
	M 1.2	24.8	3.48
2	M 2.1	125.4	3.48
3	M3.1-M3.2-M3.3-M3.4-M3.5-M3.6	115.37	0.85
	M3.7-M3.8-M3.9		0.85
4	M 4.2	100.7	0.85
	M 4.1		3.48
5	M 5.1	129.7	3.48
6	M 6.1-M 6.2-M 6.3 M 6.4	107.2	3.48
	M2.2	26.2	3.48
7	M 7.1-M7.2	83.4	3.48
	M 3.10	52.1	3.48
8	M2.3	127.6	3.48
9	M 9.5-M 9.6-M 9.7 M 9.9-M9.11- M10.2-M10.3-M10.6-M10.7-M12.4	115.9	3.48
10	M10.4-M10.5M10.8	126.7	3.48
11	M11.1-M11.2-MI1.3-MI1.4-MI1.5- MI1.7-MI1.8	113.8	3.48
12	M12.2-MI2.3-MI2.5	108.6	3.48
13	M12.6-M12.7	70	3.48
	M11.13	52.1	3.48
14	M8.12-M9.2	115.7	3.48
15	M8.13	61.9	3.48
	M9.1-M9.3	66.2	3.48
16	M9.5-M9.6-M9.8-M9.10-M9.12-M9.13- M10.1-M12.1-M12.2-M12.4	130.73	0.85
17	M11.1-M11.5-M11.6-M11.7-M11.9- M11.10-M11.11-M11.12-MI2.7	132.82	0.85
18	M8.1-M8.2-M8.3-M8.4-M8.6-M9.4- M10.8-M10.9	124.4	0.85
19	M8.5-M8.7-M8.8-M8.9-M8.10-M8.11	116.41	0.85
20	M8.11-M8.12-M7.3-M7.4-M7.5-M7.6- M7.7	116.17	0.85
	M4.1		3.48
21	M1.3	42.6	3.48

CALCULO DE DIAMETROS Y PERDIDAS POR FRICCIÓN POR TRAMOS DE TUBERÍA PARA EL MODULO 7

			DIAM. (mm)	20	25	32	40	50	63	75	90	110
			DIAM. INT. (mm)	17	22	28.8	36.2	46	59	71	83	103.2
			DIAM. INT. (m)	0.017	0.022	0.0288	0.0362	0.046	0.059	0.071	0.083	0.1032
	CAUDAL (m ³ /h)	LONG. (m)	V (m/s)	0.092								
			ds (mm)	4.938								
			hf (P/sig)	0.007								
				0.007								
TRAMO a-b	0.09	4.27		0.276								
				8.553								
				0.054								
				0.067								
TRAMO b-c	0.27	4.27		0.460								
				11.042								
				0.140								
				0.201								
TRAMO c-d	0.45	4.27		0.643								
				13.065								
				0.331								
				0.532								
TRAMO d-e	0.63	5.43		0.827								
				14.814								
				0.296								
				0.829								
TRAMO e-f	0.81	3.05		0.950								
				15.873								
				0.134								
				0.963								
TRAMO q-h	1.89	28.35		1.930	1.193	0.673	0.426					
				22.629	22.629	22.629	22.629					
				13.233	3.783	1.023	0.337					
							1.300					
TRAMO h-i	1.89	9.15		1.930	1.193	0.673	0.426					
				22.629	22.629	22.629	22.629					
				4.271	1.221	0.336	0.109					
							1.499					
TRAMO i-j	2.96	15.24		3.023	1.895	1.053	0.667					
				28.319	28.319	28.319	28.319					
				16.327	4.867	1.262	0.415					
							1.824					
TRAMO j-k	8.71	22.26		3.895	5.311	3.099	1.982	1.215	0.738			
				48.578	48.578	48.578	48.578	48.578	48.578			
				176.011	50.313	13.601	4.479	1.399	0.418			
									2.242			
TRAMO k-l	12.61	3.98		12.878	7.889	4.487	2.840	1.759	1.069			
				58.450	58.450	58.450	58.450	58.450	58.450			
				62.133	17.781	4.801	1.581	0.494	0.147			
									2.369			
TRAMO l-m	16.15	41.16		16.683	9.848	5.747	3.637	2.233	1.369	0.948		
				66.148	66.148	66.148	66.148	66.148	66.148	66.148		
				1021.203	291.914	78.819	23.987	8.117	2.423	0.996		
									3.375			
TRAMO m-n	17.59	77.13		17.964	10.729	6.259	3.962	2.453	1.491	1.030		
				68.034	68.034	68.034	68.034	68.034	68.034	68.034		
				2261.583	646.767	173.212	57.843	17.817	5.318	2.164		
									3.539			
TRAMO n-o	18.49	77.4		18.883	11.275	6.579	4.164	2.579	1.568	1.083	0.792	
				76.778	76.778	76.778	76.778	76.778	76.778	76.778	76.778	
				2487.228	795.268	196.647	62.784	19.810	5.854	2.382	1.118	
											6.655	
TRAMO o-p	22.02	45.43		22.488	13.428	7.835	4.939	3.071	1.887	1.289	0.943	
				77.239	77.239	77.239	77.239	77.239	77.239	77.239	77.239	
				2801.435	572.117	154.655	58.831	15.988	4.749	1.932	0.905	
											7.560	
TRAMO p-q	28.22	55.18		26.777	15.889	9.339	5.995	3.657	2.223	1.535	1.123	0.727
				84.284	84.284	84.284	84.284	84.284	84.284	84.284	84.284	84.284
				3358.858	988.139	259.544	85.474	28.887	7.970	3.243	1.318	0.527
												8.087
TRAMO q-12	28.22	470		26.777	15.889	9.339	5.995	3.657	2.223	1.535	1.123	0.727
				84.284	84.284	84.284	84.284	84.284	84.284	84.284	84.284	84.284
				28888.3	8178.058	2218.890	728.831	227.399	67.884	27.821	12.837	4.491
												8.202

Las fórmulas usadas para el cálculo fueron R, S y S

TABLA A.3**ACCESORIOS ENCONTRADOS EN EL MODULO 17 PARA EL
CALCULO DE LAS PERDIDAS POR FRICCION**

TRAMO	ACCESORIOS
a-f	6 Tees de 20mm
f-g	1 Codo de 20 mm
g-h	1 Tee de 40mm 1 Reductor de 40mm-20mm
h-l	1 Codo de 40mm
i-j	1 Tee de 40mm 1 Reductor de 40mm-20mm
j-k	1 Codo de 63mm 1 Tee de 63mm 1 Reductor de 63mm-32mm
k-l	1 Tee de 75mm 1 Reductor de 75mm-63mm
l-m	1 Tee de 75mm 1 Reductor de 75mm-32mm
m-n	2 Codos de 75mm 1 Tee de 75mm 1 Reductor de 75mm-25mm
n-o	2 Codos de 90mm 1 Tee de 90mm 1 Reductor de 90mm-40mm
o-p	1 Codo de 90mm 1 Tee de 90mm 1 Reductor de 110mm-90mm
p-q	1 Codo de 110mm 1 Tee de 110mm 1 Reductor de 110mm-50mm
q-12	7 Tees de 110mm 2 Reductor de 110mm-63mm

TABLA A.4

LISTA DE ASPERSORES POR ZONAS

ZONAS	ASPERSOR	NUMERO	(Pres/Radio/Caudal) (Psig/ft/GPM)
M 1-1	<u>T 40-15</u>	5	<u>(35/35/1.8)</u>
	<u>T 40-20</u>	16	<u>(35/39/2.6)</u>
	<u>T 40-30</u>	5	<u>(35/41/3.9)</u>
M 1-2	<u>T 40-15</u>	6	<u>(35/35/1.8)</u>
	<u>T 40-20</u>	10	<u>(35/39/2.6)</u>
	<u>T 40-30</u>	8	<u>(35/41/3.9)</u>
M 2-1	<u>T 40-15</u>	3	<u>(35/35/1.8)</u>
	<u>T 40-20</u>	15	<u>(35/39/2.6)</u>
	<u>T 40-30</u>	17	<u>(35/41/3.9)</u>
M 2-2	<u>T 40-15</u>	3	<u>(35/35/1.8)</u>
	<u>T 40-20</u>	5	<u>(35/39/2.6)</u>
	<u>T 40-30</u>	2	<u>(35/41/3.9)</u>
M 2-3	<u>T 40-15</u>	4	<u>(35/35/1.8)</u>
	<u>T 40-20</u>	17	<u>(35/39/2.6)</u>
	<u>T 40-30</u>	16	<u>(35/41/3.9)</u>
M 3-1	1800-15Q	1	(30/15/0.93)
	1800-15H	6	(30/15/1.85)
	<u>T 40-10-RC</u>	1	<u>(35/26/1.1)</u>
M 3-2	1800-15Q	2	(30/15/0.93)
	1800-15T	3	(30/15/1.23)
	1800-15H	11	(30/15/1.85)
	1800-15TQ	1	(30/15/2.78)
	1800-15F	1	(30/15/3.7)
M 3-4	1800-8T	2	(30/8/0.52)
	1800-8H	35	(30/8/0.79)
M 3-5	1800-15Q	3	(30/15/0.93)
	1800-15T	2	(30/15/1.23)
	1800-15H	4	(30/15/1.85)
	1800-15TQ	1	(30/15/2.78)
M 3-6	1800-612Q	5	(30/12/0.5)
M 3-7	1800-812Q	2	(30/12/0.5)
	1800-812T	1	(30/12/0.67)



TABLA A.4

LISTA DE ASPERSORES POR ZONAS

M 3-7	1800-B12H	3	(30/12/1)
M 3-8	1800-B12Q	2	(30/12/0.5)
	1800-B12T	1	(30/12/0,67)
	1800-812H	2	(30/12/1)
	1800-15Q	1	(30/15/0.93)
M 3-9	1800-15Q	1	(30/15/0.93)
	1800-15T	3	(30/15/1.23)
	1800-15H	3	(30/15/1.85)
	1800-15F	1	(30/15/3.7)
M 3-10	<u>T 40-20</u>	<u>11</u>	<u>(35/39/2.6)</u>
	<u>T-30-13</u>	<u>14</u>	<u>(35/30/1.3)</u>
M 4-1	<u>T 40-30-RC</u>	<u>15</u>	<u>(35/35/3.3)</u>
	<u>T 40-15</u>	<u>10</u>	<u>(35/35/1.8)</u>
M 4-2	<u>T 40-15</u>	2	<u>(35/35/1.8)</u>
	<u>T 40-20</u>	16	<u>(35/39/2.6)</u>
	<u>T 40-30</u>	8	<u>(35/41/3.9)</u>
	1800-812Q	1	(30/12/0.5)
	1800-812T	1	(30/12/0,67)
	1800-812H	13	(30/12/1)
	1800-812F	1	(30/12/2)
M 5-1	<u>T 40-15</u>	2	<u>(35/35/1.8)</u>
	<u>T 40-20</u>	20	<u>(35/39/2.6)</u>
	<u>T 40-30</u>	19	<u>(35/41/3.9)</u>
M 6-1	<u>T 40-15</u>	3	<u>(35/35/1.8)</u>
	<u>T 40-20</u>	6	<u>(35/39/2.6)</u>
	<u>T 40-30</u>	1	<u>(35/41/3.9)</u>
M 6-2	<u>T 40-15</u>	11	<u>(35/35/1.8)</u>
	<u>T 40-30-RC</u>	2	<u>(35/35/3.3)</u>
M 6-3	T 22-13	6	(35/22/1.3)
M 6 4	<u>T 40-30-RC</u>	2	<u>(35/35/3.3)</u>
M 7-1	<u>T 40-15</u>	7	<u>(35/35/1.8)</u>
	<u>T 40-20</u>	6	<u>(35/39/2.6)</u>
	<u>T 40-30</u>	2	<u>(35/41/3.9)</u>

TABLA A.4

LISTA DE ASPERSORES POR ZONAS

M 7-2	<u>T 40-15</u>	2	<u>(35/35/1.8)</u>
	<u>T 40-20</u>	<u>10</u>	<u>(35/39/2.6)</u>
	<u>T 40-30</u>	4	<u>(35/41/3.9)</u>
	<u>T 40-10RC</u>	2	<u>(35/26/1.1)</u>
M 7-3	1800-15Q	2	(30/15/0.93)
	1800-15T	1	(30/15/1.23)
	1800-15H	3	(30/15/1.85)
	1800-15CST	3	(30/4*30/1.21)
M 7-4	1800-8Q	2	(30/8/0.39)
	1800-8T	1	(30/8/0.52)
	1800-B12Q	2	(30/12/0.5)
	1800-812H	2	(30/12/1)
M 7-5	1800-B12Q	3	(30/12/0.5)
	1800-B12H	4	(30/12/1)
M 7-6	1800-15Q	1	(30/15/0.93)
	1800-15H	5	(30/15/1.85)
	1800-15F	1	(30/15/3.7)
M 7-7	1800-8Q	1	(30/8/0.39)
	1800-8T	1	(30/8/0.52)
	1800-8H	35	(30/8/0.79)
	1800-812Q	2	(30/12/0.5)
	1800-B12T	1	(30/12/0.67)
	1800-812H	11	(30/12/1)
	1800-612F	3	(30/12/2)
M 8-1	1800-15Q	3	(30/15/0.93)
	1800-15H	8	(30/15/1.85)
	1800-15TQ	2	(30/15/2.78)
M 8-2	1800-612Q	5	(30/12/0.5)
	1800-B12H	12	(30/12/1)
	1800-12TQ	2	(30/12/1.95)
	1800-B12F	9	(30/12/2)
M 8-3	1800-612Q	3	(30/12/0.5)
	1800-812H	5	(30/12/1)
	1800-612F	1	(30/12/2)
	1800-10Q	3	(30/10/0.39)
M 8-4	1800-615CST	1	(30/6*26/1.29)

