

Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



“ Uso de la Alimentación Eléctrica Monofásica con Retorno por Tierra para el Sistema de Bombeo en su Primera Etapa para Agua de Consumo Humano y de Riego para la Localidad de Aguaytía - Dpto. de Ucayali ”

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

RAMIRO J. ESCOBAR BRAVO

PROMOCION: 1981 - I

LIMA • PERU • 1986

TABLA DE CONTENIDO

PROLOGO	PAG.
I INTRODUCCION	09
1.00 Localización	09
2.00 Condiciones naturales y geoméricas	11
3.00 Requerimientos para los sistemas de consumo en la región	12
II SISTEMA DE BOMBEO	18
1.00 Alternativas de sistemas a utilizar	18
2.00 Determinación de la altura de la bomba	20
3.00 Elección de la bomba y potencia motriz requerida	25
4.00 Estudio de la instalación por etapas del sistema de	32
5.00 Características de potencia y eficiencia por etapas del sistema de bombeo	34
III SISTEMA DE ALIMENTACION ELECTRICA	35
1.00 Elección de la ruta a seguir, por etapas	36
2.00 Cálculo eléctrico por etapas	41
3.00 Cálculo mecánico por etapas	45
4.00 Comparación entre redes con uno, dos y tres conductores	62
5.00 Accesorios requeridos por etapas para la instalación	67
IV TEORIA CORRESPONDIENTE A LA INSTALACION ELECTRICA CON RETORNO POR TIERRA	68
1.00 Estudio de la conductividad del terreno	68
2.00 Tensiones de trabajo	75
3.00 Capacidad máxima a transmitir	77

4.00 Estado transitorio del retorno por tierra	79
5.00 Condiciones de la puesta a tierra	81
V EL MOTOR ELECTRICO TRIFASICO CON ALIMENTACION MONOFASE	83
1.00 Obtención del campo trifásico mediante capacitores	83
2.00 Estado transitorio del motor 3 \emptyset con alimentación 1 \emptyset	86
3.00 Estudio de rangos económicos de trabajo	92
4.00 Estado estable del motor 3 \emptyset con alimentación 1 \emptyset	96
5.00 Características de potencia y mejoramiento con un conveniente arranque.	100
VI INSTALACION POR ETAPAS	111
1.00 Instalación en su primera etapa	111
2.00 Instalación en su segunda etapa	114
3.00 Instalación definitiva	117
4.00 Costo comparativo por etapa	119
VII ESTIMACION DE VIDA PROMEDIO DE LA INSTALACION	125
1.00 Estimación de la vida promedio por etapas	125
2.00 Equipos de protección adicional	131
3.00 Programa de mantenimiento preventivo y costo del mismo	137
VIII COMPARACION CON EL USO DE MOTOBOMBAS	141
IX CONCLUSIONES	150
X APENDICE	152
APENDICE A Determinación de matriz inversa para la solución estado transitorio en conexión estrella y delta.	
X I. ANEXOS (PLANOS)	
I-1 Localización del proyecto	168
I-2 Isométrico de instalación de riego	
I-3 Gráficos de necesidades para el riego	
I-4 Detalle de aspersor rotativo	
I-5 Plataforma flotante	
I-6 Conexión a poste de salida	
I-7 Conexión a poste de llegada	
I-8 Esquema eléctrico del uso de condensadores	

I-9	Detalle pozo de tierra	Pág.
XII	BIBLIOGRAFIA	177

PROLOGO

Desde hace muchos años, el habitante peruano ha dedicado gran parte de su tiempo a la Agricultura, fuente natural de alimentos, utilizando su ingenio para sacarle el mayor provecho al suelo, inclusive con métodos en los que incluyen la luna, la posición de ella y otros que generación a generación se van transmitiendo.

Si bien el nacimiento de la agricultura en el Perú fué en la costa y sierra, en la actualidad se hace necesario el aprovechamiento al máximo de territorios; poco a poco, sin embargo, la costa va perdiendo sus valles y la sierra no es aprovechada debido a lo accidentado del terreno y lo difícil que es transportar sus productos.

Es aquí en donde miramos la Selva como alternativa, ya que en esta región el poblador se desplaza ya sea por carretera como por medios fluviales e inclusive aéreos cubriendo entonces una gran área de cultivo de la cual se pueden llevar los productos de una a otra zona.

Es en la Selva donde se desarrolla el presente trabajo, en el que se trata de aprovechar diversos recursos, la energía eléctrica generada por productos de destilación de madera, los árboles para portar líneas de energía, los ríos para hacer flexible un sistema de riego, centrando nuestro trabajo en el sistema de alimentación eléctrica al equipo de bombeo, tratando de aprovechar al máximo los recursos de la zona. Para economizar la instalación determinamos los requerimientos del poblador de la zona, en lo que se refiere al agua necesaria para riego y consumo humano; la utilización de la energía eléctrica para llevar esa agua a su destino, utilizando para ello un sistema no convencional, incidimos en el estudio eléctrico de la máquina motriz, su comportamiento y características con el fin de economizar la línea de alimen-

tación eléctrica, así como la instalación por etapas con el fin de que sea la producción misma la que amortice la inversión realizada, mejorando asimismo el rendimiento del terreno.

Asimismo, se estudia la vida promedio de la instalación con el fin de dar un patrón de mantenimiento necesario para el mejor rendimiento del sistema utilizado sin incrementar los costos del mismo.

Por último se realiza la comparación del sistema utilizando con un sistema de motobomba y en la cual se estudian las ventajas y desventajas de ambos sistemas desde el punto de vista económico.

En este momento quiero hacer extensivo mi agradecimiento a todas las personas que me han apoyado en la realización del presente trabajo, como es el caso de mi asesor, señor Ingeniero Jubert Chávez, al Ministerio de Agricultura por su accesibilidad a los datos necesarios, a los señores Alberto Gohin y Luis La Torre por sus datos del lugar y permítame el acceso a sus terrenos y a otras personas que me han apoyado en la realización del mismo.

R.J.E.B.

I

I N T R O D U C C I O N

1.00 LOCALIZACION

El área en proyecto comprende las regiones de características rurales similares a la región de Aguaytía localizada en la Selva Baja, Departamento de Ucayali aproximadamente a 750km. de la ciudad de Lima siguiendo la carretera de penetración.

El clima de la región es tropical, con un temperatura promedio de 26°C, una máxima de 38°C y una mínima de 21°C (Esporádicamente se presentan temperaturas extremamente bajas hasta 10° C).

Las precipitaciones pluviales son frecuentes entre los meses de Octubre a Mayo, durante el resto del año se presentan lluvias poco frecuentes. La precipitación pluvial de Octubre a Mayo llega a un promedio de 8 mm. diarios.

Los principales productos de la región son: Frejol, yuca, maíz, arroz, frutales tales como cítricos, papayas y frutos de la región de gran consumo entre los pobladores como: taperiba, sapote, pomarosa, caymito, etc.

A raíz del crecimiento poblacional de la región y los planes de desarrollo de la región de Selva Central entre los Departamentos de Junín, Huánuco, Ucayali y San Martín mediante la aplicación de ayuda al Proyecto Pichis - Palcazú, se prevé para la región de Selva Central del Departamento de Ucayali un incremento en la producción agrícola con tendencia a la producción de cultivos ta

les como maíz, yuca, arroz, frejol y otros productos de pan llevar por lo que se hace necesario el desarrollo de programas de Irrigación

1.01 Condiciones actuales

En la actualidad desde el kilómetro 52 al 120 de la carretera Pucallpa - Lima las condiciones del agricultor son escasas para una producción dentro del máximo aprovechable debido a que los productos sólo son sembrados en una época del año debido a la falta de agua en los meses de Junio, Julio y Agosto principalmente; por otra parte el recurso agua no es aprovechado por falta de apoyo técnico.

Resulta también ineficiente el uso de energía eléctrica a partir de grupos a petróleo, gasolina o kerosene por los altos costos de los combustibles y mantenimiento, por lo que se están desarrollando los grupos a gasógeno, a partir de la destilación de madera (recurso no aprovechado), como en la ciudad de Campoverde con una potencia de 25KVA c/u.

1.02 Objetivos del presente trabajo

Debido a que la creación de centros poblados requiere la utilización racional del riego y agua para consumo humano, se obliga a la concepción de ideas y el estudio de factibilidad de ellas para un mejoramiento de la producción.

La escasez de recursos financieros en las primeras cosechas nos hace pensar en que la instalación en su inicio debe tener un costo inicial bajo, hasta llegar a la instalación definitiva una vez que la producción lo permita.

El objetivo del presente trabajo es el de proporcionar una alternativa para la economía de la instalación de riego y consumo, partiendo de la base de que al establecer un centro poblado, la energía eléctrica será a partir de grupos

electrógenos con motores a gasógeno o central térmica de vapor usando carbón vegetal.

2.00 CONDICIONES NATURALES Y GEOMETRICAS

2.01 Tipo de terreno

El terreno en este sector es del tipo arcilloso, con presencia de piedras del tipo calcáreo (en la zona del centro poblado) y del tipo arcilloso con reducido número de piedras en la zona de cultivo.

La presencia de vegetación establece una característica microporosa y presencia de iones sulfatos, bicarbonatos y cloruros.

Sin embargo debemos señalar la característica de heterogeneidad en este terreno lo cual se observa por un proceso estudiado de Corrosión Metálica (Fe) el cual estableció el carácter agresivo del terreno colocándolo como agresivo. El pH se mantiene en 7.5 en su mayor parte, hasta una profundidad de 1.5m.

La resistividad del terreno varía desde 3 Ω m hasta 100 Ω m. por lo que se considera extraordinariamente corrosivo.

2.02 Accidentes geográficos

El terreno es en general del tipo llano con pendientes naturales del 2 al 3%, en dirección aguas abajo de los arroyuelos que surcan los terrenos que ocupan un área de 1,400 has.

También se presentan quebradas pertenecientes a los cauces de los ríos.

Se ubican también varias zonas en terrenos más bajos que ocupan alrededor de 100 hectáreas.

Los ríos que fluyen en la zona son: Aguaytía, Pachitea.

2.03 Cauces máximos y mínimos

Los ríos de la Selva se caracterizan por su tendencia a cambiar sus cauces, a lo largo de su recorrido cambian por temporadas su dirección, sin embargo en la zona de los ríos Aguaytía y Neshuya se presenta una estabilidad que permite un mayor aprovechamiento de los mismos; para el caso del río Aguaytía su caudal está previsto en 23 m³/seg. en la época de estío y de 48m³/seg. en época de crecida, lo cual garantiza para la región en proyecto un suministro mínimo de 1 m³/seg. aprovechables 100%.

3.00 REQUERIMIENTOS PARA LOS SISTEMAS DE CONSUMO EN LA REGION

En este capítulo vamos a estimar los caudales requeridos por los diversos consumidores.

3.01 Irrigación y consumo humano

Para encontrar la cantidad de agua necesaria para irrigación primeramente definiremos una unidad básica, en este caso será de 100m³ ó Hectárea-Cm.