TABLA A.4

LISTA DE ASPERSORES POR ZONAS

M 8-4	1800-10Q	4	(30/10/0.39)
	1800-10Q	1	(30/10/0.39)
M 8-5	1800-1CH	10	(30/10/0.79)
	1800-812Q	3	(30/12/0.5)
	1800-812T	1	(30/12/0.67)
	1800-812H	5	(30/12/1)
	1800-12TQ	1	(30/12/1.95)
	1800-812F	2	(30/12/2)
	1800-8Q	1	(30/8/0.39)
M 8-6	1800-8H	2	(30/8/0.79)
	1800-10Q	1	(30/10/0.39)
	1800-1OT	3	(30/10/0.52)
	1800-1CH	6	(30/10/0.79)
	1800-15Q	4	(30/15/0.93)
	1800-15H	7	(30/15/1.85)
	1800-15TQ	1	(30/15/2.78)
M 8-7	1800-10Q	1	(30/10/0.39)
	1800-1CH	4	(30/10/0.79)
	1800-612Q	3	(30/12/0.5)
	1800-612H	5	(30/12/1)
	1800-612F	1	(30/12/2)
M 8-8	1800-8H	3	(30/8/0.79)
	1800-10Q	6	(30/10/0.39)
	1800-15CST	1	(30/4*30/1.21)
	1800-B15CST	2	(30/6*26/1.29)
M 8-9	6-VAN H	8	(30/6/0.6)
	1800-8Q	2	(30/8/0.39)
	1800-8H	12	(30/8/0.79)
	1800-10Q	4	(30/10/0.39)
	1800-1OT	1	(30/10/0.52)
	1800-1CH	4	(30/10/0.79)
	1800-1CF	1	(30/10/1.57)
	1800-15Q	1	(30/15/0.93)
	1800-15T	2	(30/15/1.23)
	1800-15H	3	(30/15/1.85)
M 8-10	1800-10Q	2	(30/10/0.39)
	1800-1OT	4	(30/10/0.52)
	1800-1CH	9	(30/10/0.79)
	1800-1CF	1	(30/10/1.57)

TABLA A.4

LISTA DE ASPERSORES POR ZONAS

M 8-10	4 VAN H	2	(30/4/0.45)
	6-VAN Q	4	(30/6/0.37)
	6-VAN H	2	(30/6/0.6)
M 8-11	1800-8Q	2	(30/8/0.39)
	1800-812Q	4	(30/12/0.5)
	1800-812T	1	(30/12/0.67)
	1800-812H	8	(30/12/1)
	1800-15Q	9	(30/15/0.93)
	1800-15T	2	(30/15/1.23)
	1800-15H	14	(30/15/1.85)
	1800-15TQ	1	(30/15/2.78)
M 8-11	1800-15F	2	(30/15/3.7)
	1800-15CST	4	(30/4*30/1.21)
M 8-12	1800-8T	1	(25/7/0.48)
	1800-8H	3	(25/7/0.72)
	1800-812H	5	(30/12/1)
	1800-12TT	1	(30/12/1.74)
	1800-12TQ	1	(30/12/1.95)
	T 40-20	8	(35/39/2.6)
	T-30-13	1	(35/30/1.3)
M 8-13	T-22-65	1	(35/22/0.7)
	T-30-25	13	(35/30/2.6)
	T-30-50	5	(35/33/5)
M 9-1	T 40-15	2	(35/35/1.8)
	T 40-20	9	(35/39/2.6)
	T 40-40	6	(35/43/4.9)
	T 40-10-RC	2	(35/26/1 - I)
M 9-2	T 40-15	2	(35/35/1.8)
	T 40-20	8	(35/39/2.6)
	T 40-30	1	(35/41/3.9)
	T 40-40	5	(35/43/4.9)
	T-30-13	2	(35/30/1.3)
	T-30-25	8	(35/30/2.6)
M 9-3	T 22-65	9	(35/22/0.7)
	T 22-13	1	(35/22/1.3)
M 9-4	1800-B12Q	2	(30/12/0.5)
	1800-812H	2	(30/12/1)

TABLA A.4

LISTA DE ASPERSORES POR ZONAS

M 9-4	1800-1CH	1	(30/10/0.79)
	MAXI PAW # 6	7	(35/37/2)
M 9-5	1800-8Q	2	(30/8/0.39)
	1800-8H	4	(30/8/0,79)
	T 22-65	12	(35/22/0.7)
M 9-6	1800-15Q	2	(30/15/0.93)
	1800-15H	4	(30/15/1.85)
M 9-7	T-30-13	6	(35/30/1.3)
M 9-8	1800-10 Q	2	(30/10/0.39)
	1800-1CH	2	(30/10/0,79)
M 9-9	T-30-13	9	(35/30/1.3)
	1800-10 Q	3	(30/10/0.39)
M 9-10	1800-1OT	3	(30/10/0,52)
	1800-1CH	13	(30/10/0,79)
	1800-1CH	6	(30/10/0.79)
M 10-1	1800-812Q	4	(30/12/0.5)
	1800-812T	4	(30/12/0.67)
	1800-812H	7	(30/12/1)
	1800-812F	3	(30/12/2)
	1800-15Q	3	(30/15/0.93)
	1800-812T	1	(30/12/0.67)
M 10-2	T 22-65	16	(35/22/0.7)
	T 22-13	7	(35/22/1.3)
M 10-3	T 22-65	8	(35/22/0.7)
	T 22-13	1	(35/22/1.3)
	T 40-15	2	(35/35/1.8)
M 10-4	T 40-20	8	(35/39/2.6)
	T 40-40	4	(35/43/4.9)
	T 40-10-RC	16	(35/26/1.1)
	T 22-65	9	(35/22/0.7)
M 10-5	T 22-13	15	(35/22/1.3)
	T 22-25	1	(35/22/2.5)
M 10-6	T 22-65	7	(35/22/0.7)

TABLA A.4

LISTA DE ASPERSORES POR ZONAS

M 10-6	T 22-13	8	(35/22/1.3)
M 10-7	T 22-65	11	(35/22/0.7)
	T 22-13	2	(35/22/1.3)
	T 22-25	3	(35/22/2.5)
M 10-8	1800-15T	2	(30/15/1.23)
	T 22-65	3	(35/22/0.7)
	T 40-15	3	(35/35/1.8)
	T 40-20	6	(35/39/2.6)
	T 40-30	1	(35/41/3.9)
	T 40-40	2	(35/43/4.9)
M 10-9	1800-B 12T	3	(30/12/0.67)
	1800-612H	8	(30/12/1)
	1800-B12F	4	(30/12/2)
M 11-1	1800-8Q	2	(30/8/0.39)
	1800-8T	1	(30/8/0.52)
	1800-8H	20	(30/8/0.79)
	T 30-13	3	(35/30/1.3)
M 11-1	T 30-25	2	(35/30/2.6)
M 11-2	1800-B12T	1	(30/12/0.67)
	T 30-13	11	(35/30/1.3)
	T 40-10-RC	1	(35/26/1.1)
M 11-3	T 22-65	6	(35/22/0.7)
	T 22-13	15	(35/22/1.3)
M 11-4	1800-10Q	2	(30/10/0.39)
	1800-1CH	1	(30/10/0.79)
	T 22-65	4	(35/22/0.7)
	T 22-13	4	(35/22/1.3)
M 11-5	1800-10Q	4	(30/10/0.39)
	1800-1CH	6	(30/10/0.79)
	T 40-15	20	(35/35/1.8)
M 11-6	1800-8H	3	(30/8/0.79)
	1800-812Q	1	(30/12/0.5)
	1800-15Q	9	(30/15/0.93)
	1800-15T	3	(30/15/1.23)
	1800-15H	2	(30/15/1.85)

TABLA A.4

LISTA DE ASPERSORES POR ZONAS

M 11-6	T 30-13	1	(3513011.3)
M 11-7	1800-15Q	4	(3011510.93)
	1800-15H	2	(3011511.85)
	T 30-13	4	(3513011.3)
	T 30-25	2	(35/30/2.6)
M 11-8	T 22-65	8	(35/22/0.7)
M 11-9	1800-812Q	2	(30/12/0.5)
	1800-B12H	5	(30/12/1)
	1800-15CST	8	(30/4*30/1.21)
M 11-10	1800-15Q	3	(30115/0.93)
	1800-15T	1	(3011511.23)
	1800-15H	3	(30/15/1.85)
M 11-11	T 40-10-RC	4	(35/26/1.1)
M 11-12	T 40-10-RC	4	(35/26/1 - I)
M 11-13	T 40-15	3	(3513511.8)
	T 40-20	10	(35/39/2.6)
	T 40-40	4	(35/43/4.9)
	T 40-10-RC	1	(3512611 - I)
M 12-1	1800-10Q	6	(3011010.39)
	1800-10H	5	(30/10/0.79)
	1800-15Q	3	(3011510.93)
	1800-15T	2	(30/15/1.23)
	1800-15H	4	(30115/1.85)
	1800-15F	2	(30/15/3.7)
M 12-2	1800-812T	3	(30/12/0.67)
	1800-B12H	3	(30112/1)
	T 22-13	3	(35/22/1.3)
	T 30-13	4	(3513011.3)
	T 30-25	4	(35/30/2.6)
	T 40-15	4	(35/35/1.8)
	T 40-30	4	(3514113.9)
M 12-3	T 22-65	8	(35/22/0.7)
	T 22-13	9	(35/22/1.3)
	T 40-15	5	(35/35/1.8)
	T 40-20	5	(35/39/2.6)

TABLA A.4

LISTA DE ASPERSORES POR ZONAS

M 1 2 4	1800-15Q	2	(30/15/0.93)
	1800-15H	6	(30/15/1.85)
	T 22-65	9	(35/22/0.7)
M 12-5	T 40-15	15	(35/35/1.8)
M 12-6	T 22-65	3	(35/22/0.7)
	T 22-13	6	(35/22/1.3)
	T 40-20-RC	7	(35/33/2.2)
	T 40-10-RC	2	(35/26/1.1)
M 12-7	T 40-15	3	(35/35/1.8)
	T 40-30	7	(35/41/3.9)
	T 40-40	2	(35/43/4.9)
	1800-8H	13	(30/8/0.79)
	1800-10Q	1	(30/10/0.39)
	1800-10T	3	(30/10/0.52)
	1800-10H	8	(30/10/0.79)
	1800-15Q	1	(30/15/0.93)
	1800-15T	1	(30/15/1.23)
	1800-15H	8	(30/15/1.85)
1800-15TQ	1	(30/15/2.78)	

TABLA A.5

LISTA TOTAL DE TUBERIAS

DIAMETRO (mm)	LONGITUD (m)	TUBOS DE 6m
20	8254	1376
25	1973	329
32	1619	270
40	1065	178
50	956	160
63	990	165
75	567	95
90	624	104
110	898	150

TABLA A.6

LISTA DE VALVULAS

MODULO-	MODELO	FLUJO (GPM)	CANTIDAD
MOD.1	150-PESE	100	1
	100-PESB	30	1
MOD.2	200-PESB	150	1
MOD.3	200-PESB	125	1
	150-PESB	20	1
MOD.4	200-PESB	125	1
MOD.5	200-PESB	150	1
MOD.6	200-PESB	125	1
	150-PESB	30	1
MOD.7	150-PESB	75	1
	150-PESB	100	1
MOD.8	200-PESB	150	1
MOD.9	200-PESB	150	1
MOD.10	200-PESB	150	1
MOD.11	200-PESB	125	1
MOD.12	200-PESB	125	1
MOD.13	150-PESB	75	2
MOD.14	200-PESB	125	1
MOD.15	150-PESB	75	2
MOD.16	200-PESB	150	1
MOD.17	200-PESE	150	1
MOD.18	200-PESB	150	1
MOD.19	200-PESB	125	1
MOD.20	100-PESB	20	1
	150-PESB	50	2
MOD.21	200-PESB	75	1
	200-PESB	50	1

TABLA A.7

LISTA DE ACCESORIOS(TEES)

TEES (mm)	CANTIDAD	TEES (mm)	CANTIDAD
20	941	40*63*63	3
20*25*25	30	40*75*75	3
20*32*32	33	40*90*90	3
20*40*40	24	40*110*110	4
20*50*50	20	50	13
20*63*63	9	50*20*20	10
20*75*75	3	50*25*25	4
20*90*90	3	50*32*32	16
25	426	50*32*32(135°)	3
25*20*20	40	50*40*40	5
25*32*32	5	50*63*63	8
25*40*40	9	50*75*75	4
25*50*50	23	50*90*90	5
25*63*63	20	50*110*110	3
25*110*110	4	63	12
32	192	63*20*20	4
32*20*20	21	63*40*40	3
32*25*25	20	63*50*50	8
32*40*40	3	63*75*75	3
32*40*40(135°)	5	63*90*90	3
32*50*50	17	63*110*110	5
32*63*63	7	63*110*110(135°)	3
32*75*75	3	75	8
32*90*90	5	75*40*40	3
32*110*110	3	75*90*90	4
40	27	75*110*110	3
40*20*20	5	90	4
40*25*25	8	90*63*63	3
40*25*25(135°)	3	110	10
40*32*32	8	110(135°)	5
40*50*50	3	110*75*75	4
		110*90*90	4

TABLA A.8

**LISTA DE ACCESORIOS
(CODOS Y REDUCTORES Y UNIONES)**

CODOS (mm)	CANTIDAD	REDUCTOR (mm)	CANTIDAD	UNIONES (mm)	CANTIDAD
20	39	25-20	41	20	1789
20(135°)	3	32-25	28	25	428
25	13	32-20	16	32	351
32	13	40-32	21	40	212
32(135°)	3	40-25	17	50	208
40	17	40-20	12	63	215
40(135°)	2	50-40	15	75	124
50	16	50-32	7	90	136
50(135°)	2	50-25	3	110	195
63	11	50-20	10		
75	11	63-50	10		
90	7	63-40	17		
110	6	63-32	4		
110 (135°)	2	63-25	7		
		63-20	6		
		75-63	15		
		75-40	8		
		75-32	3		
		75-25	4		
		75-20	8		
		90-75	7		
		90-63	6		
		90-50	2		
		90-40	2		
		90-32	6		
		90-20	2		
		110-90	4		
		110-50	2		
		110-40	2		

ANEXO A.9

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE RIEGO

- ▶ Sistema Automático 28 Válvulas solenoides con válvulas UNIK.
- ▶ 21 Módulos Ver Tabla A.1.
- ▶ Tiempo de riego: 3.48 hr. Para los módulos con aspersores Turf Rotor y 0.85 hr. Para los módulos con aspersores Turf Spray
- ▶ Ciclo de Riego: **4 Días**.
- ▶ Tiempo de Riego Diario: 0.87 hr. ó 52min, Aspersores Turf Rotor y 0.22 hr. ó 13 min., Aspersores Turf Spray.
- ▶ Toma de Agua: Lago. Capacidad: **400.000 m³**. Capacidad máxima de agotamiento del Lago: **80.000 m³** lo que equivale a una cota 4mts. Aproximadamente (dato proporcionado por el Ing. Miguel Chavez Decano de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra). Si el Consumo de Agua es mayor a este valor el Lago sufrirá problemas de Erosión.
- ▶ Consumo de Agua Total: **21'720.720 Gals. por año o 95.572 m³/año**. Como podemos observar para regar toda la Sección de Ingenierías del Campus Prosperina necesitaremos más agua de la Capacidad máxima de agotamiento del Lago lo que es perjudicial, para disminuir este consumo estresaremos el cultivo aumentando su ciclo de riego a **5 días** (agotamiento permisible). **De** esta manera tendremos que el

Consumo de Agua Total sera de **17'490.060 Gals/año o 76.957 m³/año.**

Características Técnicas de **la** Bomba:

- **Tiempo de Bombeo: 11 horas diarias.**
- **Capacidad: 150 GPM**
- **Presión: 94 Psi (66m)**
- **Potencia: 17 HP.**

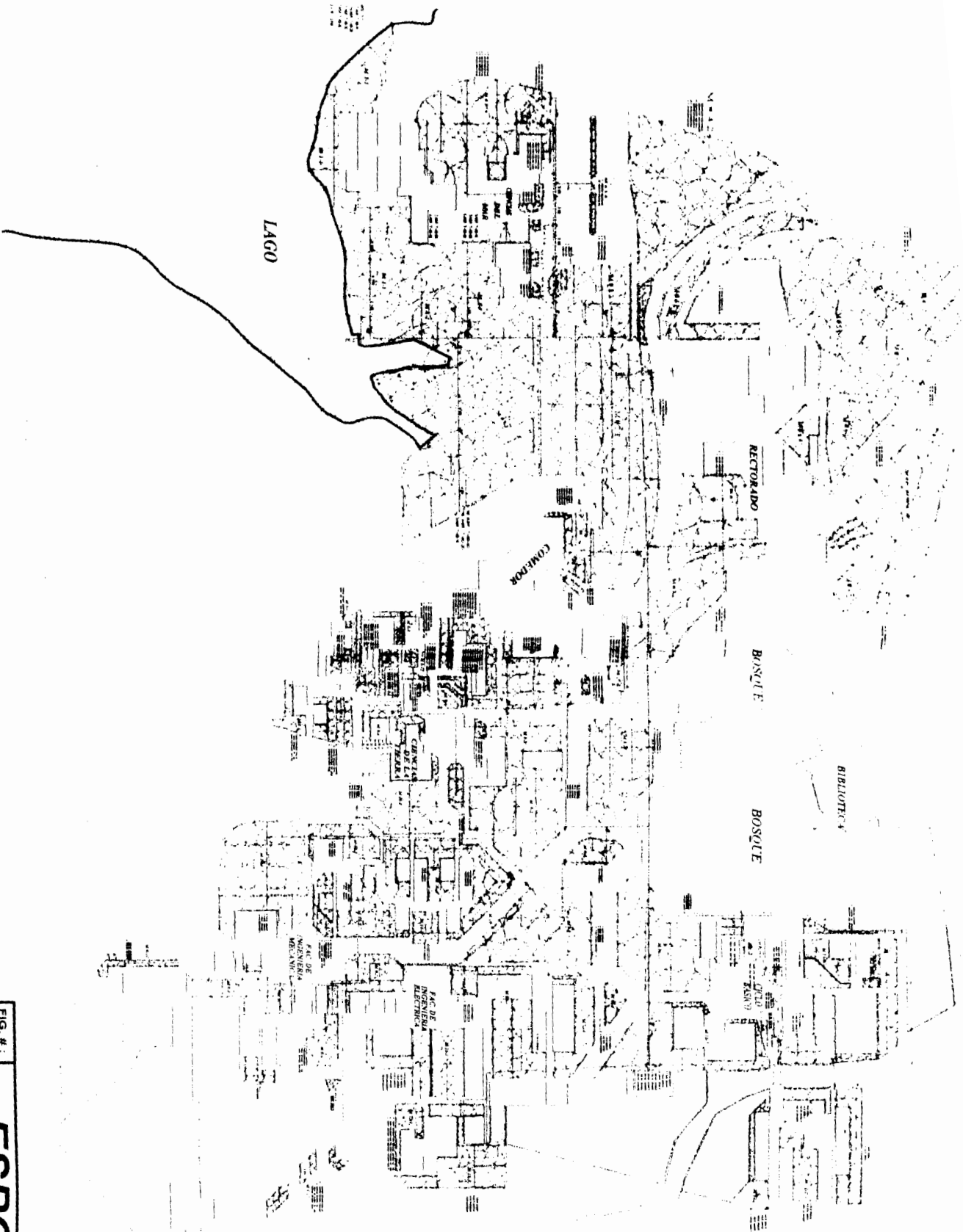
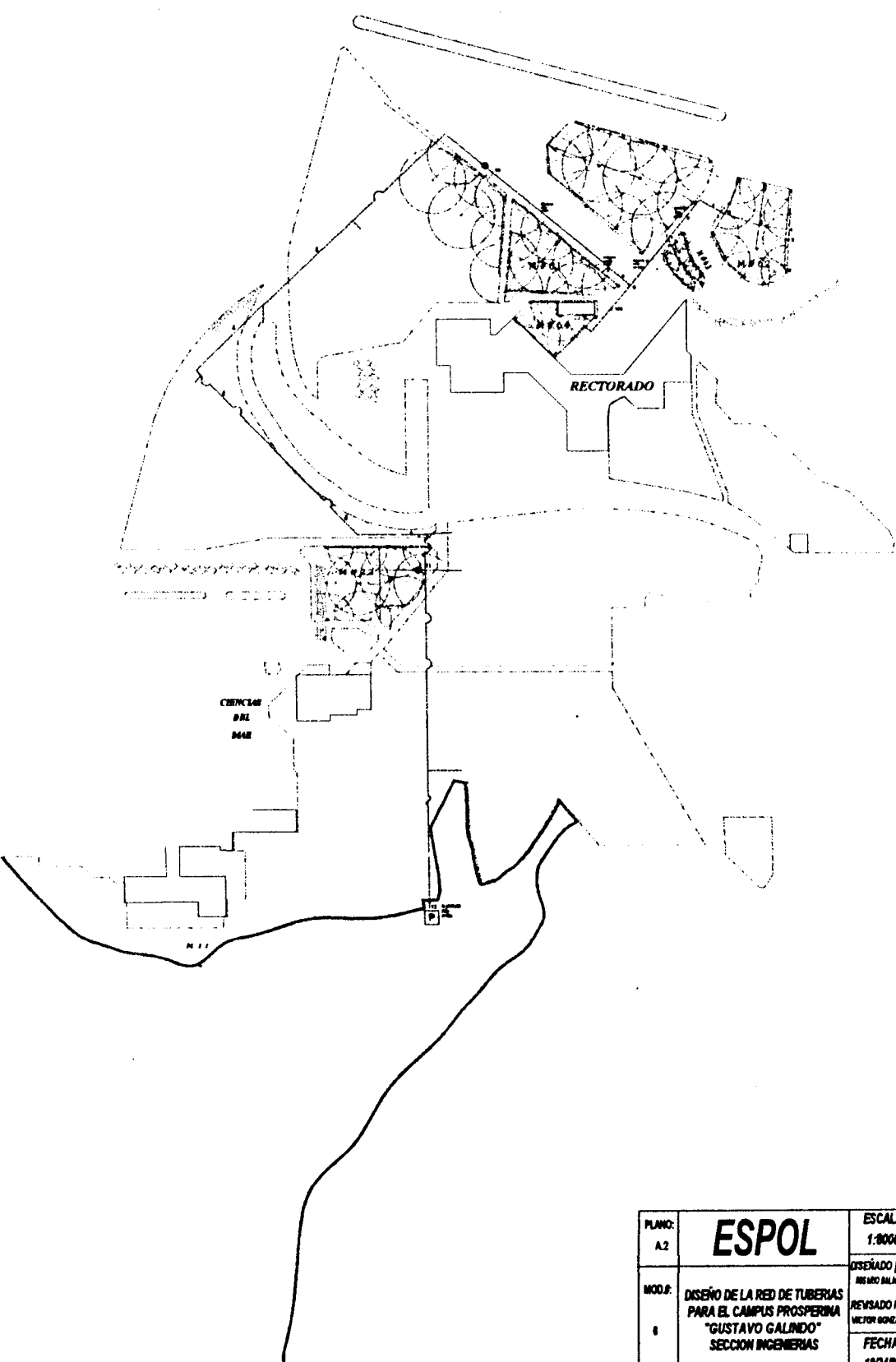
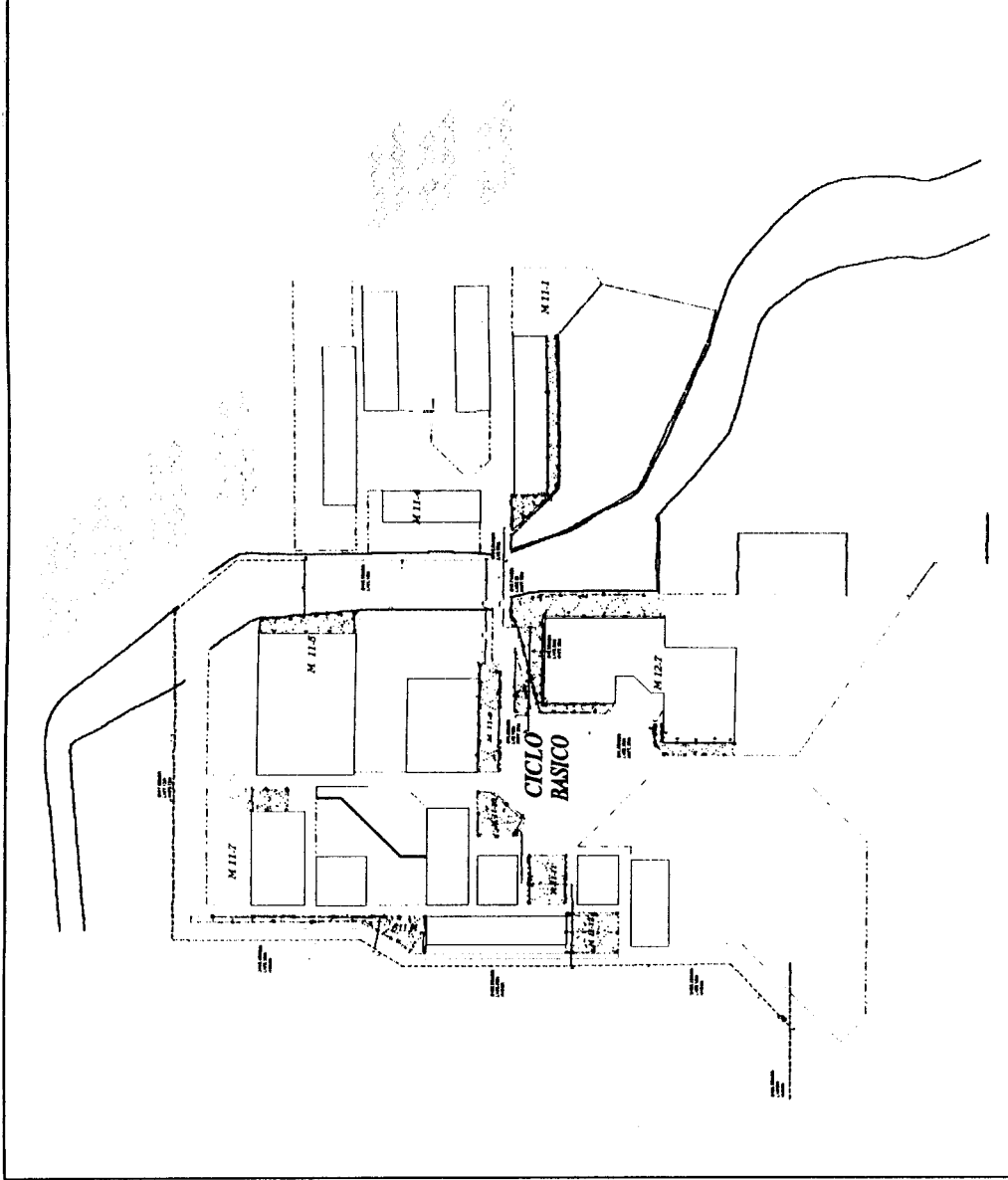


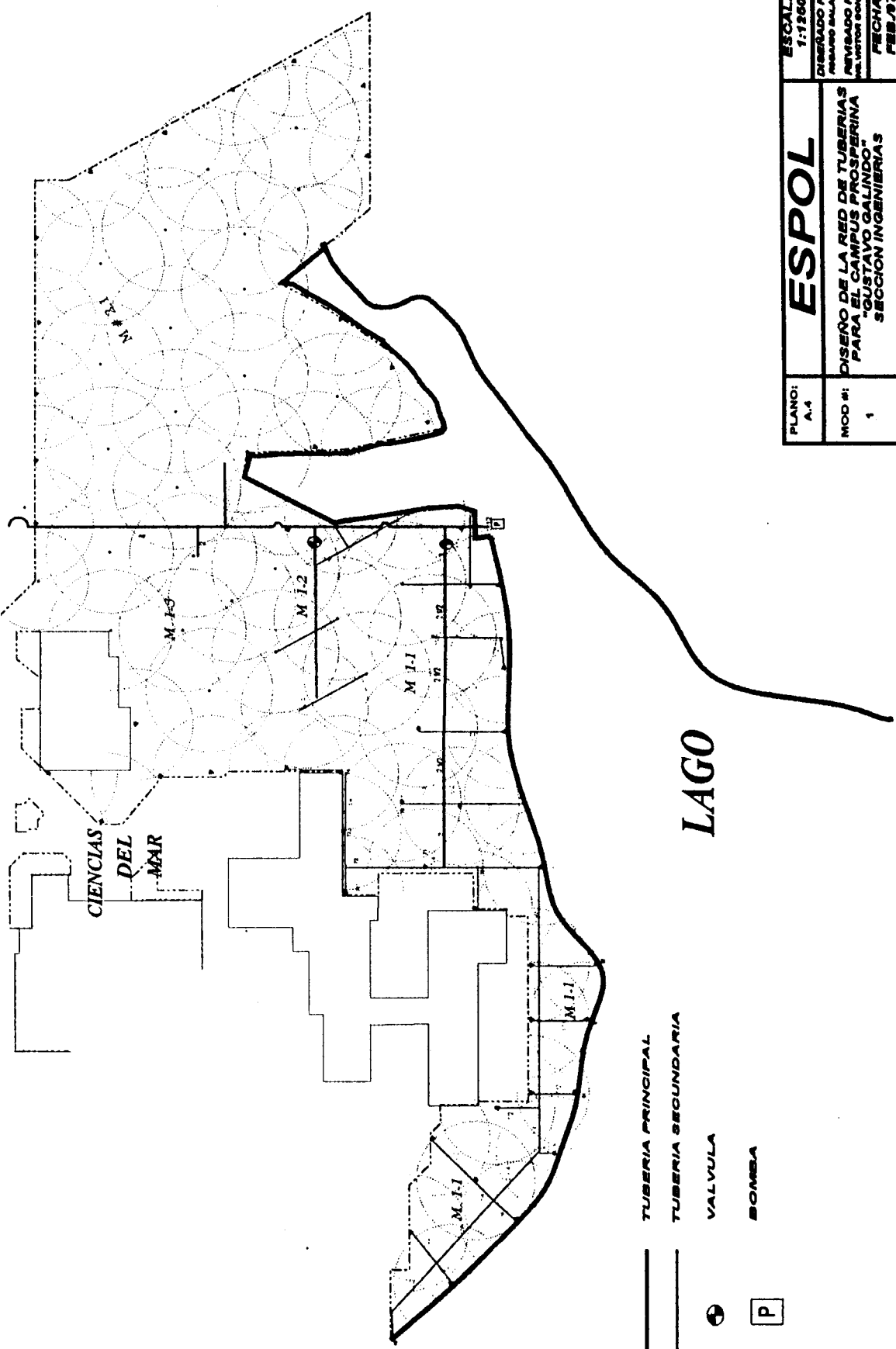
FIG. #:	1
ESPOL	
DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS	
ESCALA	1:3
DISEÑADA	REVISADA
FEB/02	4