Sistema de riego

Para el cálculo del sistema tomaremos en cuenta los siguientes estándares:

Cultivo	<u>mm/día</u>	<u>Máxima Mensual</u>
Maíz	3 a 5	85 a 150
Frutales	2 a 4	60 a 120
Flores	6 a 10	180 a 300
Porosidad del terreno	:	35%
Velocidad de filtración	:	26×10^{-8} m/seg.
Marchitamiento	:	13%
Evapotranspiración	:	140 mm. (mensual)

2.03 Cauces máximos y mínimos

Los ríos de la Selva se caracterizan por su tendencia a cambiar sus cauces, a lo largo de su recorrido cambian por temporadas su dirección, sin embargo en la zona de los ríos Aguaytía y Neshuya se presenta una estabilidad que permite un mayor aprovechamiento de los mismos; para el caso del río Aguaytía su caudal está previsto en 23 m³/seg. en la época de estío y de 48m³/seg. en época de crecida, lo cual garantiza para la región en proyecto un suministro mínimo de 1 m³/seg. aprovechables 100%.

3.00 REQUERIMIENTOS PARA LOS SISTEMAS DE CONSUMO EN LA REGION

En este capítulo vamos a estimar los caudales requeridos por los diversos consumidores.

3.01 Irrigación y consumo humano

Para encontrar la cantidad de agua necesaria para irrigación primeramente definiremos una unidad básica, en este caso será de 100m³ ó Hectárea-Cm.

Sistema de riego

Para el cálculo del sistema tomaremos en cuenta los siguientes estándares:

Cultivo	mm/día	Máxima Mensual
Maíz	3 a 5	85 a 150
Frutales	2 a 4	60 a 120
Flores	6 a 10	180 a 300
Porosidad del terreno	:	35%
Velocidad de filtración	:	26×10^{-8} m/seg.
Marchitamiento	:	13%
Evapotranspiración	:	140 mm. (mensual)

Humedad equivalente

Franco arcilloso	:	35%
Arcilloso	:	30%

Reserva facilmente utilizable

Franco arcilloso	:	8.5%
Arcilloso	:	11.0%

con profundidad radicular 1.5m.

$$(1) 10,000 \times 0.3 \times 0.085 = 255\text{m}^3.$$

$$(2) 10,000 \times 0.11 \times 0.11 = \underline{1,320\text{m}^3}$$

$$1,575 \text{ m}^3/\text{Ha.} = 157 \text{ mm.}$$

Evapotranspiración

Siendo la evapotranspiración 140 mm. y la velocidad de filtración de 26×10^{-8} m/seg. es decir 22 mm. día, teóricamente la RFU será consumida en $157/22 = 7.1$ días y con el factor por temperatura de 80%, entonces $7.1 \times 0.8 = 5.68$ días es decir 6 días; el volumen será:

$$V = 140 \text{ mm.} \times 10 \text{ m}^3 \times 1.25 = 1,750 \text{ m}^3/\text{Ha./mes.}$$

El volumen suministrado por las lluvias será aproximadamente 90 mm. al mes.

$$V_1 = 90 \text{ mm.} \times 10 \text{ m}^3 = 900 \text{ m}^3/\text{Ha./mes.}$$

Volumen total (considerando 6.7 Ha.)

$$V_{\text{necesario}} : 1,750 \times 6.7 = 11,725 \text{ m}^3.$$

$$V_{\text{lluvia}} : 900 \times 6.7 = 6,030 \text{ m}^3.$$

$$V_{\text{total}} = V_{\text{necesario}} - V_{\text{lluvia}}$$

$$V_{\text{total}} = 11,725 - 6,030 = 5,695 \text{ m}^3.$$

Dosis de riego

En principio la dosis de riego debe ser menor que la filtración y por lo tanto debe ser menor de 22mm/diarios.

Asumiendo una pluviometría de 20/día, apta para terrenos arcillosos; por lo tanto:

$140/20 = 7$ DIAS DE RIEGO, pero de acuerdo a Evapotranspiración 6 días.

Duración de la jornada

Tomaremos un servicio entre las 06:00 y 11:00 horas y a continuación entre las 14:00 y 18:00 horas, en total 10 horas.

Caudal Máximo

Tomaremos en cuenta que debido a la frecuencia de riego y la flexibilidad del sistema semifijo, podremos regar simultáneamente:

$$\frac{6.7}{5} = 1.34 \text{ Ha.}$$

Entonces el volumen necesario será:

$$\frac{5,695 \text{ m}^3}{5} = 1,139 \text{ m}^3.$$

$$Q = \frac{1,139 \times 1,000}{7 \times 10 \times 3,600} = 4.52 \text{ lt/seg.}$$

Necesidad Poblacional

Consideramos 20 lts. diarios por persona, para una densidad de 4 personas por hectáreas y un total de 20 Ha. y 8 horas diarias:

$$\frac{20 \times 4 \times 20}{3,600 \times 4} = 0.11$$

El caudal total:

$$4.52 + 0.11 = 4.63 \text{ lt/seg.}$$

En m³/hr. : 16.7 m³/hr.

La condición será:

Evapotranspiración > Pluviometría

3.02 Sistema de riego elegido

La región comprendida en el presente proyecto dispone de una cantidad de agua suficiente para la producción a niveles adecuados, sin embargo existe el problema de distribuir esa agua, lo que permitiría el aprovechamiento del recurso al máximo.

En la región selvática se presenta un problema de desnitrificación del terreno, las experiencias han demostrado que el terreno de cultivo es apto durante 3 ó 4 temporadas por lo que se hace necesario un proceso de fertilización de los suelos, sin embargo esto debe hacerse con un proceso semi-automático debido a que las cantidades de abonos químicos y nitrogenados deben ser regulados y llevados al mayor terreno posible lo que origina un aumento radical de la mano de obra temporal.

Por los motivos expuestos se elige el riego por aspersión que es totalmente independiente del suelo y del relieve, evita además las degradaciones debidas a las escorrentivas y ya que el agua es aportada al nivel mismo de la planta, puede dosificarse perfectamente permitiendo añadir eventualmente y como complemento las materias fertilizantes.

Se debe aportar el agua, si bien este sistema es caro (forzosamente), sólo en la cantidad estrictamente necesaria, lo que supone un buen conocimiento de las necesidades.

3.03 Características y aptitudes del suelo

Los terrenos son de textura muy fina, la fertilidad es variable, las limitaciones más importantes que presentan estas tierras se dan en la acidez, bajo nivel de nutrientes vegetales y problemas en el sistema nutricional y riesgos moderados a la erosión pluvial. Las buenas condiciones topográficas generales permiten la implantación de cultivos intensivos.

Prácticas de control

1. Mejoras orgánicas a base de residuos de cosecha, compost, abonos verdes o estiércol.
2. Aplicación de fertilizantes nitrogenados, minerales u orgánicos y fosfáticos; es recomendable la utilización de fertilizantes nitrogenados de residuos neutro o básico en lugar de aquellos de radical ácido.
3. Cultivos de cobertura como fuente de materia orgánica.
4. Surcos en contorno, terrazas o cultivos en fajas.
5. Inclusión de una leguminosa en la rotación de cultivos que se adopten.
6. Araduras adecuadas.

Cultivos adaptables

Para esta clase de suelo son adaptables: cultivos de pan llevar, cítricos, papayas, caña de azúcar, piña y pastos.

Como cultivos intensivos se recomienda: arroz (variedad de serrano), yuca, maíz (con enmiendas calcáreas).

Rendimientos de cultivos

Para una mayor objetividad de la Evaluación Económica se dan a conocer los rendimientos promedio de algunos productos.

CULTIVOS	RENDIMIENTO ANUAL
	<u>Kg/Ha (sin riego programado)</u>
Arroz	1,300
Frejol	1,000
Yuca	2,000
Maíz	1,000
Plátano	10,000
Frutales	6,000
Palma Aceitera	1,200

CON MEJORAMIENTO DEL RIEGO (MAXIMO)

CULTIVOS	Kg/Ha. (Con riego prog. y 2 o más cosechas)
	Arroz
Frejol	4,500
Yuca	6,000
Maíz	3,000
Plátano	15,000
Frutales	18,000
Palma aceitera	2,700

II

SISTEMA DE BOMBEO

1.00 ALTERNATIVAS DE SISTEMAS A UTILIZAR

1.01 Introducción

Para una eficaz y técnica distribución de las aguas se necesita determinar previamente las demandas de cada cultivo.

Por la lejanía de grandes extensiones de cultivo según la concepción de las poblaciones se debe tener un sistema; en primer lugar, eficaz.

Según los estudios de riego en Israel la conveniencia de riego por aspersión se hace notar por las desventajas que presenta el riego por canales, el cual desperdicia mucho el agua por evaporación directa del suelo y en las capas profundas del suelo; esto último por exceso en la aplicación del riego.

Según datos de la Dirección de Aguas de Regadío la humedad que hay que reponer (excepto para el arroz), abarca sólo 70 cm. de profundidad.

Si deseamos saber en qué tiempo se agota el agua aprovechable en un espesor de suelo de 70 cm. sembrado con plantas que consumen en esa época 2.5 lt. diarios por metro cuadrado (típico para el cultivo de la zona), y con suelo inicialmente humedecido tenemos:

- Tipo de suelo : Arcilloso

- Peso volumétrico (seco) : 1,200 kg/m³.
- Retención de humedad : 25%
- Marchitamiento : 13%

Por lo tanto la humedad aprovechable es el 12%. Las plantas dispondrán de un volumen de: $1,200 \times 0.7 \times 0.12 = 100$ kg; aproximadamente 100 lts.

Para no llegar a la humedad de marchitamiento, tomaremos el 85% de este volumen, por lo que el agua fácilmente aprovechable se reduce a 85 litros.

Los 85 litros de agua fácilmente aprovechable se consumirán en 85 dividido por 2.5 litros de agua que el cultivo consume por metro cuadrado de superficie cultivada al día, o sea en 34 días, en cuya fecha debe repetirse el riego.

La anterior es válido a temperaturas menores de 15° C por lo que debemos señalar que la relación anterior se reduce a 6 días, que es el tiempo para el cual debe repetirse el riego

1.02 Estudio para la aplicación de sistemas

El estudio en que nos hemos basado para la comparación es el reporte "VISION DE ISRAEL CONTEMPORANEO" por el Ing. Rubén Parra Morote, del cual hemos tomado las siguientes premisas:

- El trabajo de la parcela sólo provenga de la familia con 350 días como mínimo de trabajo de la familia, no debe haber en lo posible obreros asalariados.
- El agua que pertenezca al Estado y su distribución muy rigurosa.
- Que los medios de producción sean equivalentes cualitativamente.

Tomando las anteriores premisas establecemos que el sistema de producción debe ser de muy bajo costo inicial y un crecimiento por etapas, por lo que se presentan diversas alternativas para el riego, las cuales son:

- Riego por canal abierto y diversas tomas.
- Riego por goteo (excesivamente caro).