PLANO: A.2	ESPOL	ESCALA: 1:8000
MOD.º: 8		DISEÑADO POR: IRIBERO BALBUENA REVISADO POR: WELTON BONGALEZ FECHA: 10/24/06

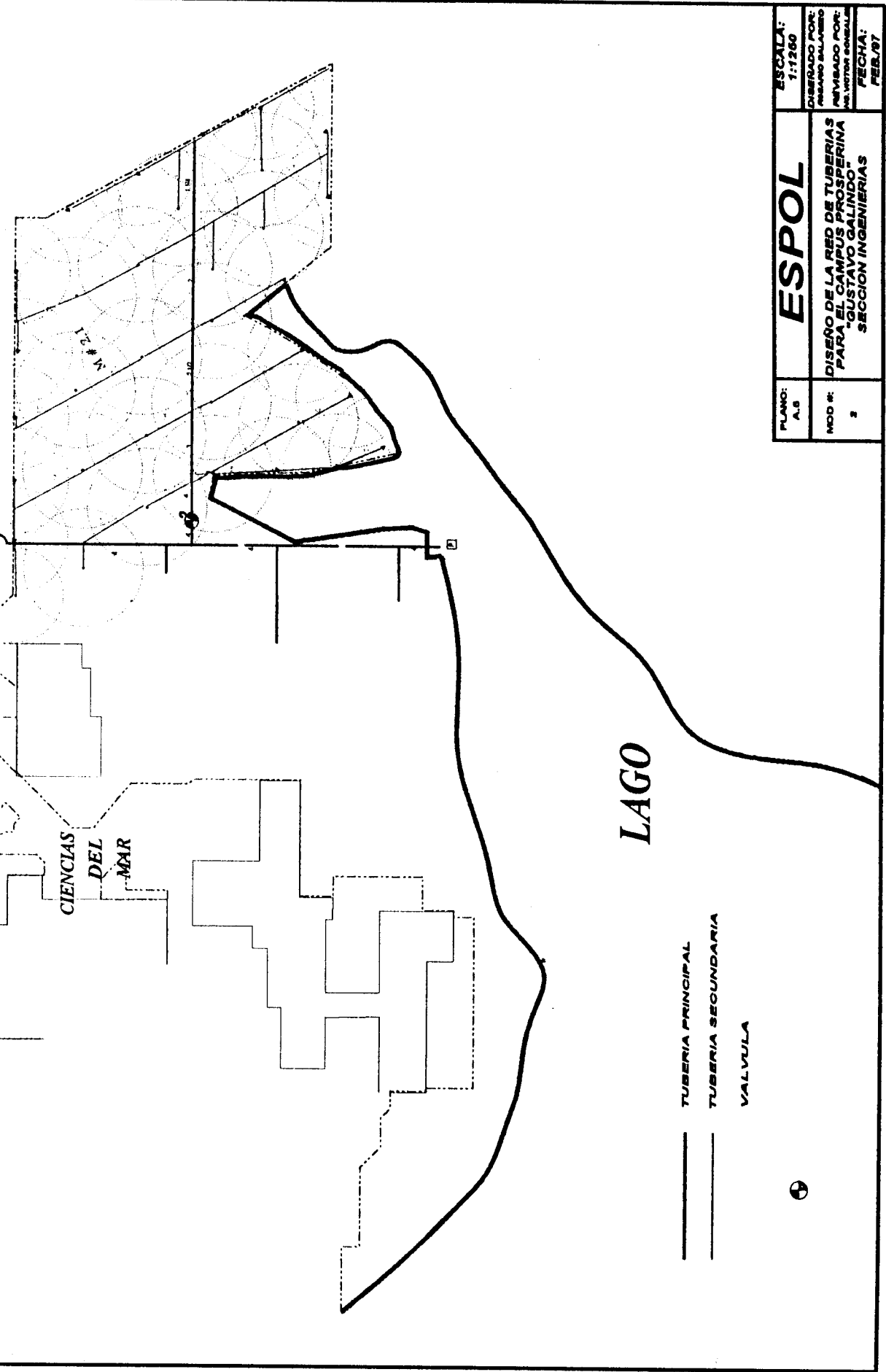


PLANO	A.3	ESCALA	1:5000
DISEÑO POR	RODRIGO BALBUENA	REVISADO POR	RODRIGO BALBUENA
MOD. P.	17	REVISADO POR	RODRIGO BALBUENA
		FECHA	02/12/96
ESPOL		DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS	



- TUBERIA PRINCIPAL
- TUBERIA SECUNDARIA
- ⊕ VALVULA
- ⊞ BOMBA

PLANO: A-4	ESPOL	ESCALA: 1:1250
MOD #: 1	DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIA	
	DISEÑADO POR: REVISADO POR: APROBADO POR:	FECHA: FEB/97

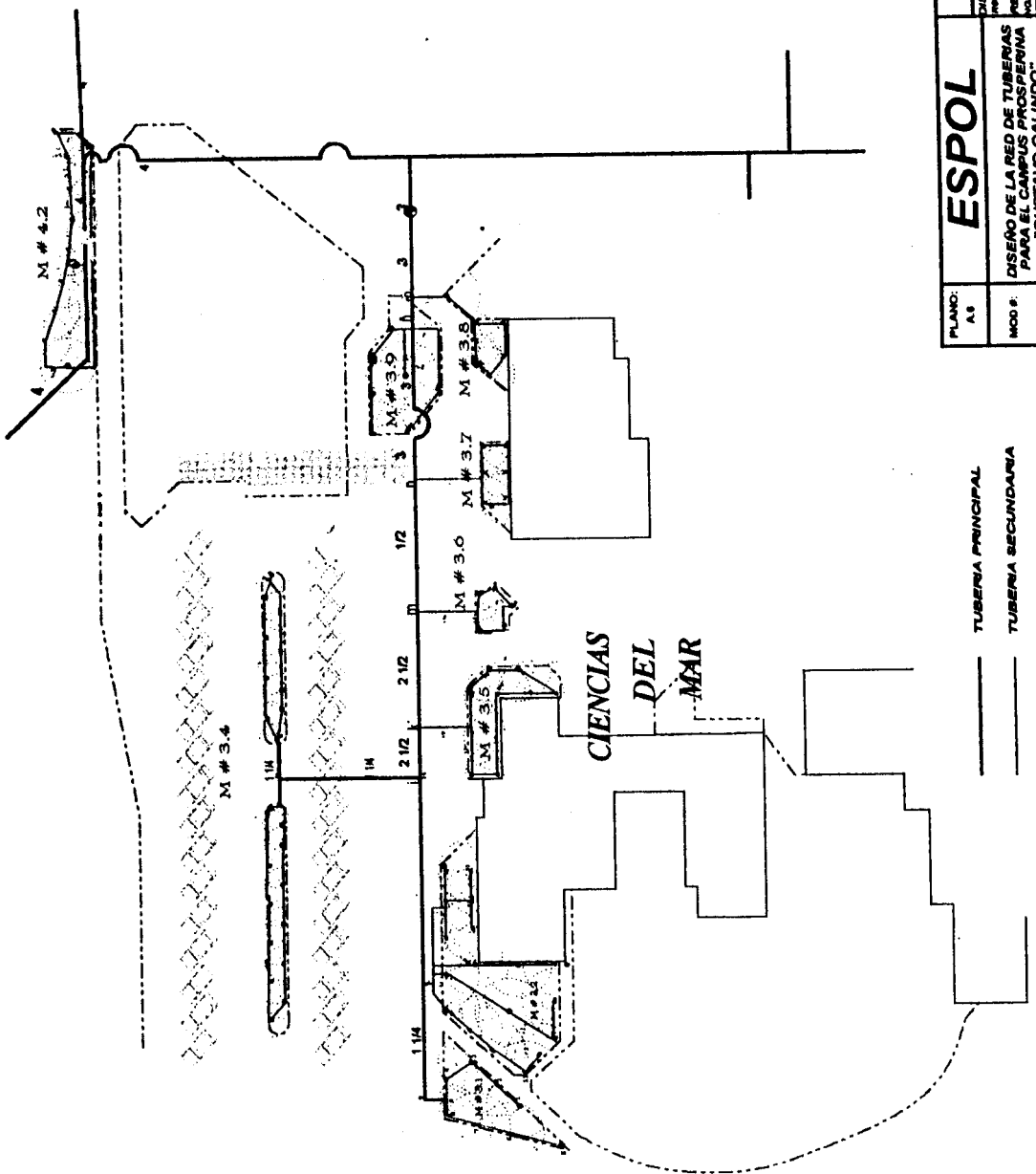


CIENCIAS
DEL
MAR

LAGO

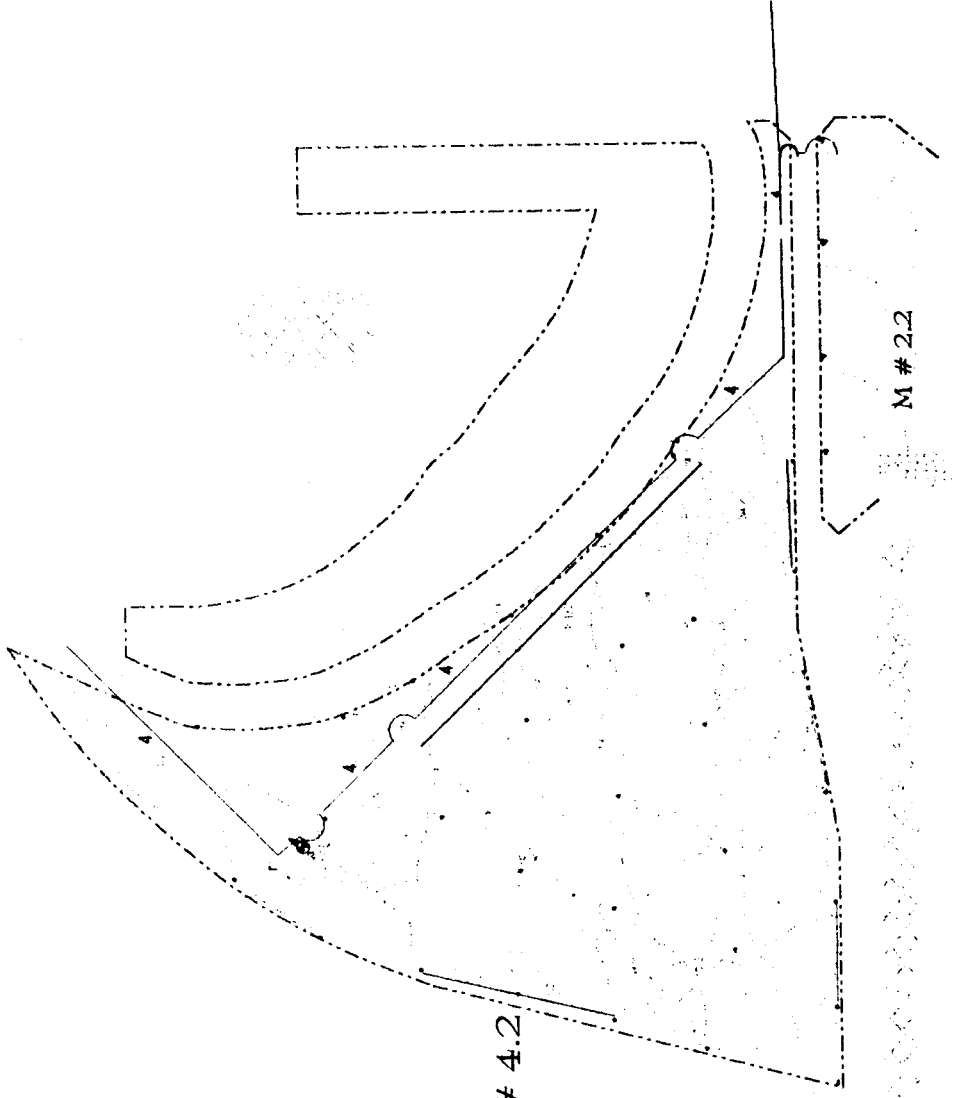
_____ TUBERIA PRINCIPAL
 _____ TUBERIA SECONDARIA
 ○ VALVULA

PLANO: A.6	ESPOL	ESCALA: 1:1260
MOD #: 3	DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS	DISEÑADO POR: INGENIERO BALANERO
		REVISADO POR: INGENIERO GONZALEZ MR. WOTTER BONGELAL
		FECHA: FEB./97



ESCALA: 1:1000	ESPOL
DISEÑADO POR: WISLAWO BILAREK	
REVISADO POR: WIKTOR ORZALE	DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALLINDO" SECCION INGENIERIAS
FECHA: 19/07	PLANO: A.1
	MOD.º: 1

TUBERIA PRINCIPAL
 TUBERIA SECUNDARIA
 VALVULA



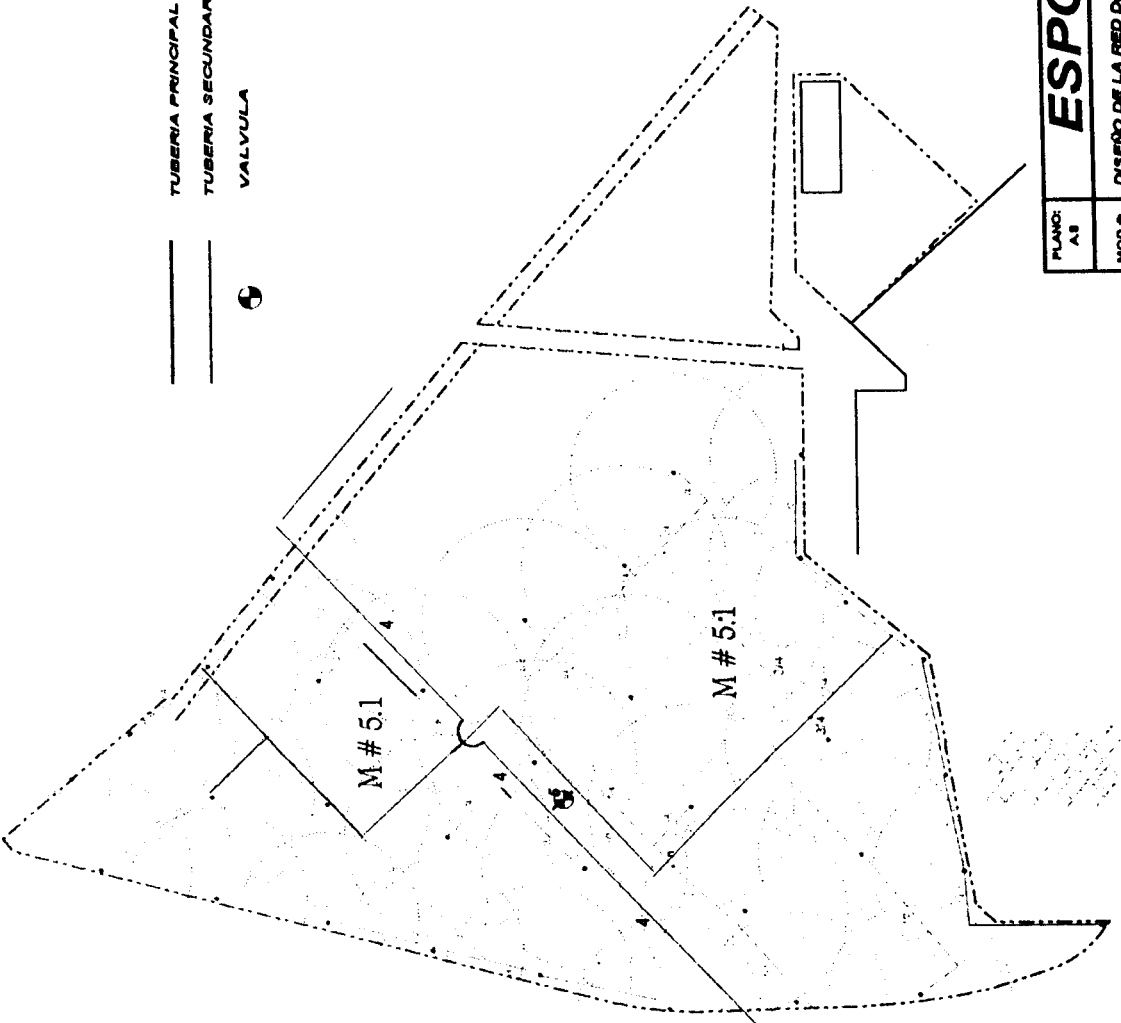
M # 4.2

M # 2.2

- TUBERIA PRINCIPAL
- - - TUBERIA SECUNDARIA
- ⊕ VALVULA

PLANO: A.7	ESPOL	ESCALA: 1:1000
MOD #: 4	DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPUS PRODUCCION "GUSTAVO GALIANO" SECCION INGENIERIAS	DISEÑADO POR: FERRERES S.A. JARAMA
		REVISADO POR: MARTIN GONZALEZ
		FECHA: Feb/97

TUBERIA PRINCIPAL
TUBERIA SECUNDARIA
VALVULA

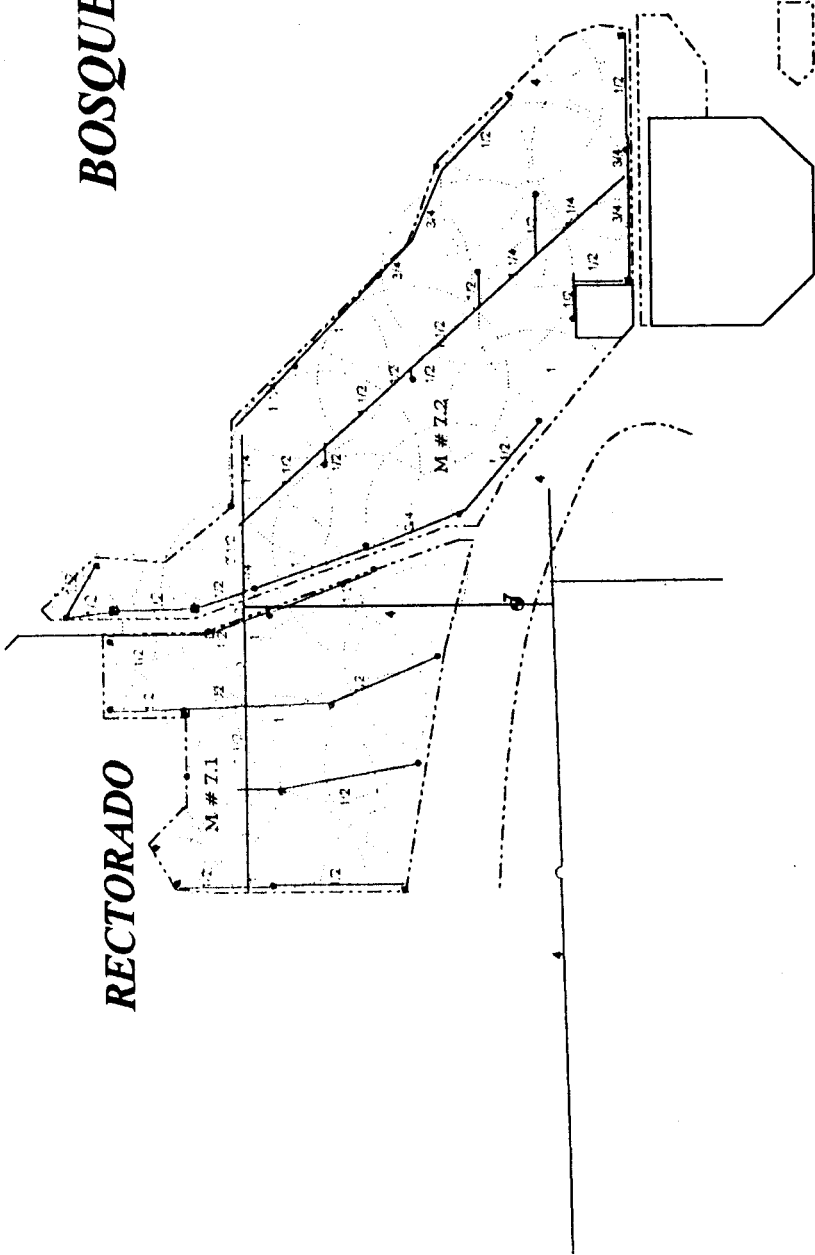


ESCALA: 1:1000	ESPOL	PLANO: A.3
DISEÑADO POR: OSCARO SALAS		MOD # 5
REVISADO POR: MIGUEL GONZALEZ		FECHA: FEB/97

DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS
PARA EL CAMPUS PROSPERINA
"GUSTAVO GALINDO"
SECCION INGENIERIAS

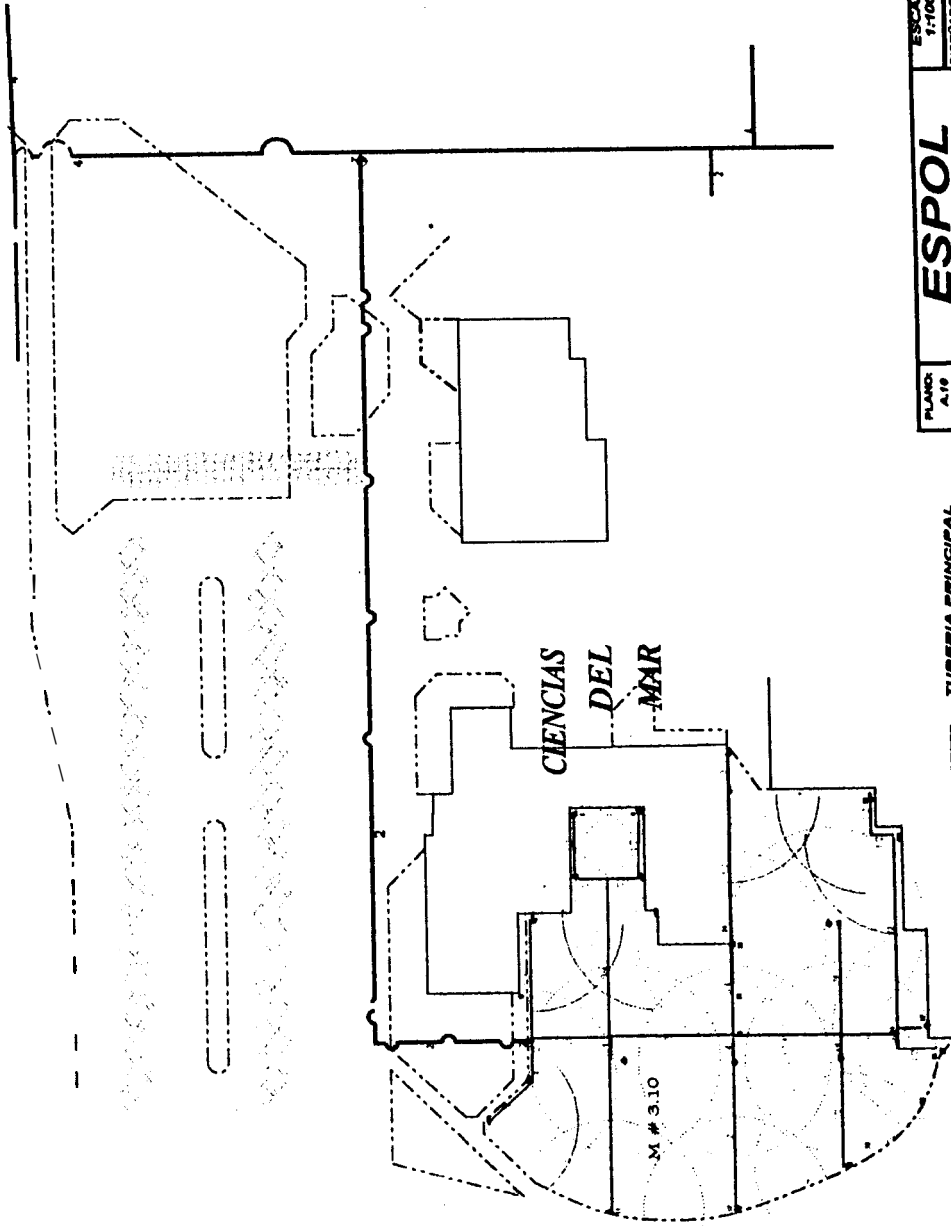
BOSQUE

RECTORADO



- TUBERIA PRINCIPAL
- TUBERIA SECUNDARIA
- ⊕ VALVULA

ESCALA: 1:1000	ESPOL	FECHA: FEB/97
DISEÑADO POR: INGENIERO INGENIERO		PROYECTO POR: INGENIERO INGENIERO
MOD # 7a	DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPUS PROSPERINA "JUSTO GALINDO" SECCION INGENIERIAS	



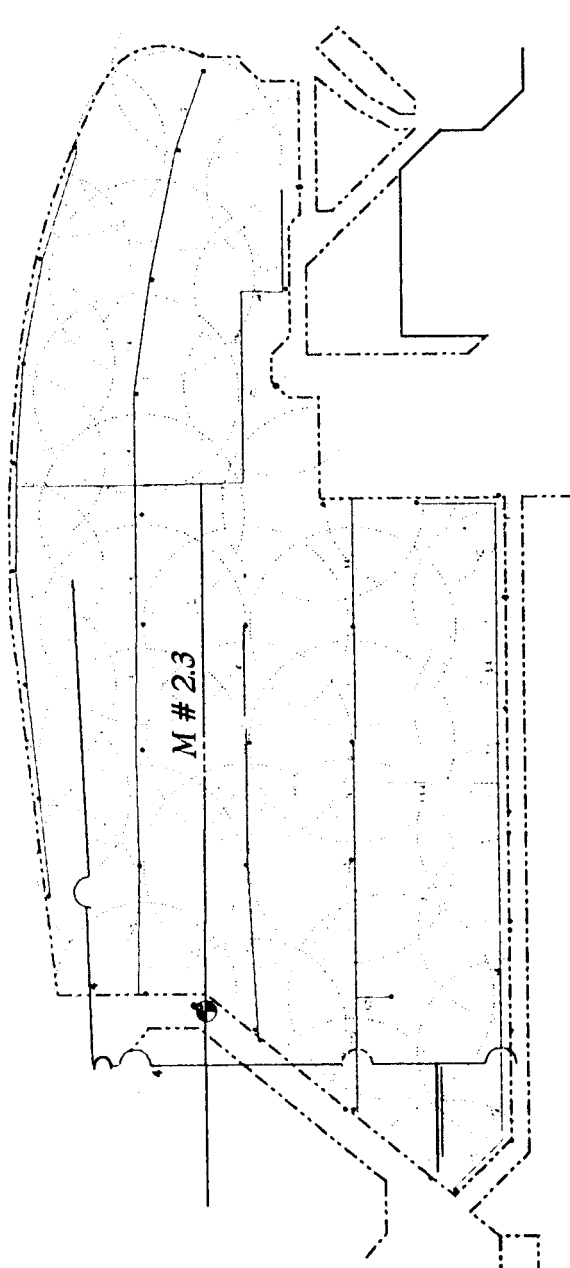
ESCALA: 1:1000	ESPOL
CONFECCIONADO POR: REVISADO POR: FECHA:	
PLANO: A-16	DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS
MOD. N. 76	