2.00 Determinación de la Altura

Altura Geométrica

De acuerdo al perfil del terreno y mediciones topográficas, la altura a ser considerada será:

$$Z_{GEO} = Z_{MIN} + Z_{VAR} + Z_n$$

Donde:

$$Z_{MIN} = 15.4\text{m.}$$

$$Z_n = \text{Diferencia de nivel alcance del río (Platauforma)} \quad (\text{Para nuestro caso} = 0.8\text{m})$$

$$Z_{VAR} = \text{Diferencia de nivel con el punto de descaruga} \quad (\text{Para nuestro caso} = 1.5\text{m.})$$

Entonces:

$$Z_{GEO} = 15.4 + 0.8 + 1.5 = 17.70\text{m.}$$

Altura de Pérdidas

Tomando como referencia la ilustración mostrada (Fig. 2.1) y los datos de caudal: 4.63 lt/seg. La tubería a ser utalizada será íntegramente plástica. Debe indicarse que la posición crítica (mayores pérdidas) ocurren en la posición indicada en la fig. 2.1

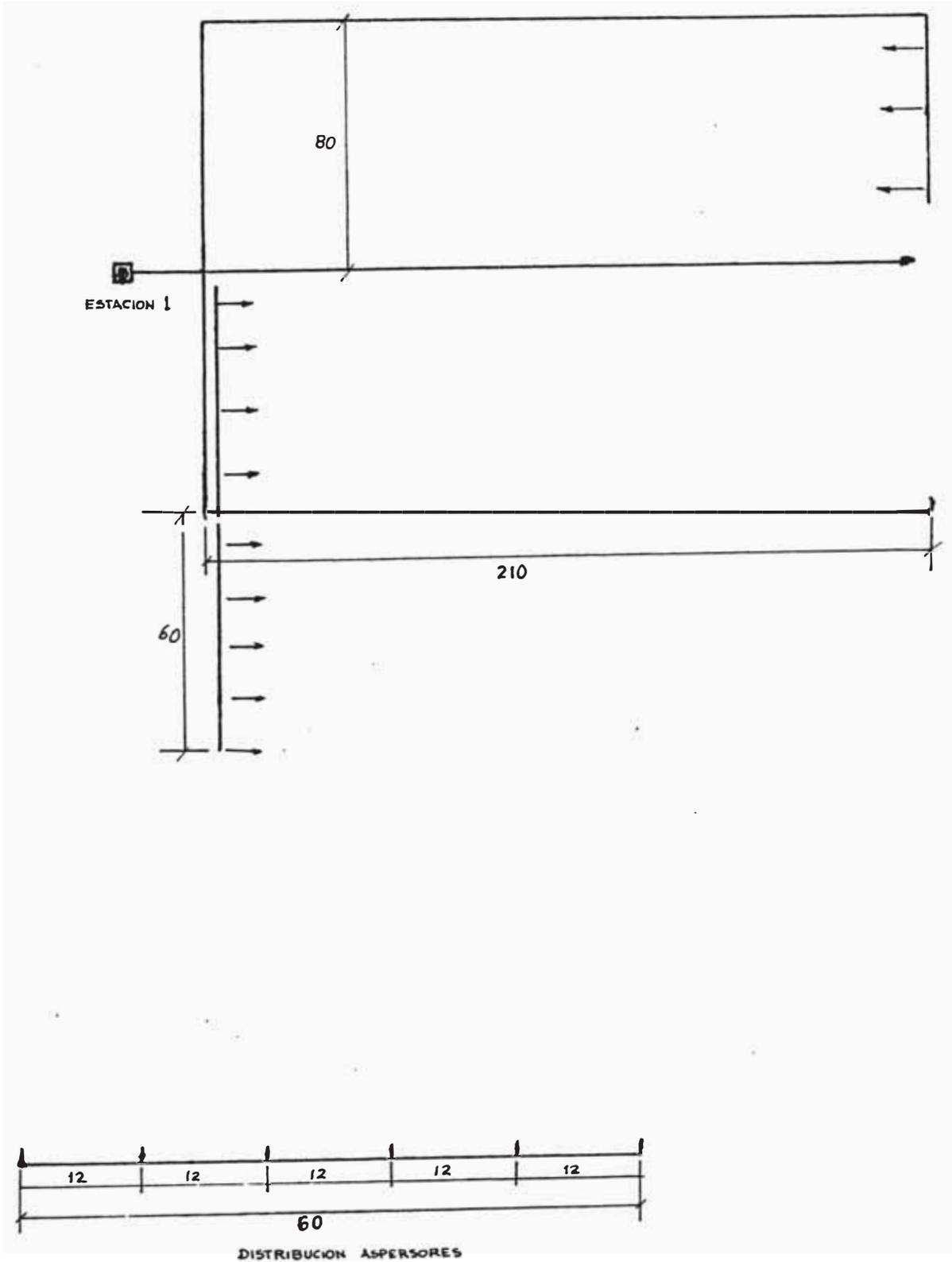


FIG 2.1

CUADRO II - 1

	L	V Comp.	V Check	Codo 90°	Codo 45°	Deriv. Flujo Tee	TOTAL Eq.	A.Perd.	TOTAL
- Tub. 3" Ø	30	1	1	-	2	-	38.50	0.0105	0.40
- Tub. 2" Ø	240	1	-	2	-	4	247.00	0.020	4.94
- Tub. 1" Ø	60	1	-	-	-	6	32.90	0.105	3.45
- Succión									8.79 x 1.25 = 11 <u>5</u> 16 m. Aspersores Alt. geom. <u>35.0 m.</u> 17.7 m. 68.7 ==

CUADRO II. 2

Dfa (mm)	lt/Seg.	F. Perd.	m ³ /hr.
Ø 3"	4.63	0.0105	16.67
Ø 2"	2.31	0.02	8.33
Ø 1"	1.15	0.105	4.17

$$L = N (N - 1) \times e \quad L_f = e \times c \quad C = 12$$

$$c = \frac{N - (2N-1)}{6 (N - 1)} = \frac{6 \times (12-1)}{6 (5)} = \frac{66}{30} = 2.2$$

$$L_f = 12 \times 2.2 = 26.4$$

$L_f = 26.4$

CUADRO II 3

DETERMINACION DE PERDIDAS

Longitud efectiva para el tramo correspondiente a los aspersores

Longitud Real : 60m.

Separación entre aspersores: 12m = e

Aspersores : 6 = N

$$C = \frac{N \times (2N - 1)}{6 \times (N - 1)} = \frac{6 \times (12 - 1)}{6 \times (6 - 1)} = \frac{66}{30} = 2.2$$

$$L_f = e \times C = 12 \times 2.2 = 26.4$$

Tubería	L (m)	Válv. Comp.	Válv. Check	Codo 90°	Codo 45°	Deriv. Flujo	Tee	Leq. (m)	Caudal (lt/seg)	Día Int. (mm.)	Factor Perdidas	Perdidas (m)
3" Ø	30	1	1	-	2	-	2	38.5	4.63	80.10	0.0105	0.40
2" Ø	240	1	-	2	-	4	-	247.0	2.31	54.20	0.020	4.94
1" Ø	60	1	-	-	-	6	-	32.9	1.15	29.40	0.105	3.45
												8.79
												x 1.25 = 11.00
												4.90
												15.90

Considerando que en la succión se pierden :

ALTURA TOTAL DE PERDIDAS:

Con la altura geométrica : 17.70m. y altura en el aspersor más alejado : 35m. entonces
la altura total será : 17.70 + 35.00 + 15.90 = 68.60 m.

3.00 ELECCION DE LA BOMBA Y POTENCIA MOTRIZ. QUERIDA

3.01 Elección de la bomba

Utilizando los datos encontrados de cálculos anteriores tenemos que la bomba deberá cumplir:

- Caudal : 4.63 Lt/seg. = 16.7 m³/hr. = 73.4 G.P.M.
- Altura : 68.60.m. = 69 = 226 pies

Sabemos que la eficiencia aproximadamente deberá ser de 0.72

$$P \text{ (HP)} = \frac{\gamma Q H}{76 N} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.00463 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \times 69\text{m}}{76 \times (0.72)}$$

$$P \text{ (HP)} = 5.9 \text{ HP} = 6.6 \text{ HP normalizado}$$

De las condiciones establecidas para la máquina; sabemos que en alimentación monofásica el motor eléctrica sólo aprovechará un 70%, es decir:

$$P_X = 6.6 \times 0.7 = 4.8 \text{ HP}$$

Con esta potencia, y sabiendo que la eficiencia es menor, tan solo del 070.

$$H_E = \frac{N \times 76 \times 4.80}{\gamma Q}$$

$$H_E = \frac{0.70 \times 76 \times 4.80}{10 \times 4.63 \times 10^{-3}} = 55 \text{ m}$$

Lo cual significa que la altura se reduce en: 68.6 - 55 = 13.6 m., que afectan directamente a la presión en el aspersor; es decir, disminuye de 3.5 kg/cm² a 2.2 kg/cm².

Con los datos aquí conseguidos se deduce de acuerdo a las curvas de distintas bombas marca BARNES, elegimos entonces

la bomba 2020 HCCU, con una potencia de 5.9 HP. cuyas características se dan en las figuras 2.2 y 2.3.

3.02 Trazado de curvas a distintas cargas:

Tomando en cuenta que con una sola bomba va a ser utilizada en el riego de varias zonas, vamos a graficar las pérdidas que se presentan en 2 zonas aledañas a la zona de diseño

Zona (2) :

En esta zona se presenta una altura geométrica de 17m., las longitudes, según figura 2.02, tenemos los siguientes tramos:

Tramo (1) Long. : 120 m = 4.05 Lb./pulg.2
 Tramo (2) Long. : 160 m = 5.83 Lb./pulg.2
 Tramo (3) Long. : 420 m = 7.53 Lb./pulg.2
 Tramo (4) Long. : 640 m = 5.50 m.

Sub Total : 17.34 m.
 Aspersores : 35.00 m.
 Alt. Geométrica : 17.00 m.
 TOTAL : 69.34 m.

La cual es similar a la altura de diseño anterior.

Zona (3) :

Para este caso se debe considerar una altura geométrica de 14m., la cual es la medida obtenida al trazar la recta al punto de alimentación.

Para la evaluación de las pérdidas, de forma similar a lo anterior:

Tramo (1) Long. : 130 m = 4.4 Lb/pulg².

Tramo (2) Long. : 160 m = 5.83 Lb/pulg².

Tramo (3) Long. : 360 m = 6.45 Lb/pulg².

Tramo (4) Long. : 640 m = 5.5 m.

Sub Total : 16.8 m.

Aspersores : 35.0 m. .

Alt. Geométrica : 14.0 m.

TOTAL 65.8 m.

Las curvas correspondientes será las indicadas en las fig. 2.2. y 2.3.