TUBERIA PRINCIPAL
TUBERIA SECUNDARIA
VALVULA



CIENCIAS
DEL
MAR

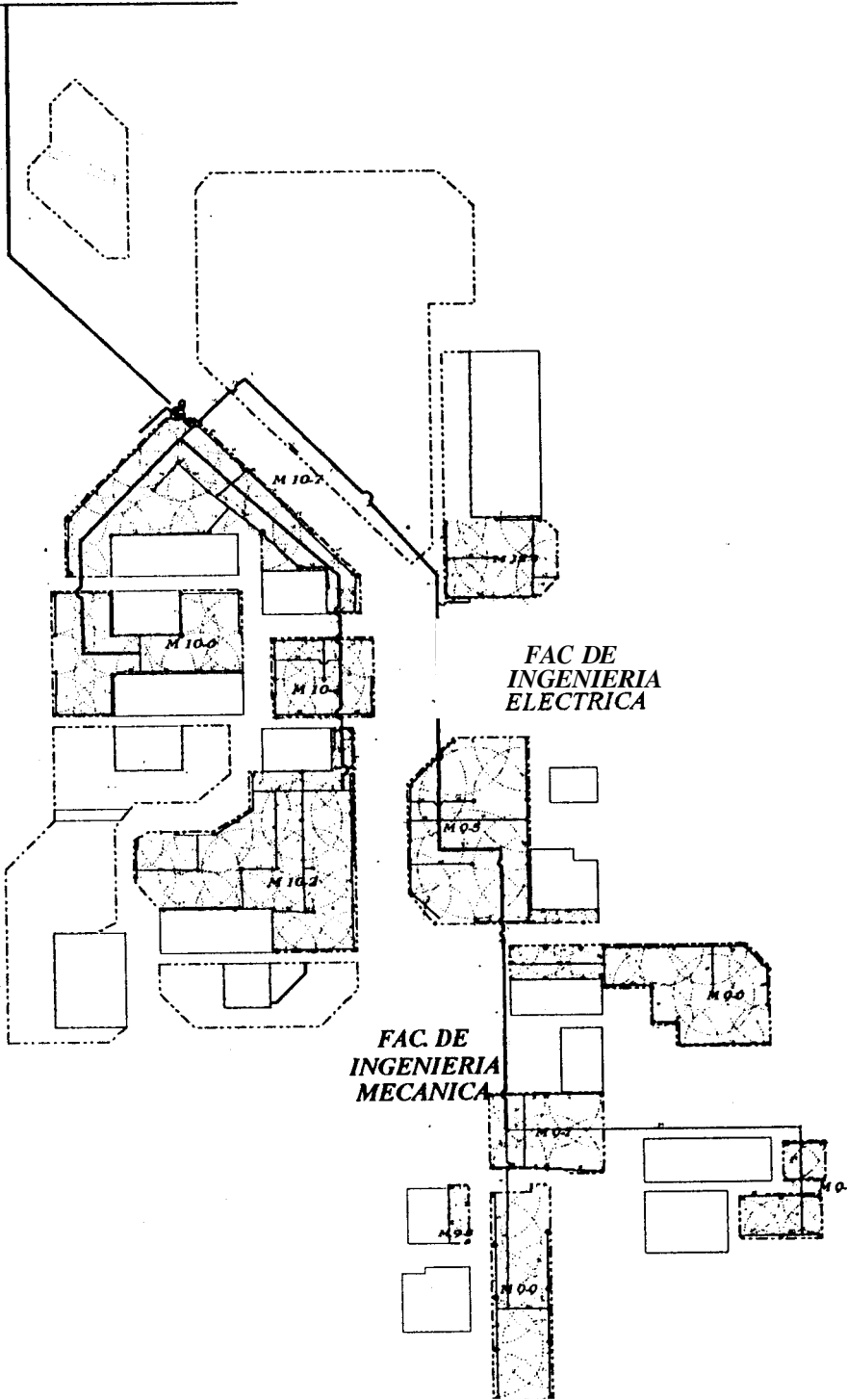
M # 3.10



——— TUBERIA PRINCIPAL
 - - - TUBERIA SECUNDARIA
 (A) VALVULA

PLANO A.11	ESPOL	PROYECTO DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL SISTEMA SALINDO SECCION INGENIEROS
MOD # 8		REVISADO POR: DISEÑADO POR: PROYECTADO POR: FECHA:

**CIENCIAS
DE LA
TIERRA**



PLANO: A.12	ESPOL	ESCALA: 1:1250
MOD. #: 9	DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS	DISEÑADO POR: ROSARIO BALAREZO REVISADO POR: ING. VICTOR GONZALEZ
		FECHA: FEB./87

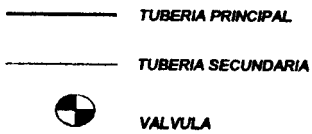
**CIENCIAS
DE LA
TIERRA**

M 10-8

M 10-5

**FAC. DE
INGENIERIA
MECANICA**

M 10-4



PLANO:
A.13

ESPOL

ESCALA:
1:1250

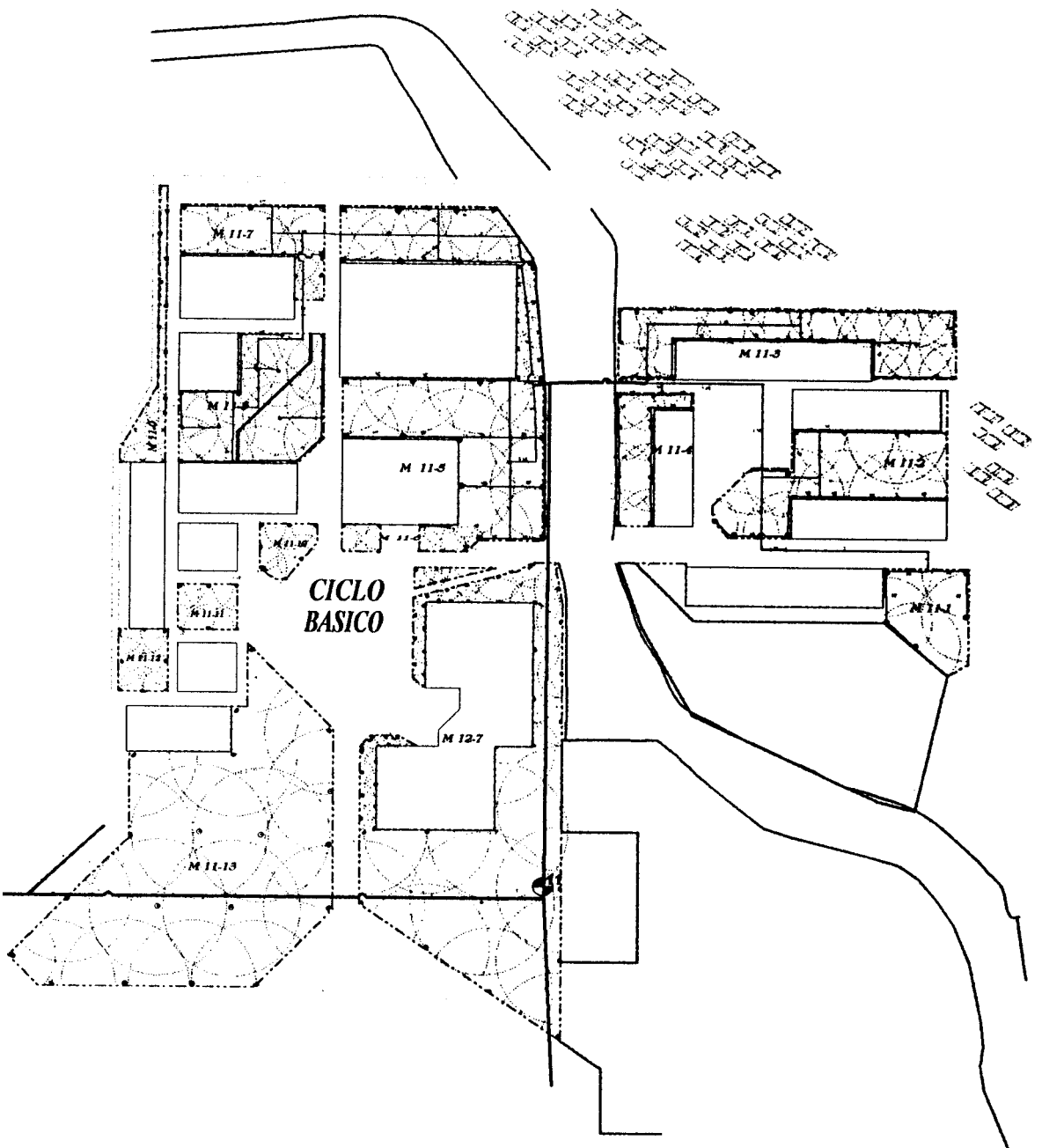
MOD. N.º:
10

**DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS
PARA EL CAMPUS PROSPERINA
"GUSTAVO GALINDO"
SECCION INGENIERIAS**

DISEÑADO POR:
RODOLFO BALAREDO

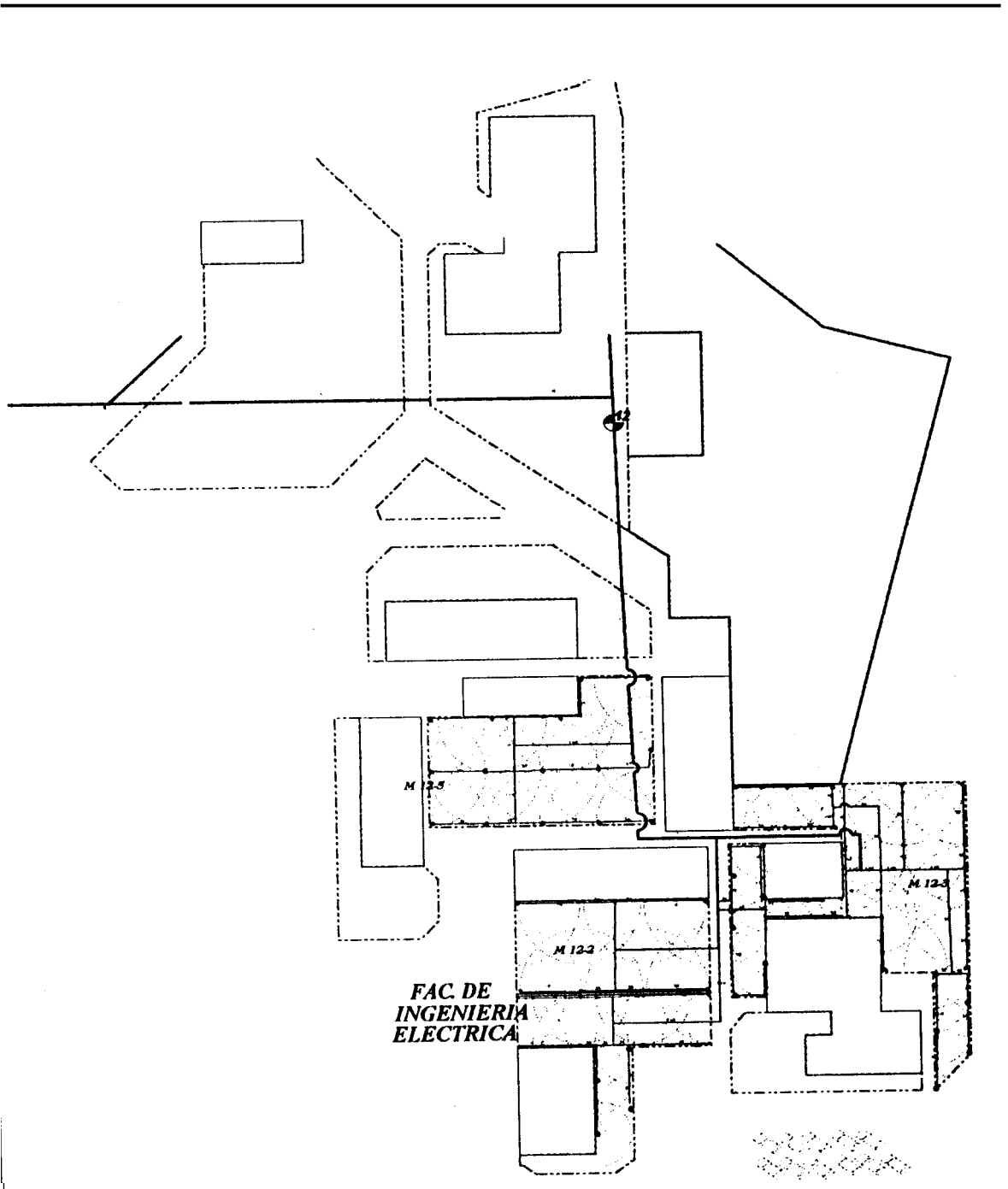
REVISADO POR:
EL VICTOR GONZALEZ

FECHA:
10/24/06



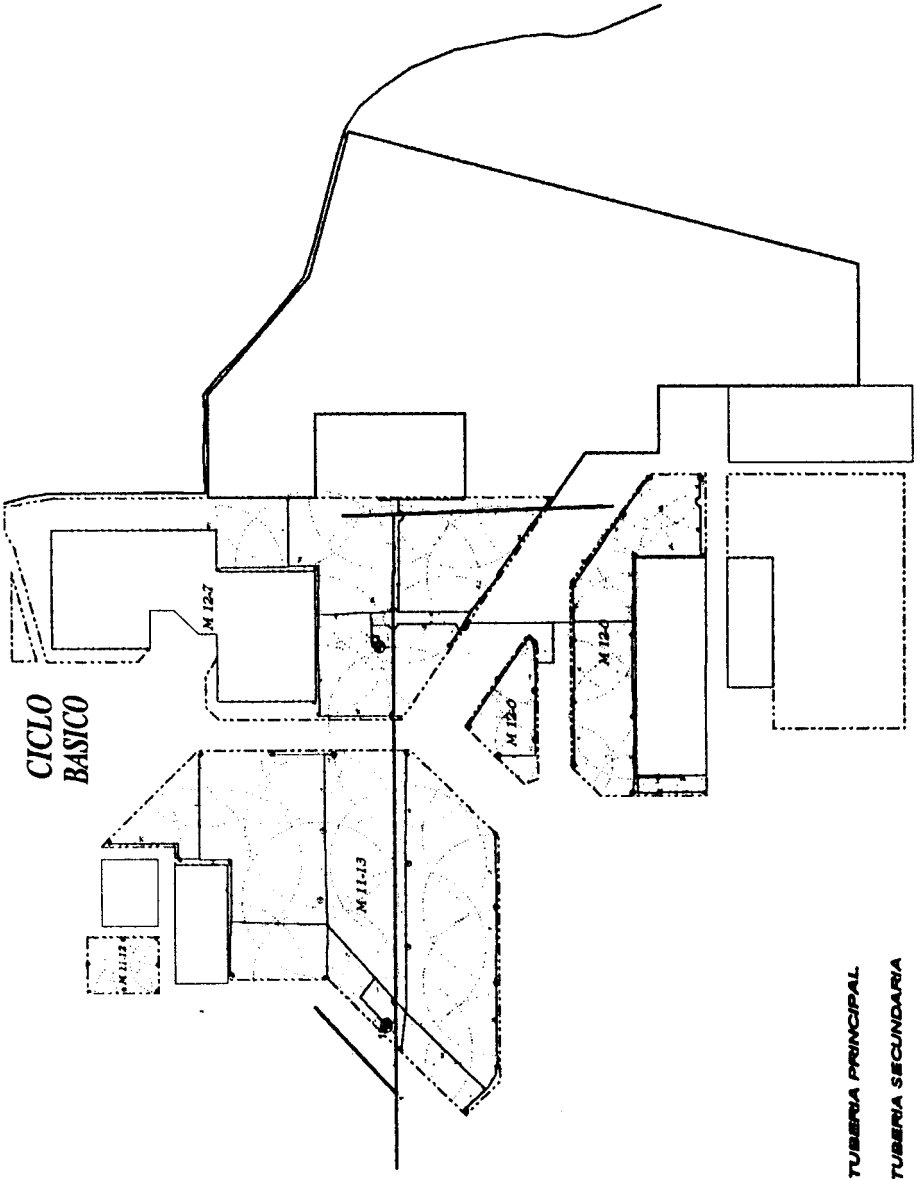
——— TUBERIA PRINCIPAL
 ——— TUBERIA SECUNDARIA
 e VALVULA