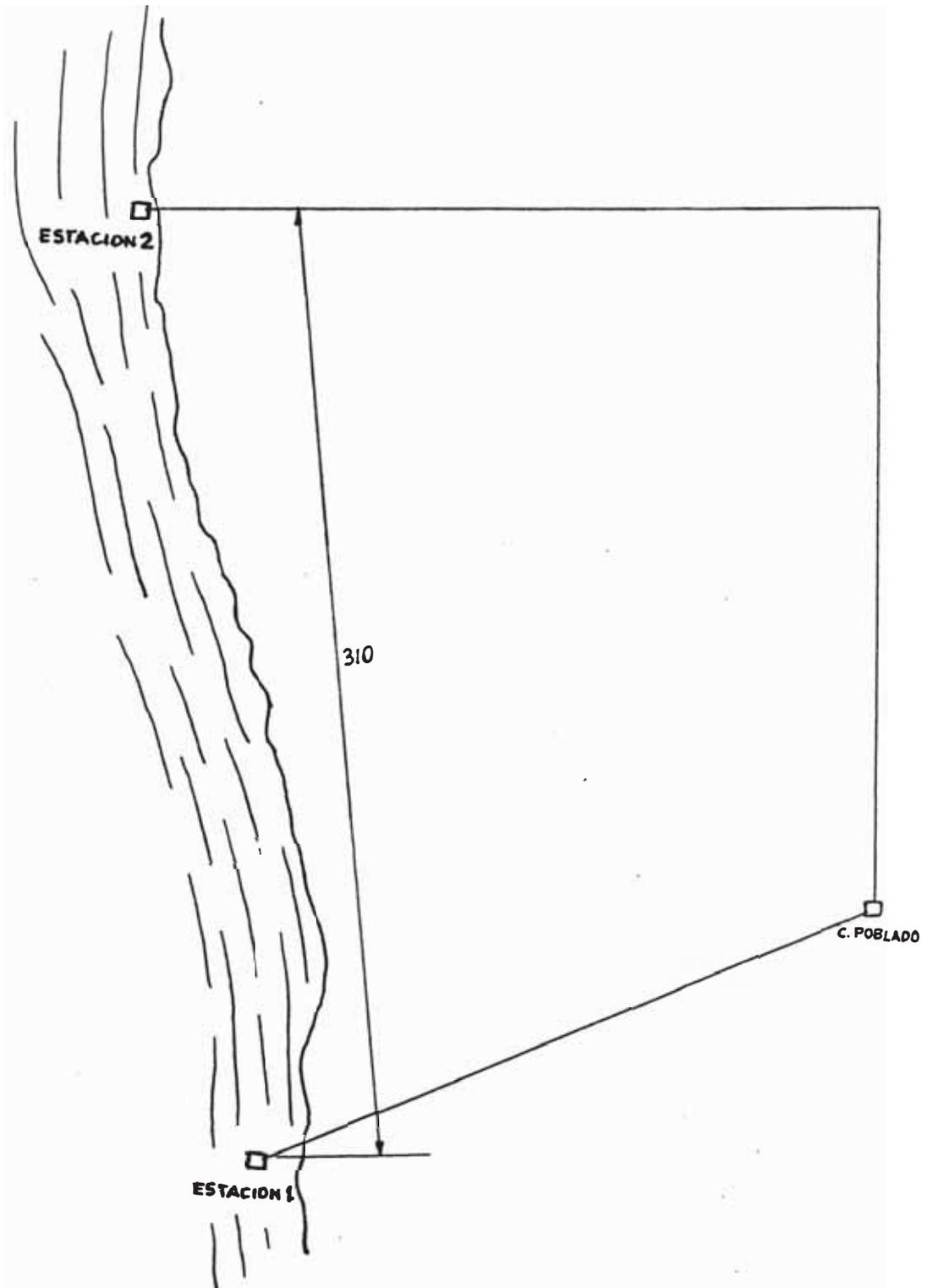


FIG 2.2

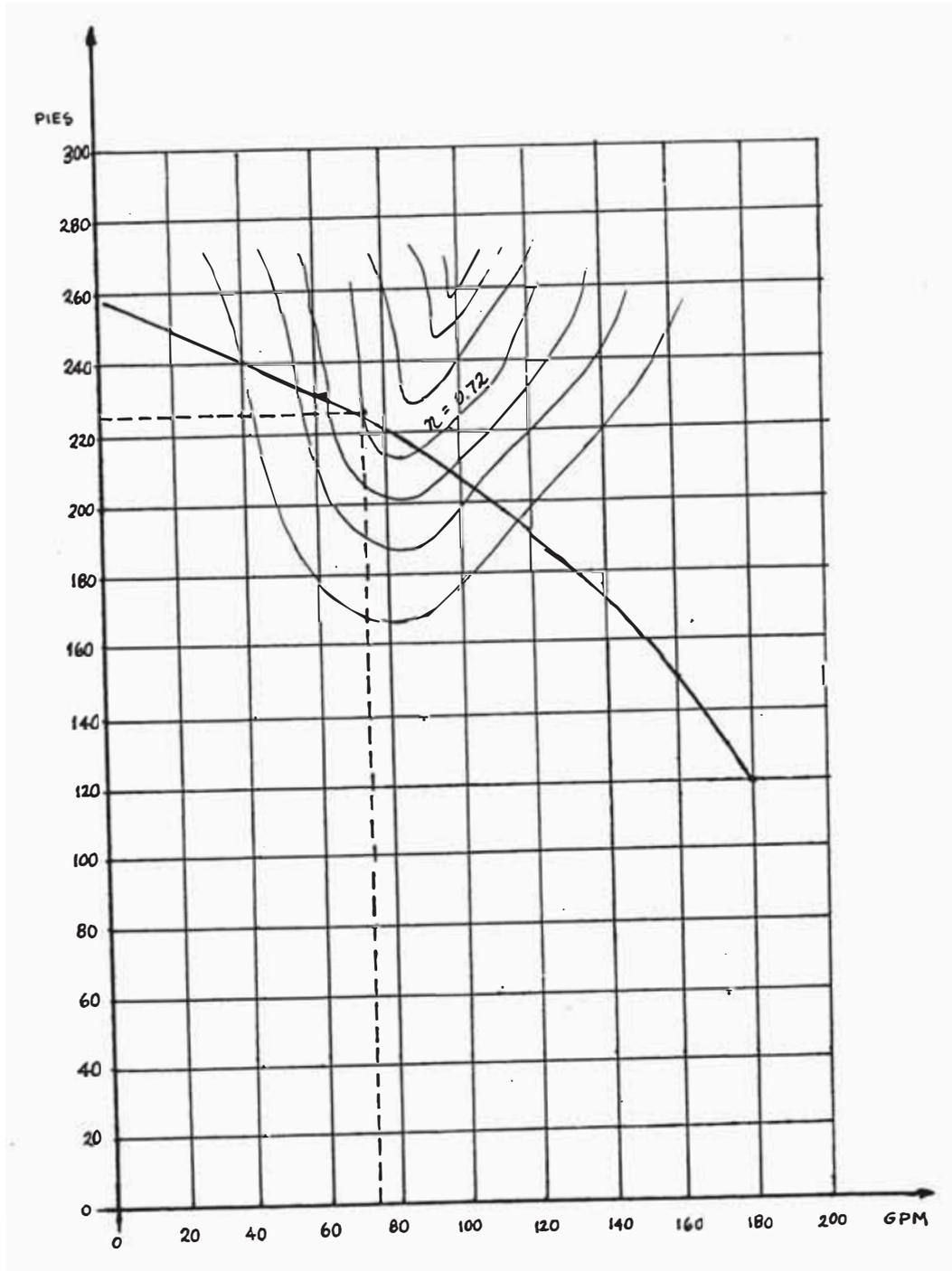


FIG 2.3

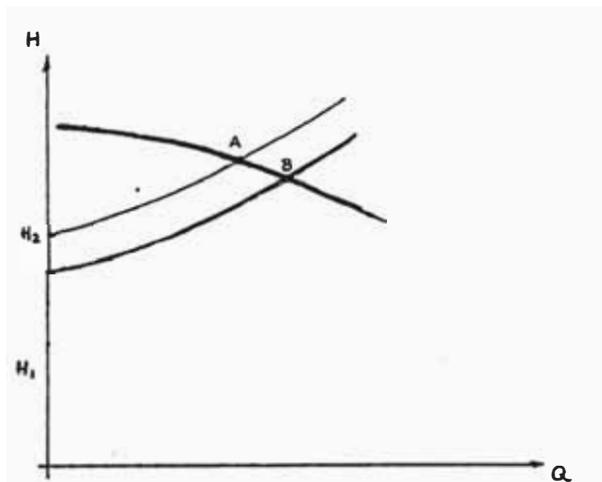
3.03 CURVAS DE PERDIDAS A DISTINTAS ETAPAS

Puede observarse que para todas las etapas, las pérdidas por fricción son iguales, se considera entonces:

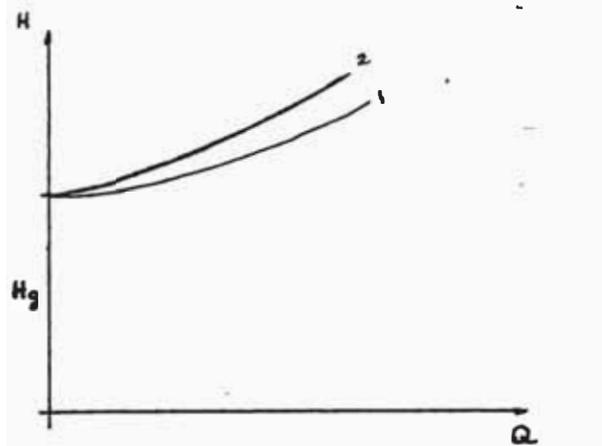
ETAPA	ZONAS RÍGIDAS	CAUDAL (lt/Seg)	PERDIDA FRICCIÓN	ALTURA * DISPONIBLE	ALTURA GEOMETRIA	ALTURA MAXIMA EN AS- PERSION
I	1	4.63	15.90	55	17.70	21.40
II	2	4.63	15.90	55	17.90-14.3	24.80
III	2	4.63	15.90	69	17.70-14.3	38.80

En el caso de encontrarse en época de lluvias (creciente, la altura geométrica será menor en una variación de 0-0.8m., lo cual incide en la altura en los aspersores.)

* Altura disponible se refiere a la altura total teórica que rinde la bomba.



y las curvas de pérdidas serán:



Debe notarse que las curvas anteriores corresponden a la misma bomba en dos condiciones distintas, la de mayor potencia se refiere al punto en donde el grupo electrobomba trabaja con alimentación trifásica y el otro se refiere a la alimentación con un solo conductor y retorno por tierra.

4.00 ESTUDIO DE LA INSTALACION POR ETAPAS DEL SISTEMA DE BOMBEO

4.01 Altura correspondiente a la II etapa

Dado el esquema de riego básico anterior, podemos utilizarlo como un módulo de riego el cual aplicamos en la II etapa a un área similar = 6.7 Ha.

En esta II etapa las pérdidas en la tubería son de valor aproximadamente igual a la zona anterior es decir, pérdidas por un valor de 15.90m.

La altura en los aspersores será también de 35m. por lo tanto la variación se produce en la altura geométrica, que para este caso tiene un valor de 14.30m. y por lo tanto la diferencia con el anterior da:

$$17.70 - 14.30 = 3.40m.$$

Dada la presión en los aspersores, calculada anteriormente, de 2.2. kg/cm²., agregándole la diferencia prevista. Tendremos que para esta segunda zona la salida en los aspersores será de 2.5kg/cm².

Debemos indicar que en la I y II etapas la electrobomba alcanza un 70% de la potencia esperada por el uso de la alimentación con retorno por tierra.

4.02 Características principales por etapas

A continuación se dan las principales características, que se presentan en cada una de las etapas.

CUADRO II - 4

VALORES DE CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RIEGO

	(Ha.) Area de riego Total	(dias) Frecuen- cia de rie- go por zona	(kg/cm ²) Altu- ra en los aspe- res	(m) Diámetro mojado p/asper- sarias	(mm.) Precipita- ciones ho- rarias	(mm.) Precipita- cion Total	(mm.) Mejora en la Prcp. Req.	(kg/ha) Produc- ción Total	(Kg/Ha) Mejora de la pro- ducción	(kg.) Produc- ción Adi- Total	(Años) Duración
I Etapa	6.7	4	22.2	24.00	5.00	20	12	1,700	700	4,690	2
II Etapa	13.4		22.2-22.5	25.60	5.20	20	12	1,700	700	9,380	3
III Etapa	13.4		35		6.3	20	12	2,000	1,000	13,400	10

5.00 CARACTERÍSTICAS DE POTENCIA Y EFICIENCIA POR ETAPAS DEL SISTEMA DE BOMBEO

De acuerdo a lo obtenido en la elección de la bomba, con el caudal y la altura de la etapa definitiva, podemos dar los parámetros base, para la bomba elegida, es decir

$$Q = 4.63 \text{ lt/seg.}$$

$$H = 69 \text{ m.}$$

$$P = 5.9 \text{ HP}$$

$$N = 72\%$$

Sabemos además que el módulo de base para el sistema de riego es el mismo en las 3 etapas, por lo que calculamos las pérdidas en función del caudal.

$$\text{con } Q = 5 \text{ lt/seg.}$$

Diam. Num.	Leq. (m)	Caudal (Lt/seg)	Factor Perdidas	Perdidas (m)
3" Ø	38.5	5	0.0113	0.435
2" Ø	247.0	2.5	0.021	5.187
1" Ø	32.9	1.25	0.11	3.619
			x 1.25 TOTAL	11.55

$$\text{con } Q = 3 \text{ lt/seg.}$$

Diam. Num.	Leq. (m)	Caudal (Lt/seg)	Factor Perdidas	Perdidas (m)
3" Ø	38.5	3	0.0043	0.165
2" Ø	247	1.5	0.012	2.964
1" Ø	32.9	0.75	0.030	0.987
			x 1.25 TOTAL	5.145

Con $Q = 4 \text{ lt/seg.}$

Diam. Num.	Leq. (m)	Caudal (Lt/Seg)	Factor Perdida	Perdidas (m)
3" \emptyset	38.5	4.0	0.005	0.1925
2" \emptyset	247	2.0	0.015	3.705
1" \emptyset	32.9	1.0	0.080	2.632
		x 1.25	TOTAL	8.16

La potencia absorbida para el caso de alimentacion monofásica será del 70% de la Potencia Nominal, la cual influye en la altura del aspersor, y para este caso tenemos la curva (2), y para el caudal nominal (4.63 lt/seg) nos da el punto p', con una eficiencia del 70% para la bomba.

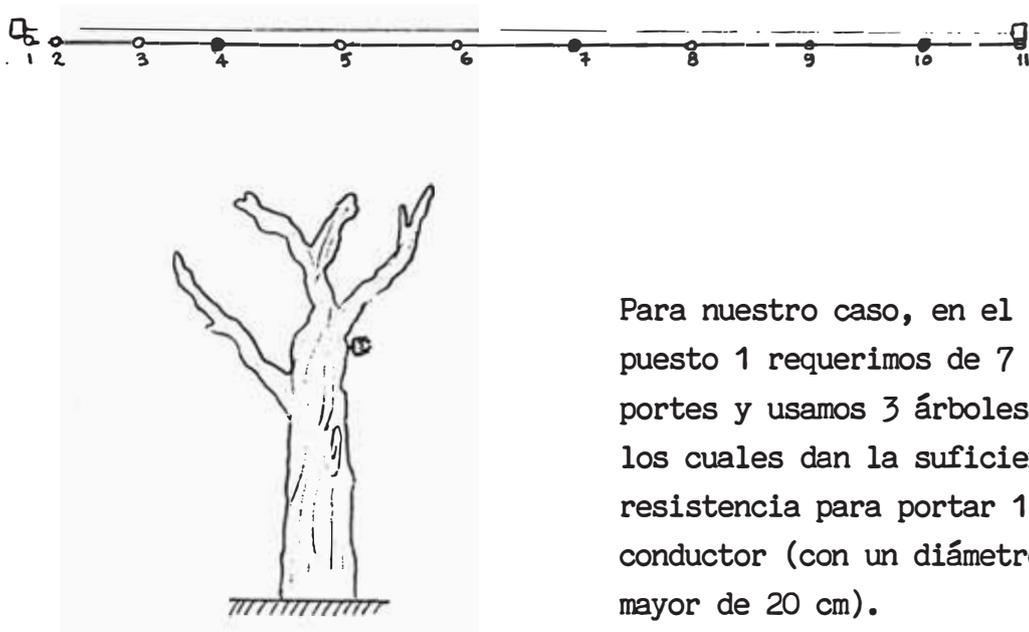
III

SISTEMA DE ALIMENTACION ELECTRICA

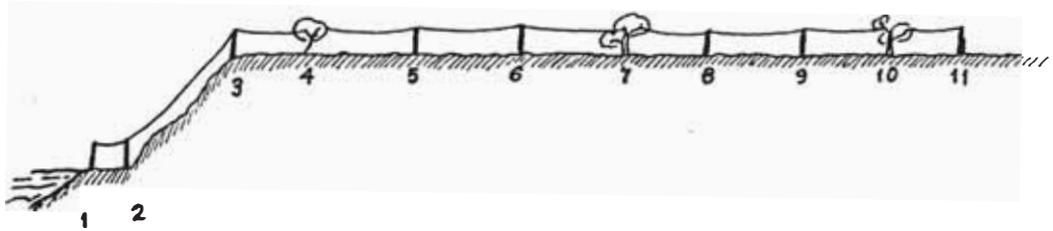
1.00 Elección de la ruta a seguir:

Debido a las características económicas de la instalación en la I etapa se debe usar el mayor número de soportes naturales, según se ve posteriormente, la tensión del conductor permite el uso de árboles, que en general serán mangos, y la ruta será paralela, en su mayor parte, a la tubería de alimentación matriz.

I ETAPA:



Para nuestro caso, en el --
puesto 1 requerimos de 7 so-
portes y usamos 3 árboles ,
los cuales dan la suficiente
resistencia para portar 1 -
conductor (con un diámetro -
mayor de 20 cm).

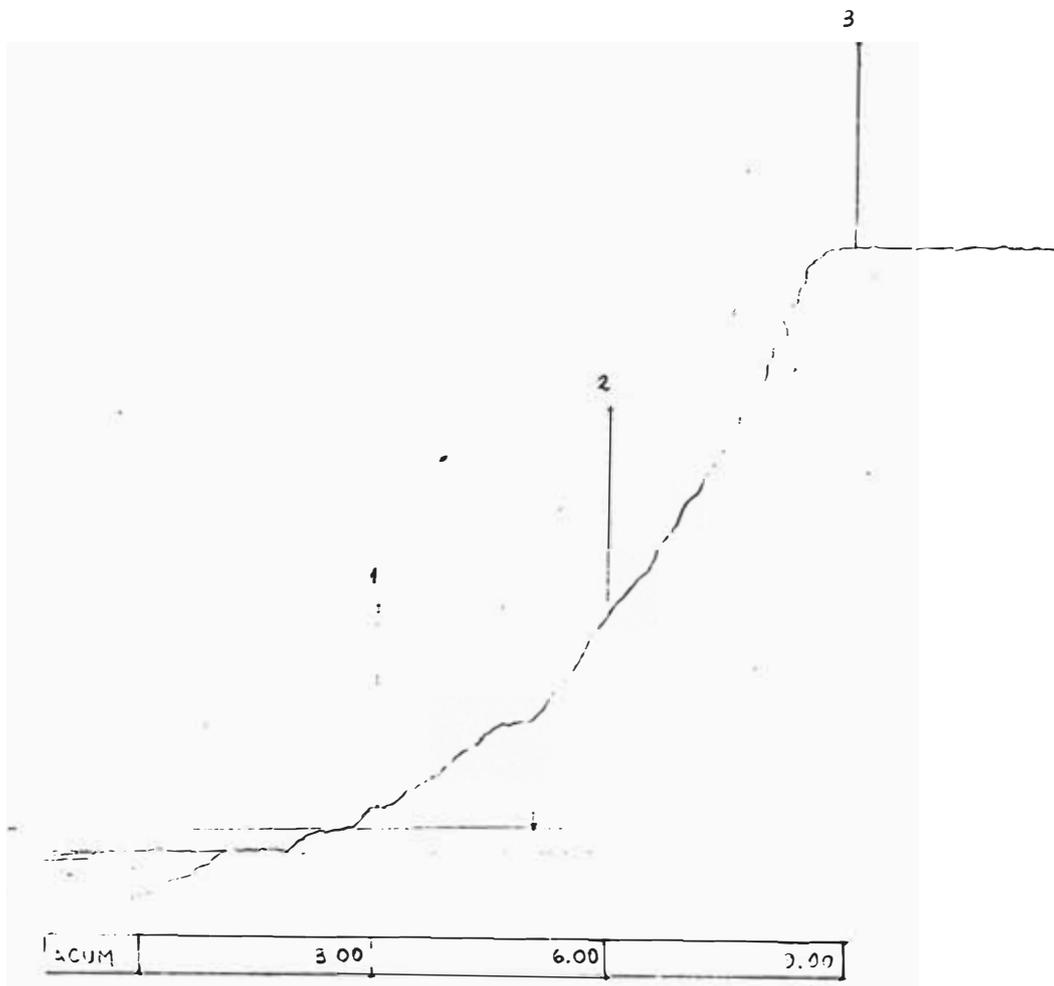


Las características que presenta la instalación en su I etapa son las siguientes:

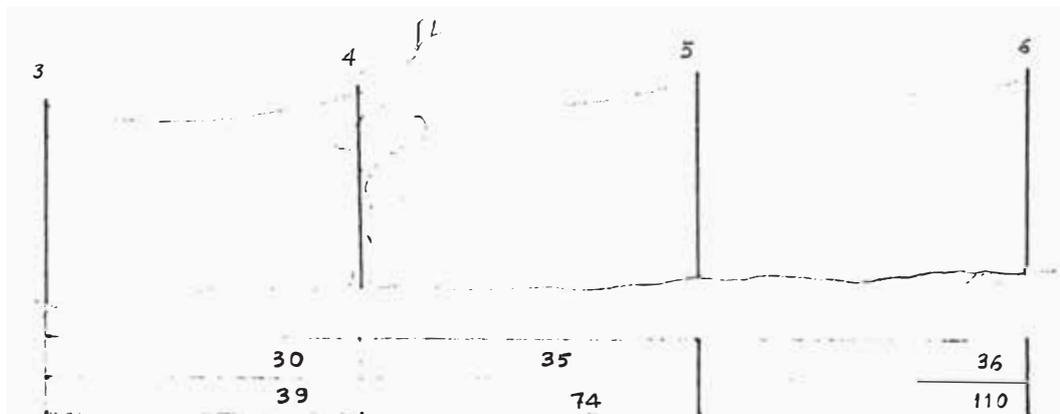
- La ruta no es paralela a la tubería matriz, esto porque los soportes señalados por los números 4, 7 y 10 son naturales.
- La alimentación se realiza con un solo conductor de fase, siendo el retorno por tierra.
- La altura mínima para la instalación del conductor será de 4,5 m (según el Código Nacional de Electricidad. Tomo IV).
- La tensión será establecida por el cálculo mecánico, para las condiciones de temperatura: 26°C, viento: 100 Km/hr.
- La resistencia de aislamiento de la instalación debe ser mayor a 5 M Ω .
- Los soportes no son tratados y su verticalidad se adecúa a las posteriores especificaciones.