Plano: A.14	ESPOL	ESCALA: 1:1250
MOD. #: 11	DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAV GAUNDO" SECCION INGENIERIAS	DISEÑADO POR: ROSARIO BALAREZO REVISADO POR: ING. VICTOR GONZALEZ
		FECHA: FEB/97



- TUBERIA PRINCIPAL
- - - - - TUBERIA SECUNDARIA
- ⊗ VALVULA

PLANO: A.15	ESPOL	ESCALA: 1:1250
MOD. N°: 12	DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS	DISEÑADO POR: ANDRÉS BALBUENA REVISADO POR: ING. VICTOR GONZALEZ
		FECHA: FEB/97



**CICLO
BASICO**

TUBERIA PRINCIPAL

TUBERIA SECUNDARIA

VALVULA

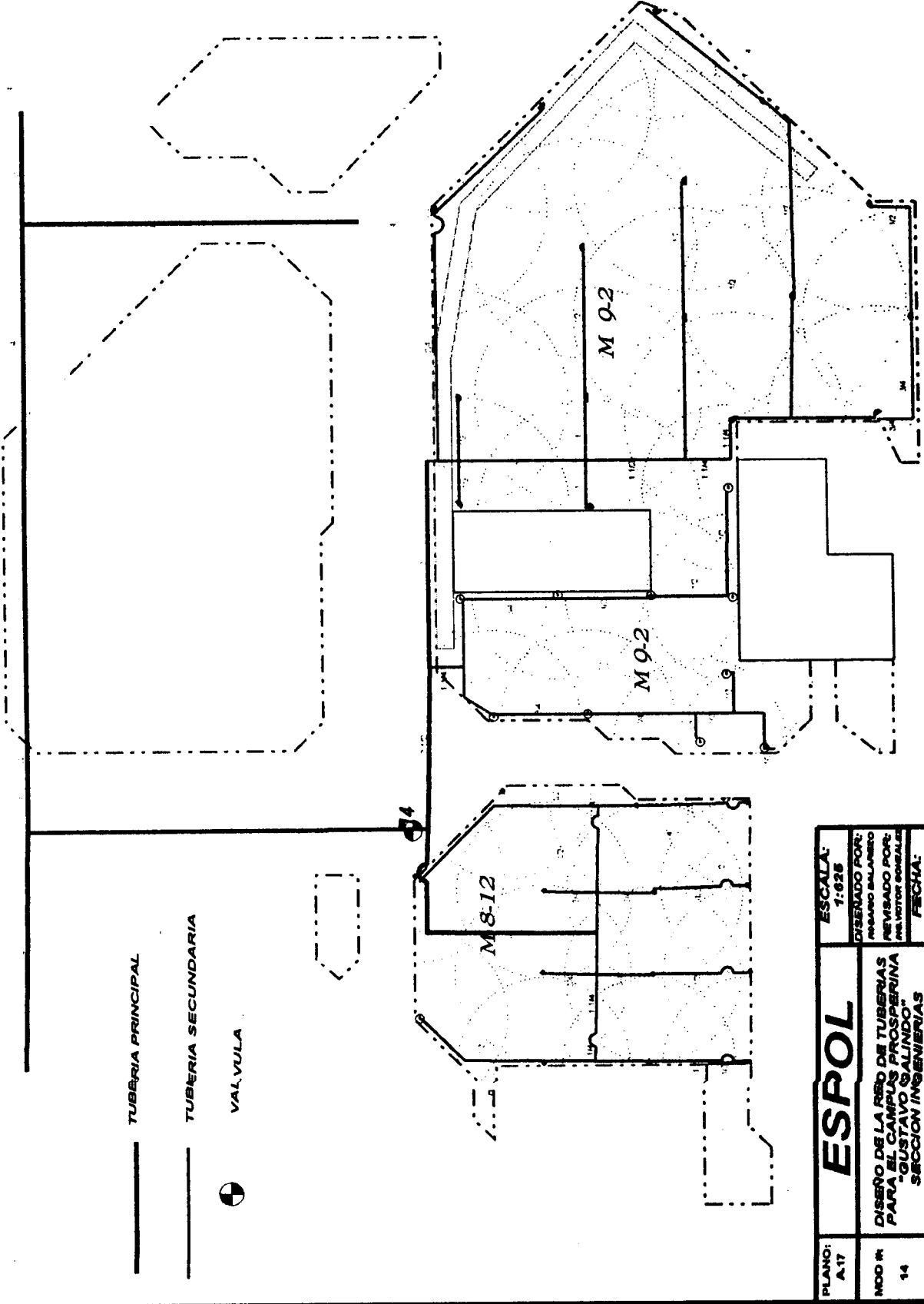


PLANO: A.16	ESPOL	ESCALA: 1:1250
MOD. N. 13	DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALLINDO"	DISEÑADO POR: INGENIERO BALANES
	SECCION INGENIERIAS	REVISADO POR: INGENIERO VICTOR GONZALEZ
		FECHA: FEB/97

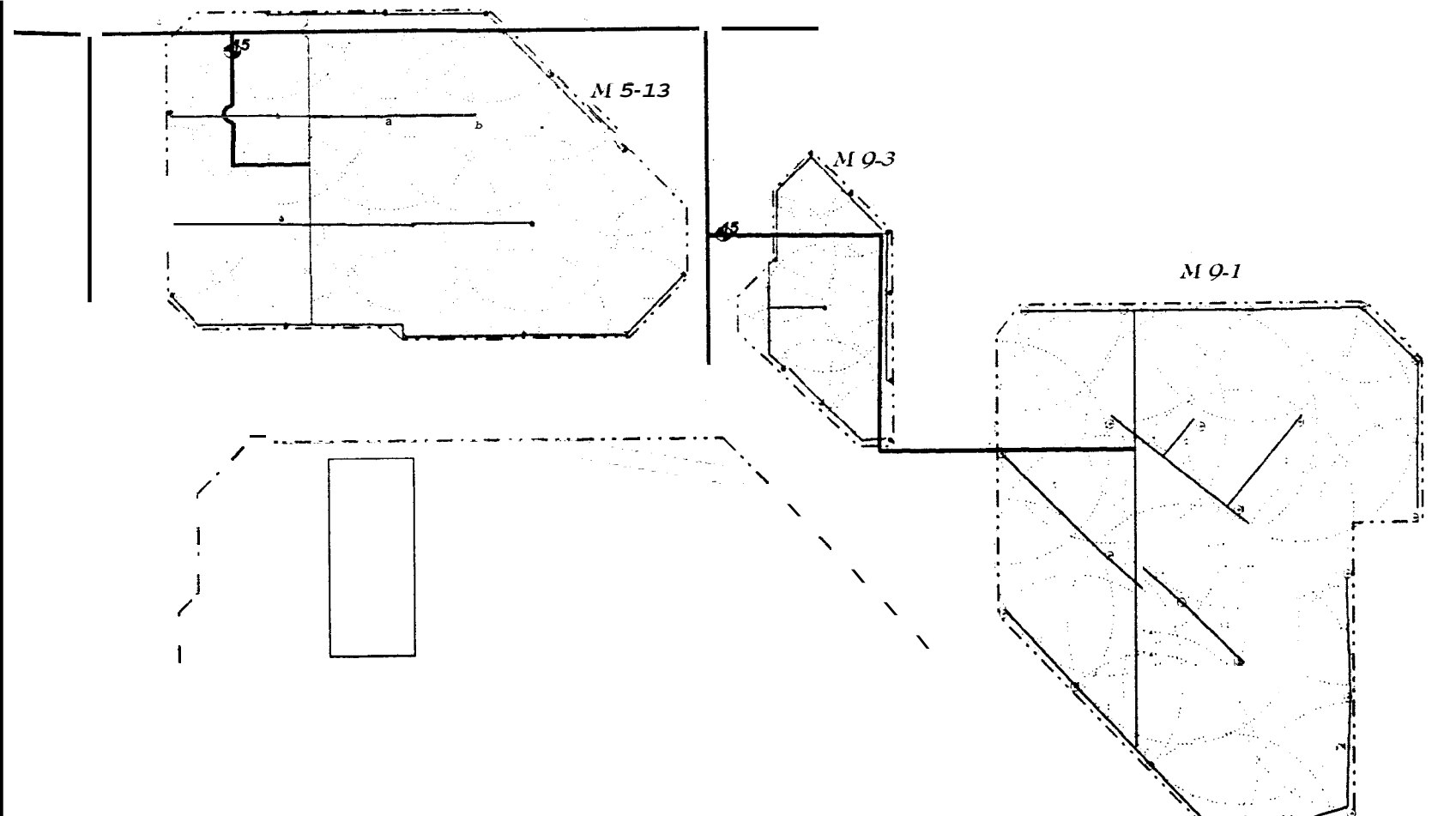
TUBERIA PRINCIPAL

TUBERIA SECUNDARIA




VALVULA

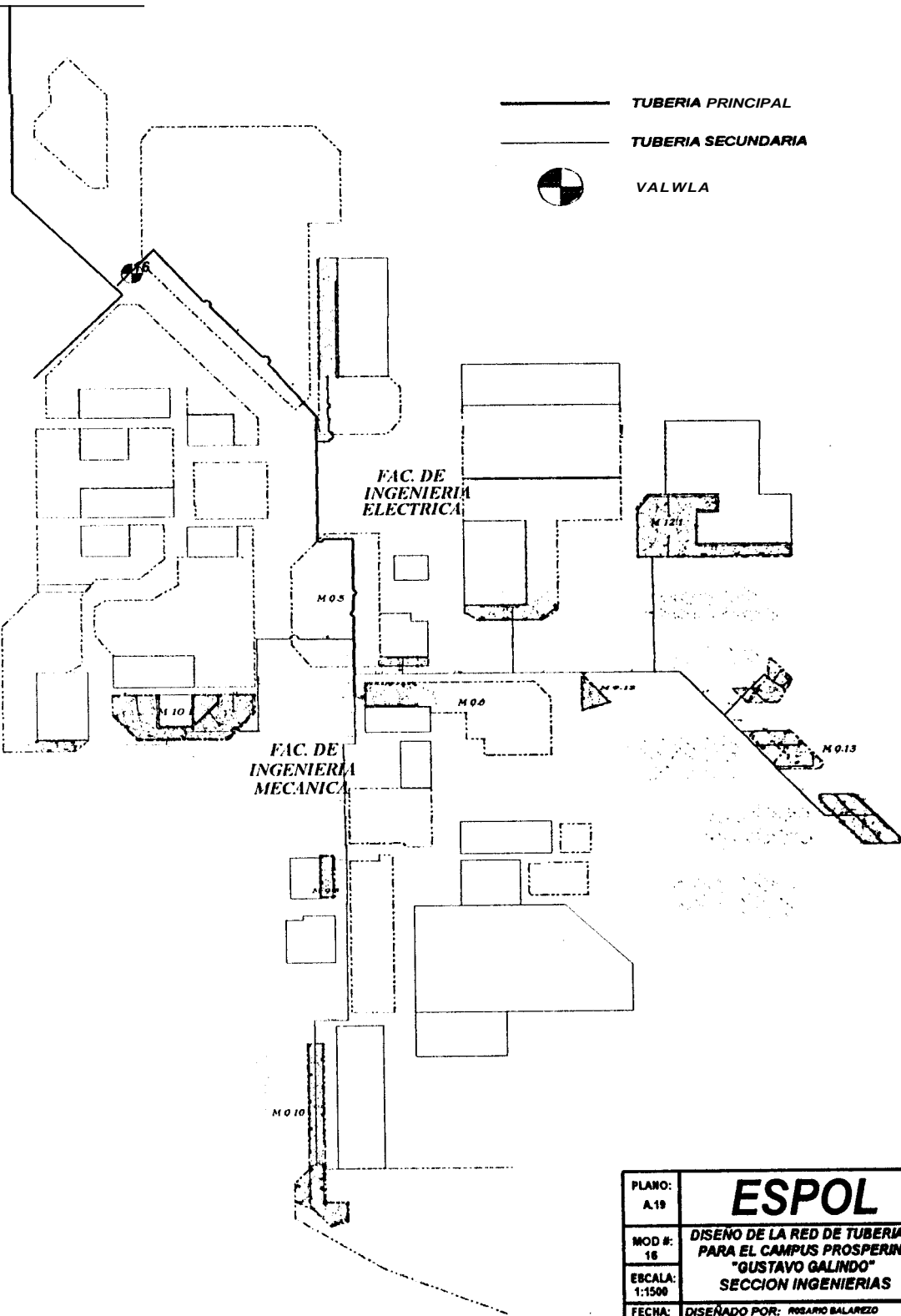
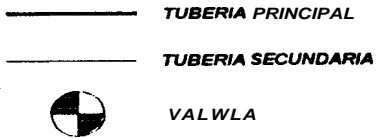


PLANO: A.17	ESPOL	ESCALA: 1:625
MOD IN 14	DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO SALINDO" SECCION INGENIERIAS	DISEÑADO POR: RODRIGO SALASO REVISADO POR: ALEXANDER BORGES FECHA: FEB/97

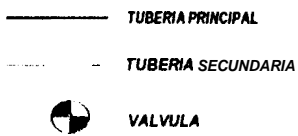
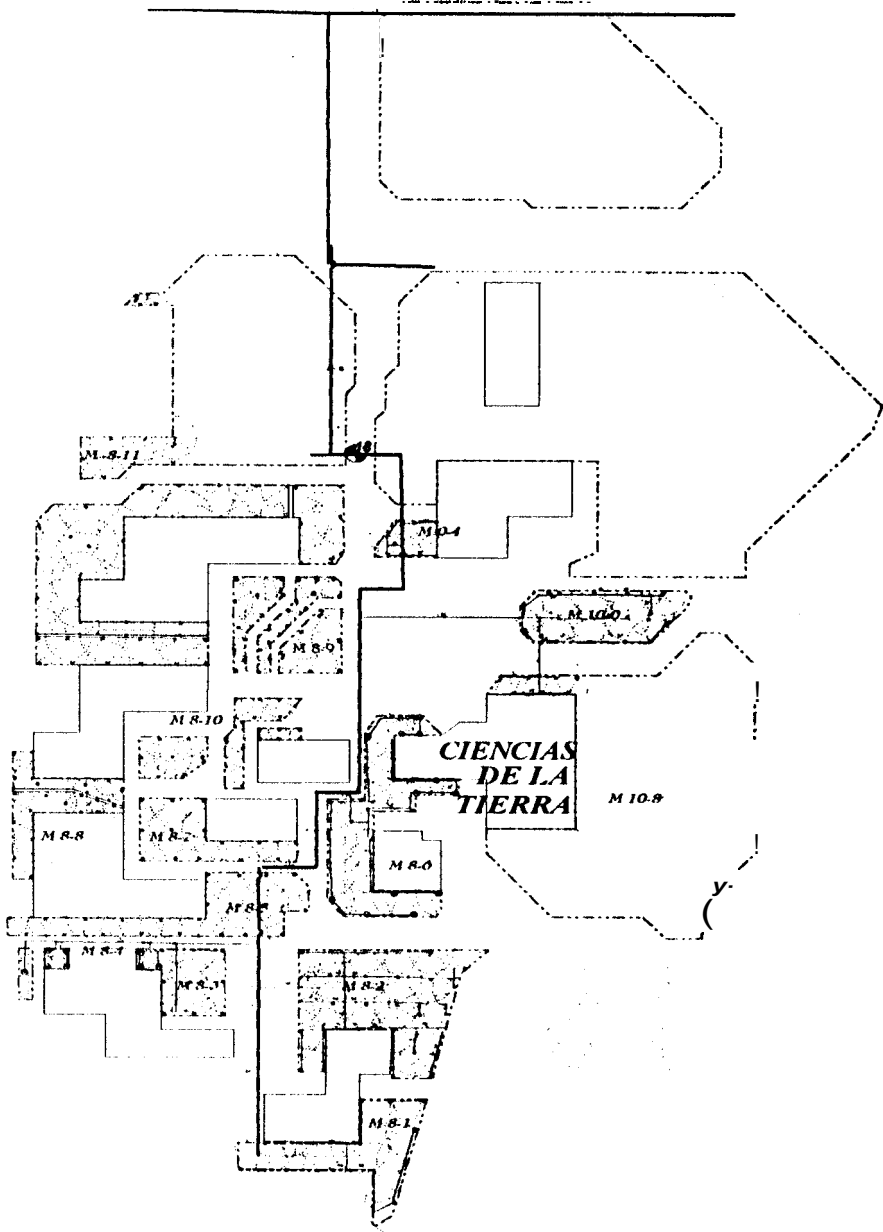