En el punto N^o 1 la distancia al punto de alimentación es de 240 m, y es el punto más cercano al centro poblado.

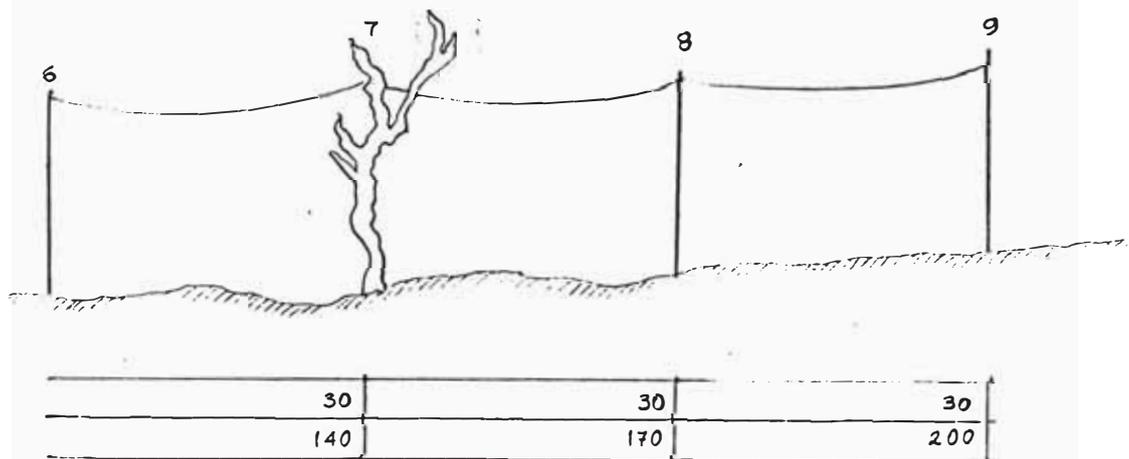
El terreno según hemos visto en el punto 1.00 tiene una pendiente del 2% (para esta región), y es de textura arcillosa; - por lo que el soporte número 3 requiere de un refuerzo en el terreno. Y según el estudio de cotas tenemos para los soportes 1, 2 y 3:



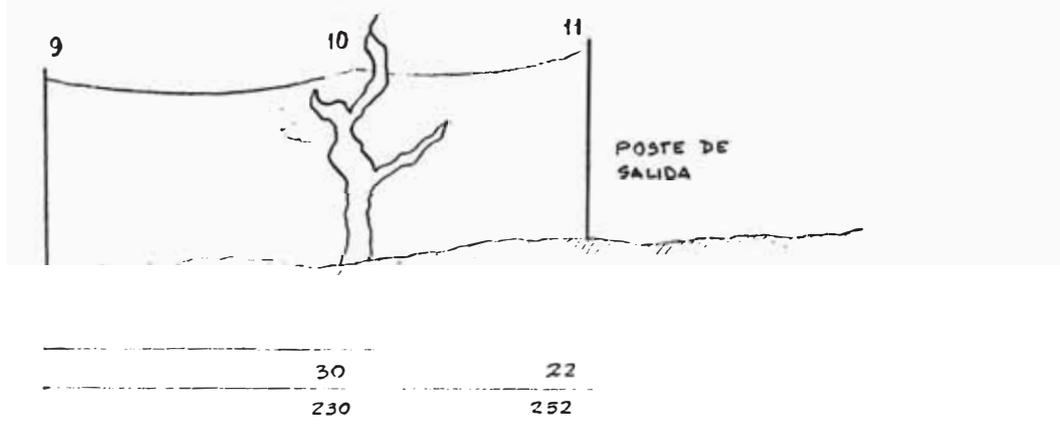
Para los soportes 3, 4, 5, 6



Para los soportes 6, 7, 8, 9

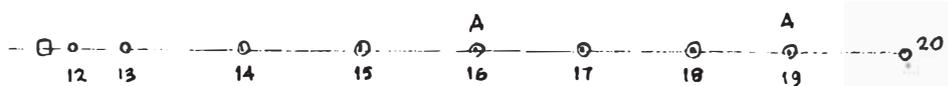


Para los soportes 9, 10 y 11



II ETAPA:

En la II etapa necesitamos alimentar al puesto N° 2, para lo cual requerimos de una línea, también de un solo conductor en - la II etpa, ésto debido a la economía de la línea.



A = SOPORTE NO CONVENCIONAL

La distancia total al centro de generación es de 540 m. y tiene las siguientes características:

- La ruta en su primera parte es paralela a la tubería matriz.
- La alimentación se realiza con un conductor de fase.
- La altura mínima del conductor más bajo será de 4.5m.
- La tensión mecánica será la establecida para el cálculo mecánico; para las condiciones de temperatura: 26° C, viento: 100 Km/Hr.
- Se usan soportes; tanto postes de madera (no tratadas) como árboles de suficiente resistencia.

2.00 CALCULO ELECTRICO POR ETAPAS

2.01 Cálculo eléctrico para la etapa definitiva

Los datos son:

Voltaje de alimentación	:	440/220V
Potencia de la electrobomba	:	2.4HP
RPM	:	3,480
	:	0.84

Cálculo de la corriente:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \phi} = \frac{2.4 \times 746}{\sqrt{3} \times 440 \times 0.85} = 2.764 \text{ Amp.}$$

Como en la zona la temperatura promedio es de 25° C, entonces el factor de corrección es de 0.95.

Asimismo se considera un conductor

$$R = 2.19 \Omega / \text{Km}$$

$$I_{\text{nom}} = 70 \text{ Amp}$$

$$r_c = 1.6325 \text{ mm}$$

$$S = 8.37 \text{ mm}^2$$

$$T_{\text{max}} = S \times F = 8.37 \times 9 = 75 \text{ Kg}$$

$$X_{3\phi} = 0.376992 \left(0.05 + 0.4605 \log \frac{D_{M 3\phi}}{r_c} \right)$$

$$D_{M 3\phi} = \sqrt[3]{2} \quad d = 1.26 \quad d = 1.26 \times 150 = 18.9 \text{ cm}$$

$$X_{3\phi} = 0.376992 \left(0.05 + 0.4605 \log \frac{189}{1.63225} \right)$$

$$X_{3\phi} = 0.3771$$

$$FCT_{3\phi} = \frac{R \cos \phi + X_{3\phi} \sin \phi}{3 \times V \times \cos \phi}$$

$$FCT_{3\phi} = \frac{2.19 \times 0.85 + 0.3771 \times 0.5267}{3 \times 220 \times 0.85}$$

$$FCT_{3\phi} = 3.6722 \times 10^{-3}$$

$$\Delta V = P \times L \times FCT_{3\phi}$$

Donde :

P = Potencia

L = Longitud

V = Caída de tensión

Para nuestro caso:

$$\Delta V \leq 0.05 \times 440 = 22$$

$$P = 3 \times 746 = 1.79 \text{ Kw}$$

$$P \times L \times \text{FCT}_{3\phi} \leq 22$$

$$1.79 \times L \times 3.6722 \times 10^{-3} \leq 22$$

$$L \leq \frac{22}{1.79 \times 3.6722 \times 10^{-3}}$$

$$L \leq \frac{6,000}{P} = 3,350 \text{ m}$$

$$L \leq 3,350 \text{ m}$$

Lo que nos limita el campo a esta distancia.

Considerando que la central generadora se encuentra a - 200 m y diversas potencias de los equipos de bombeo.

Para: V = 440 Voltios

P(HP)	P(KW)	L(m)	V (Voltios) V _N = 440	V(Voltios) V _N = 220
2.4	1.79	200	1.31	2.62
		250	1.64	3.28
		300	1.97	3.94
3.0	2.24	200	1.65	3.3
		250	2.06	4.12
		300	2.46	4.92
3.6	2.68	200	1.97	3.94
		250	2.46	4.92
		300	2.95	5.9

P(HP)	P(KW)	L(m)	V(Voltios)	
			$V_N = 440$	$V_N = 220$
4.5	3.36	250	3.08	1.54
		350	4.32	2.16
		450	5.55	2.78
6.6	4.92	250	4.54	2.23
		350	6.32	3.16
		450	8.13	4.06
7.8	5.82	250	5.34	2.67
		350	7.48	3.74
		450	9.61	4.80
		550	11.75	5.87
8.9	6.64	250	6.1	3.05
		350	8.53	4.26
		450	10.97	5.48
		550	13.41	6.70
10	7.46	300	8.22	4.11
		400	10.95	5.47
		500	13.69	6.84
		600	16.44	8.22
12	8.95	300	9.86	4.93
		400	13.15	6.575
		500	16.43	8.215
		600	19.80	9.90
14	10.44	300	11.50	5.75
		400	15.33	7.67
		500	19.17	9.58
		600	23.00	11.50
		700	26.84	13.42

Donde :

V = Caída de Tensión

3.00 Cálculo Mecánico por Etapas :

3.01 I CALCULO MECANICO EN LA ETAPA DEFINITIVA

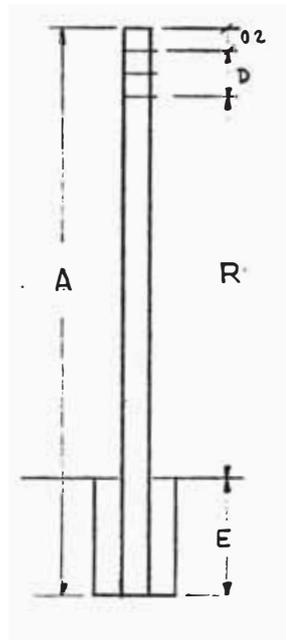
Aquí consideramos el trazado de la ruta con los siguientes parámetros:

Soportes : (de madera)

- Coeficiente de seguridad : 3.0
- Resistencia en el sentido de la fibra : 520 Kg/cm²
- Nº de conductores : 3
- Disposición : Vertical con separación de 15 cm
- Profundidad de empotramiento : 1.3
- Flecha aprox. del conductor : 40 cm
- Distancia del conductor sobre el terreno : 4.5 m

1. Soporte de alineamiento:

De los datos anteriores:



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

$$E = 1.3 \text{ m}$$

$$f = 0.4 \text{ m}$$

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

$$D = 2d = 2 \times 0.15 = 0.3 \text{ m}$$

$$R = C + f = 4.5 + 0.4 = 4.9 \text{ m}$$

$$A = E + R + D + 0.2$$

$$A = 1.3 + 4.9 + 0.3 + 0.2$$

$$A = 6.7 \text{ m}$$

Hipótesis del Cálculo :

Según lo prescrito en 4.2.3.3 del CNE

a1) Cargas permanentes

- Peso del poste	=	185 Kg
- Conductor $85 \text{ Kg/Km} \times \frac{35 \times 3}{1,000}$	=	9 Kg
- Aisladores y accesorios $(3 \times 0.4 + 1.8)$	=	3 Kg
Peso Total :		197 Kg

Como la relación:

$$\frac{H_L}{d_e}$$

Donde :

$$H_L = \text{Longitud libre} = 6.7 - 1.3 = 5.4$$

$$d_e = \text{Diámetro en el empotramiento (0.158)}$$

$$\frac{H_L}{d_e} = \frac{5.4}{0.158} = 34$$

Entonces: Calculamos el coeficiente de trabajo a compresión (Kg/mm^2)

$$R_C = \frac{P}{S} \left(1 + K \frac{l^2 S}{m_2 I} \right)$$

Donde :

R_C = Coeficiente de trabajo por compresión (Kg/mm^2)

l = Longitud de la pieza sometida a compresión (m)

S = Sección de la misma (mm^2)

I = Momento de inercia mínimo de la sección de la pieza (cm^4)

K = Coeficiente, 0.02 para la madera

m_2 = Coeficiente de acuerdo al modo de fijación, para nuestro caso vale 0.25

Para este caso la sección crítica es la de empotramiento.

$$d_e = 0.158 \text{ m}$$

$$I = \frac{\pi d_e^4}{64} = \frac{\pi (15.8)^4}{64} = 3,060 \text{ cm}^4$$

$$S = \frac{\pi d_e^3}{4} = \frac{\pi (158)^3}{4} = 19,606 \text{ mm}^3$$

$$R_c = \frac{197}{19,606} \left(1 + 0.02 \times \frac{(5.4)^2 \times 19,606}{0.25 \times 3,060} \right)$$

$$R_c = 0.160 \text{ Kg/mm}^2 = 16 \text{ Kg/cm}^2$$

Debido a la acción del viento sobre el poste.

$$\text{Area expuesta} = \left(\frac{d_1 + d_e}{2 \times 100} \right) (A - E)$$

$$A_e = \left(\frac{12 + 15.8}{2 \times 100} \right) (5.4) = 0.75 \text{ m}^2$$

p_v = presión del viento (Kg/m^2)

$K = 0.0042$ (para superficies cilíndricas)

V = velocidad del viento en Km/hr

Según zonificación: $V = 90 \text{ Km/hr}$

$$p_v = KV^2$$

$$p_v = 0.0042 (90)^2 = 34 \text{ Kg/hr}$$

$$F_{N1} = p_v \times A_e = 34 \times 0.75 = 25.5 \text{ Kg}$$

y el punto de aplicación será:

$$Z = \frac{A - E}{3} \times \frac{d_1 + 2d_e}{d_1 + d_e} \times \frac{6.7 - 1.3}{3} \times \frac{0.12 + 2(0.158)}{0.12 + 0.158}$$

$$Z = 2.82 \text{ m}$$

Debido a la acción del viento sobre el conductor para un vano de 35 m

$$A_e = 35 \times 0.0036 = 0.126 \text{ m}^2$$

$$\text{y } F_{N2} = p_v A_e = 34 \times 0.126 = 4.3 \text{ Kg}$$

y para los aisladores: $A_e = 0.004$

$$F_{N3} = p_v A_e = 34 \times 0.004 = 0.136 \text{ Kg}$$

y el momento que se origina será:

$$F_{N1} \times Z + (F_{N2} \times R + F_{N2} (R + 0.15) + F_{N2} (R + 0.30) +$$

$$F_{N3} (R) + F_{N3} (R + 0.15) + F_{N3} (R + 0.3) = 139 \text{ Kg.m.}$$

El coeficiente de trabajo en la sección de empotramiento:

$$R_1 = \frac{10 \times M}{(d_e)^3}$$

donde:

R_1 = coeficiente de trabajo de la madera (kg/mm^2)

M = momento flector ($\text{Kg} \times \text{m}$)

d_e = diámetro del poste en el empotramiento (cm)

$$R_1 = \frac{10 \times 139}{(15.8)^3} = 0.352 \text{ Kg/mm}^2$$

El esfuerzo total será:

$$R_T = R_1 + R_c$$

$$R_T = 0.352 + 0.16 = 0.512 \text{ Kg/mm}^2$$

$$R_T = 51.2 \text{ Kg/cm}^2$$

Habiendo tomado un coeficiente de seguridad de 3

$$R_{\max} = \frac{520}{3} = 173 \text{ kg/cm}^2$$

Como:

$R_T < R_{\max}$, entonces es correcta la disposición.

a.2) Cargas desequilibradas

De acuerdo a lo establecido en el punto 4.2.3.3 del CNE, no se considera para los postes de alineamiento - la hipótesis de desequilibrio.

b) Soporte de ángulo:b.1) Soporte de ángulo (0° a 6°) :

A las fuerzas ya consideradas en 1. se le agregan las fuerzas desequilibradas por el ángulo que hace la línea, - para lo cual se debe tomar en cuenta - un vano medio de 30 m y una flecha - del 1%.

$$T = \frac{WL^2}{8f}$$

$$T = \frac{0.085 \text{ Kg/m} \times 30^2}{8 (0.3)} = 32 \text{ Kg}$$

Dado que actúan formando un ángulo α :

$$F = 2T \text{ Cos } (180 - \alpha) / 2$$

$$F = 2T \text{ Cos } \left(\frac{180 - \alpha}{2} \right)$$

$$F = 2T \text{ Cos } \left(90 - \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$F = 2T \text{ Sen } \frac{\alpha}{2}$$

y el momento adicional será:

$$M_{\alpha} = 2T \text{ Sen } \frac{\alpha}{2} (3R + 0.45)$$

tomando el caso extremo, es decir con $\alpha = 6^\circ$

$$M_\alpha = 2 (32) \text{ Sen } 3^\circ (3 \times 4.9 + 0.45)$$

$$M_\alpha = 50.75 \text{ Kg.m}$$

y el esfuerzo será:

$$R_\alpha = \frac{10 \times 50.75}{(15.83)^3} = 0.128 \text{ Kg/mm}^2$$

$$R_\alpha = 12.8 \text{ Kg/mm}^2$$

$$R_T = R_1 + R_\alpha + R_C$$

$$R_T = 35.2 + 12.8 + 16$$

$$R_T = 64 \text{ Kg/cm}^2$$

b2) Soporte de ángulo ($6^\circ - 20^\circ$) :

Considerando $= 20^\circ$

$$M_\alpha = 2T \text{ Sen } \frac{\alpha}{2} (3R + 0.45)$$

$$M_\alpha = 2 (32) \text{ Sen } \frac{20}{2} (3 \times 4.9 + 0.45)$$

$$M_\alpha = 168.4 \text{ kg/m}^2.$$

y el esfuerzo será:

$$R_{\alpha} = \frac{10 \times 168.4}{(15.83)^3} = 0.425 \text{ Kg/mm}^2$$

$$R_{\alpha} = 42.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$R_T = R_1 + R_{\alpha} + R_C$$

$$R_T = 35.2 + 42.5 + 16$$

$$R_T = 93.7 \text{ Kg/cm}^2$$

b3) Soporte de ángulo (20° - 60°):

Considerando $\alpha = 60^\circ$

$$M_{\alpha} = 2T \text{ Sen } \frac{\alpha}{2} (3R + 0.45)$$

$$M_{\alpha} = 2 (32) \text{ Sen } \frac{60}{2} (3 \times 4.9 + 0.45)$$

$$M_{\alpha} = 484.8 \text{ Kg.m}$$

y el esfuerzo será:

$$R_{\alpha} = \left(\frac{484.8}{50.75} \right) \times 12.8 = 122.3 \text{ Kg/cm}^2$$

$$R_T = R_1 + R_{\alpha} + R_C$$

$$R_T = 35.2 + 122.3 + 16$$

$$R_T = 173 \text{ Kg/cm}^2$$

Con lo cual llegamos al máximo R permisible y por lo tanto se debe evitar un ángulo de 60° , para lo cual en la ruta consideramos sólo hasta 45° , en este caso.

$$M_{\alpha} = 2T \operatorname{Sen} \frac{\alpha}{2} (3R + 0.45)$$

$$M_{\alpha} = 2 (32) \operatorname{Sen} \frac{45}{2} (3 \times 4.9 + 0.45)$$

$$M_{\alpha} = 371.05 \text{ Kg.m}$$

y el esfuerzo será:

$$R_{\alpha} = \left(\frac{371.05}{50.75} \right) \times 12.8 = 93.58 \text{ Kg/cm}^2$$

$$R_T = R_1 + R_{\alpha} + R_c$$

$$R_T = 35.2 + 93.58 + 16$$

$$R_T = 144.78 \text{ Kg/cm}^2$$

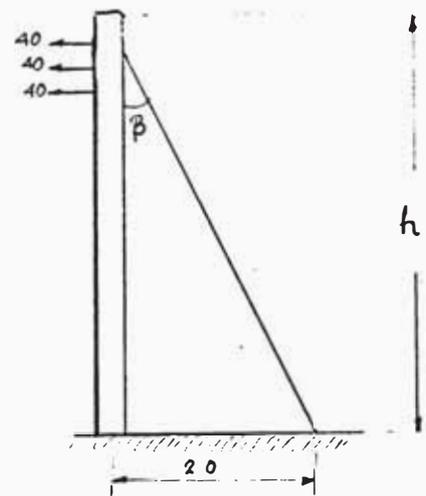
b4) Desequilibrio:

Según lo prescrito en el 4.2.3.3 del CNE, no se considera para los soportes de ángulo la hipótesis de desequilibrio.

C) Soporte de fin de línea :

Consideramos que el número de vanos será de 7, por lo tanto la tensión a la que se someterá será:

$$\begin{aligned}
 h &= 5.4 - 0.2 - 0.07 \\
 h &= 5.13 \\
 F \times 5.13 &= 40 (3 \times 4.9 + 0.45) \\
 F &= 118 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$



el momento flector será:

$$M = 118 \times 5.13 = 605.34 \text{ Kg.m}$$

y el esfuerzo:

$$R_F = \left(\frac{605.34}{50.75} \right) \times 12.8 = 152.67 \text{ Kg/cm}^2$$

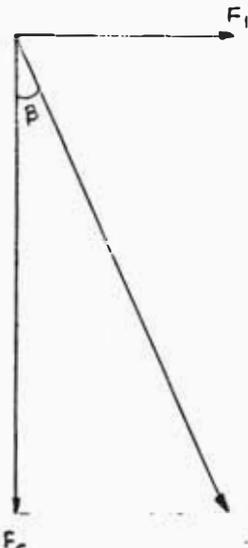
para reducir el esfuerzo consideramos:

$$F_1 = \frac{2F}{3} = 78 \text{ Kg}$$

$$y \cdot R_S = \left(\frac{78 \times 5.13}{50.75} \right) \times 12.8 = 100.9 \text{ Kg/cm}^2$$