PLANO: A.18	ESPOL	ESCALA: 1:700
MOD #: 15		DISEÑADO POR: ROSEARIO BALAREZO
	DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS	REVISADO POR: ING. VICTOR GONZALEZ
		FECHA: FEB./97

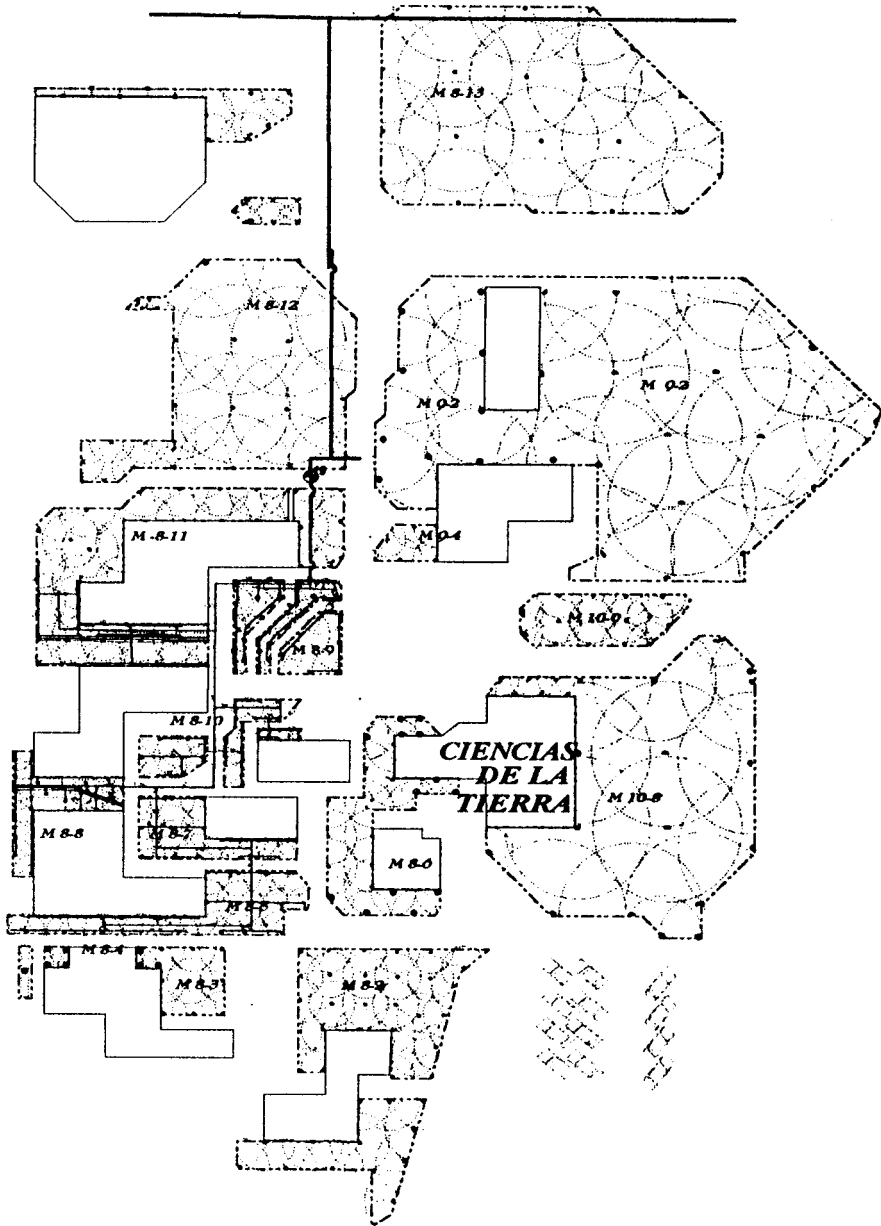
 TUBERIA PRINCIPAL
 TUBERIA SECUNDARIA
 VALVULA



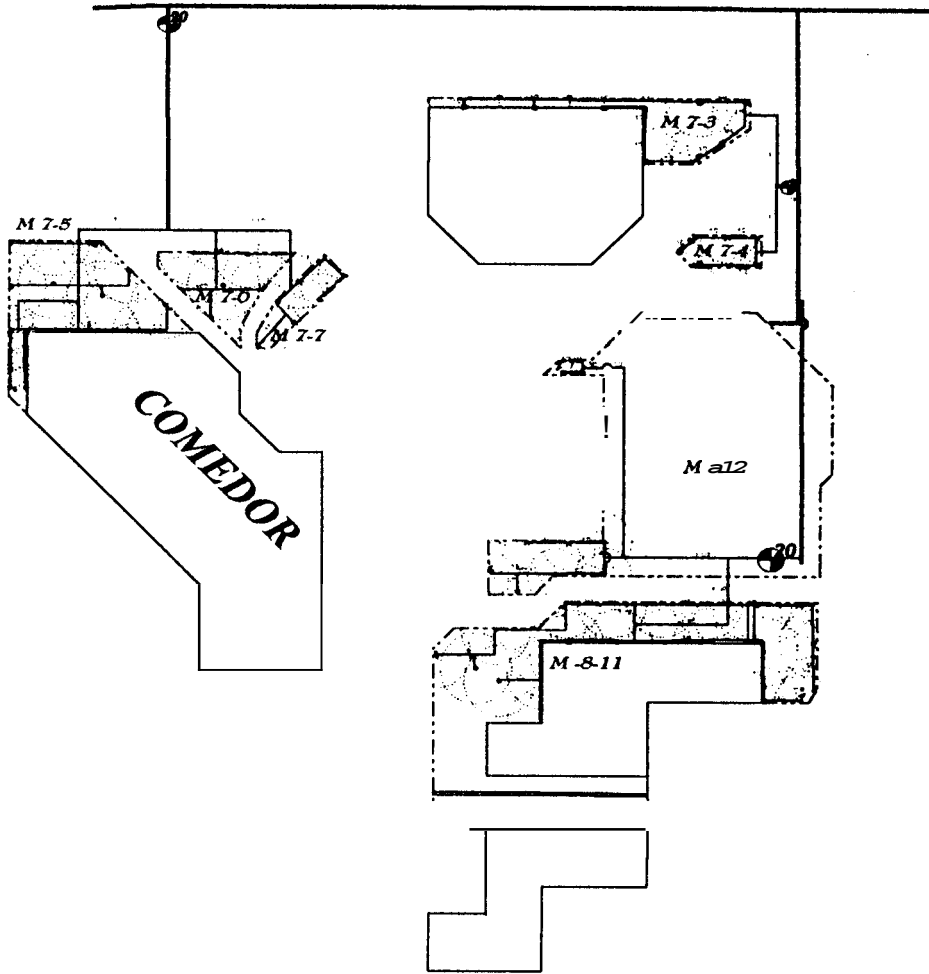
PLANO: A.19	ESPOL
MOD #: 16	DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO"
ESCALA: 1:1500	SECCION INGENIERIAS
FECHA: FEB/97	DISEÑADO POR: ROSARIO BALAREZO REVISADO POR: ING. VICTOR GONZALEZ



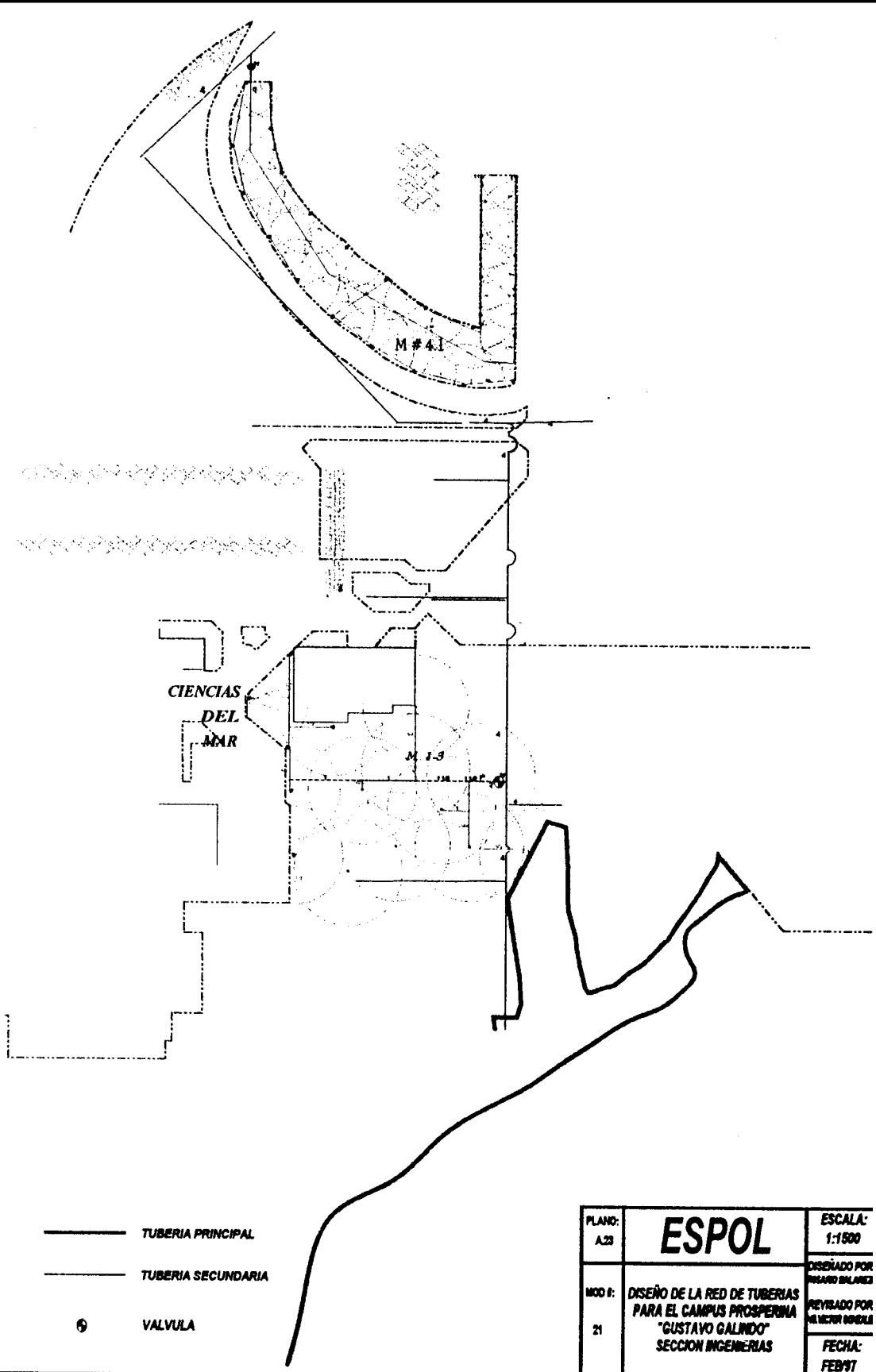
PLANO: A-20	ESPOL	ESCALA: 1:1250
MOD #: 11		DISEÑADO POR: FERRANDO GALINDEZ REVISADO POR: ING. VICTOR GONZALEZ FECHA: FEB/87
DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS		



PLANO: A.21	ESPOL	ESCALA: 1:1250
MOD. P: 19	DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS	DISEÑADO POR RODOLFO BALAREZ REVISADO POR REVISOR GENERAL FECHA: FEB./87



PLANO: A.22	ESPOL	ESCALA: 1:1000
MOD I: 20		DISEÑADO POR FERRARI BALAREZ REVISADO POR JAVIER GABELE
		FECHA: FEB.97



PLANO: A.23	ESPOL	ESCALA: 1:1500
MOD I: 21		DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS
		DISEÑADO POR RICARDO INJANETA
		REVISADO POR ALEXANDER BORGES
		FECHA: FEB/97

BIBLIOGRAFIA

- CRANE. Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, Mc. Graw-Hill, México, 1992.
1. RAINBIRD. Landscape Irrigation System Design Manual, Rainbird, Azusa-U.S.A., 1995.
1. Servicio de Conservación de Suelos Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Manual de Ingeniería de Suelos Sección 15: Riego, # 6 Riego por Aspersión, Editorial Diana, México.
1. ISRAELSEN-HANSEN, Principios y Aplicaciones del Riego,
5. RAINBIRD. Landscape Irrigation Products 1995-1996 Catalog, Rainbird, Azusa-U.S.A., 1995.
5. Apuntes de Clase de Riego dictado por el Ing. Marcelo Espinosa.

7. Servicio de Conservación de Suelos Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Manual de Ingeniería de Suelos Sección 15: Riego, # 8 Plantas de Bombeo para Riego, Editorial Diana, México.
8. MC. NAUGHTON KENNETH. Bombas, Selección, Uso y Mantenimiento, Mc. Graw-Hill, México, 1992.
9. GOMEZ POMPA PEDRO. Riegos a Presión. Aspersión, Goteo, Aedos, Barcelona, 1988.
10. HIDALGO ANTONIO. Métodos Modernos de Riego de Superficie, Ediciones Bravo, Madrid, 1971.
11. HOGG W.H. , Sistemas de Riego, Editorial Acribia, Zaragoza, 1974.