Para el cálculo de la fuerza de compresión calculamos el ángulo β :

$$\operatorname{Tg} \beta = \frac{2.0}{5.13}$$

$$\beta = 21.29^\circ$$


$$F_c = \frac{F_1}{\operatorname{Tg} \beta}$$

$$F_c = \frac{78}{2} \times 5.13$$

$$F_c = 200 \text{ Kg}$$

Para el cálculo de R_{c1} :

tenemos que P_1 será:

$$P_1 = 197 + 200 = 397 \text{ Kg}$$

$$R_c = \frac{P}{S} \left(1 + K \frac{l^2 S}{m_2 I} \right)$$

Consideramos poste clase 5 :

en la sección de empotramiento: $d = 0.188 \text{ m}$

$$S = \frac{\pi d_e^2}{4} = 27,760 \text{ mm}^2$$

$$I = \frac{\pi d_e^4}{64} = 6,132 \text{ cm}^4$$

$$R_{C_1} = \frac{397}{27,760} \times \left(1 + \frac{0.2 \times 5.4^2 \times 27,760}{0.25 \times 6,132} \right)$$

$$R_{C_1} = 0.165 \text{ Kg/mm}^2$$

Consideramos poste clase 6:

$$d_e = 0.175$$

$$S = \frac{\pi (175)^2}{4} = 24,050$$

$$I = \frac{\pi (17.5)^4}{4} = 4,604$$

$$R_{C_1} = \frac{397.1}{24,050} \left(1 + \frac{0.02 \times 5.4^2 \times 24,050}{0.25 \times 4,604} \right)$$

$$R_{C_1} = 0.217 \text{ Kg/mm}^2$$

$$R_{C_1} = 21.7 \text{ Kg/cm}^2$$

y el esfuerzo total será:

$$R_{T_1} = R_{S_1} + R_{C_1}$$

donde R_{S_1} es el esfuerzo recalculado para poste clase 6, grupo D

$$R_{S_1} = \frac{10 \times M}{(d_e)^3}$$

$$R_{S_1} = \frac{10 \times 78 \times 5.13}{(17.5)^3}$$

$$R_{S_1} = 0.7466 \text{ Kg/mm}^2$$

Tomando en cuenta el caso más desfavorable con el viento en la dirección del anclaje entonces:

Con

$$p_v = 34 \text{ Kg/m}^2$$

$$A_e = \left(\frac{0.1368 + 0.1846}{2} \right) \times 5.4$$

$$A_e = 0.8678 \text{ m}^2$$

$$F_v = 34 \times 0.8678 = 29.5 \text{ Kg}$$

$$Z = 2.82 \text{ m}$$

y sobre los conductores será similar a lo anteriormente visto.

$$F_N = 4.3$$

y se origina un momento de:

$$\begin{aligned} &= F_v \times Z + F_N (3 \times R + 0.45) \\ &= 29.5 \times 2.82 + 4.3 (3 \times 4.9 + 0.45) \\ &= 148.335 \text{ Kg.m} \end{aligned}$$

El cual origina un esfuerzo:

$$R_{v1} = \left(\frac{148.335}{78 \times 5.13} \right) \times 0.7466$$

$$R_{v1} = 0.2767 \text{ Kg/mm}^2$$

$$R_{T1} = R_{S1} + R_{C1} + R_{V1}$$

$$R_{T1} = 74.66 + 21.7 + 27.67$$

$$R_{T1} = 124.03 \text{ Kg/cm}^2$$

Considerando la rotura de un conductor:

$$F_R = 0.5 \times 377 = 188.5 \text{ Kg}$$

y la posición más desfavorable en el conductor central:

$$M_R = 188.5 \times (4.9 + 0.15)$$

$$M_R = 951.93$$

$$y \quad R_R = \frac{10 M_R}{(d_e)^3}$$

$$R_R = \frac{10 \times 951.93}{(17.5)^3}$$

$$R_R = 1.77 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} = 177 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

y se encuentra dentro del rango de trabajo permitido.

d) Retenida Tipo Simple :

Tenemos que:

$$F_1 = 78 \text{ Kg } y$$

$$F_C = 200 \text{ Kg}$$

y las fuerzas debidas a la acción del viento son:

$$\text{con,} \quad p_v = 34 \text{ Kg/m}^2$$

De acuerdo a lo que hemos visto, el momento originado por el viento sera:

$$M_V = F_V \times Z + F_N (3 \times R + 0.45)$$

y la fuerza equivalente aplicada en el punto de fijación - de la retenida al poste será:

$$F_e \times h = F_v \times Z + F_N (3 \times R + 0.45)$$

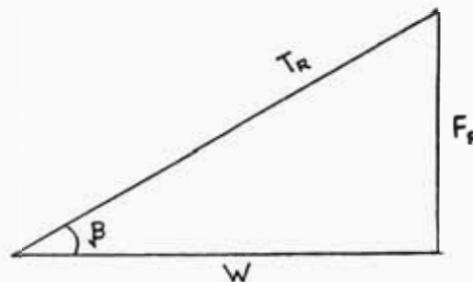
$$F_e = \frac{29.5 \times 2.82 + 4.3 (3 \times 4.9 + 0.45)}{5.13}$$

$$F_e = 28.91$$

$$\text{y } F_R = F_1 + F_e$$

$$F_R = 78 + 28.91 = 106.91$$

con F_R , hallamos la fuerza en la retenida:



como $\beta = 21.29^\circ$

$$T_R = \frac{F_R}{\text{Sen } \beta}$$

$$T_R = \frac{106.91}{\text{Sen } 21.29^\circ}$$

$$T_R = 294.45 \text{ Kg} \approx 295 \text{ Kg}$$

La cual debe ser transmitida al empotramiento:

Considerando un cable con esfuerzo de rotura 120 Kg/mm^2 y coeficiente de seguridad 3 la sección (S_R) del cable será:

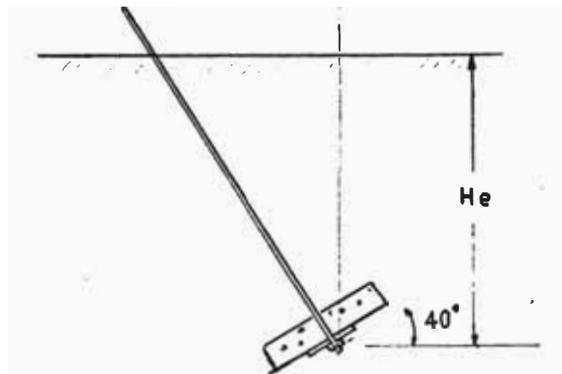
$$S_R = \frac{295}{120/3} = 7.37 \text{ mm}^2$$

y el valor de W será: $T_R \cos \beta$

$$W = 295 \times \cos 21.29^\circ = 275 \text{ Kg}$$

Si consideramos un macizo de hormigón de 0.6 x 0.4 X 0.3
y una profundidad de 1.2 m :

peso del macizo: $0.4 \times 0.4 \times 0.3 \times 2,200 = 105.6 \text{ Kg}$



y el peso vertical considerado arcilla seca será:

$$A_1 = 2 (1.2) \operatorname{Tg} 50^\circ \times 0.4 = 1.14 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{1}{3} \times H_e (A_1 + \sqrt{A_1})$$

$$V = \frac{1}{3} \times 1.2 (1.14 + \sqrt{1.14})$$

$$V = 0.48 \text{ m}^3$$

Como:

$V = 0.48 \text{ m}^3$. y la densidad relativa es 1.6, entonces el peso del bloque será:

$$P_B = 0.48 \times 1,600$$

$$P_B = 768 \text{ Kg.}$$

y tomando el peso del macizo: $P_M = 105$

$$P_T = P_B + P_M$$

$$P_T = 768 + 105 = 873 \text{ Kg.}$$

$$P_T < W$$

4.00 Comparación Entre Redes con Uno, Dos y Tres Conductores:

- a. Para establecer la comparación entre redes de uno, dos y hasta tres conductores, definimos una red de distribución de 250 mts de longitud desde la salida de la subestación o central en 220 V ó 440 V; con soportes de postes de madera o árboles de madera no comercializable dentro del recorrido de la red.

Los diferentes esfuerzos mecánicos a los que se hallan sometidos los soportes vienen dados mediante la siguiente tabla: (Para vanos de 30 m)

T I P O SOPORTE	TENSION MECANICA ESPERADA MAXIMA (EN EL PUNTO DE APLICACION) (Kg)					
	1 CONDUCTOR		2 CONDUCTORES		3 CONDUCTORES	
	Nº 8AWG	Nº 6AWG	Nº 8AWG	Nº 6AWG	Nº 8AWG	Nº 6AWG
ALINEAM. (0°)	6	26	32	52	49	78
ANGULO (0°-20°)	7	28	35	56	52	84
ANGULO (20°-60°)	32	52	65	104	98	156
FIN DE LINEA	41	66	83	132	125	200

TABLA 3-1

Referida a la rotura de un (1) conductor para los casos - de alimentación y ángulo.

Referida al proceso de montaje en el caso de fin de línea.

- b. De acuerdo a la tabla 3-1 y suponiendo una altura de 4.5m sobre el terreno, entonces las características de los soportes serán:

P O S T E S D E M A D E R A

		CLASE	GRUPO	ALTURA	PRECIO	PREC. TOT. (INC. TRANSP.)
1 CONDUCTOR	ALINEAM.	10	D	6.4	130	150
	ANGULO	10	D	6.4	130	150
	FIN DE LINEA	10	D	6.4	130	150
2 CONDUCTORES	ALINEAM.	10	D	6.4	130	150
	ANGULO	9	D	6.55	170	190
	FIN DE LINEA	9	D	6.55	170	190
3 CONDUCTORES	ALINEAM.	10	D	6.70	130	150
	ANGULO	9	D	6.70	130	190
	FIN DE LINEA	8	D	6.70	220	245

TABLA 3-2

- c) De acuerdo a los valores de tensión mecánica en kg. para cada una de las alternativas podemos establecer los tipos de anclaje que pueden ser utilizados para cada alternativa:

	TORNAPUNTA	VIENTO DE ANCLAJE	SOPORTE LIBRE
1 conductor	utilizable	utilizable	utilizable
2 conductores	utilizable	utilizable	no utilizable
3 conductores	utilizable	utilizable	no utilizable

TABLA 3-3

De acuerdo a la table 3-3 podemos establecer las características técnicas de cada elemento de retenida.

Características Técnicas Tornapunta

- Tronco de madera de diámetro 18 cm. promedio, puede ser de tornillo, pumaquiro, o huayruro.

Características Técnicas Viento de Anclaje

- Con cable tipo retenida 3/8" Ø, acero galvanizado.

d) Aisladores y portalíneas

Debido a las características de la instalación por tierra se requiere que los aisladores sean de óptima calidad, evitando así una disminución en sus líneas de fuga y unas pruebas de humedad acorde. Por otro lado, los portlíneas serán de acuerdo a las necesidades de las líneas con uno, dos y tres conductores.

4.01 Costo comparativos para redes con uno, dos y tres conductores

Podemos establecer los costos comparativos de acuerdo a lo visto anteriormente.

Como punto base consideramos que para las redes con un conductor, se van a utilizar poste de clase 10, grupo D, de 6.4 para 2 conductores postes de 6.55m. clase 9, grupo D, y para 3 conductores postes de 6.7m. clase 8, grupo D.

LONGITUD DE LINEA : 210 metros			
<u>MATERIAL</u>	<u>COSTO 1 COND.</u>	<u>COSTO 2 COSTO</u>	<u>COSTO 3 COSTO</u>
Postes	2,415 *	3,795	3,795
Aisladores y Accesorios	486	972	1,458
Conductor eléctrico #8	2,940	5,880	8,820
Elementos p.p.a.tierra	1,204	602	602
Retenidas	690	690	690
Condensadores p/arranque	225	225	-
Condensadores p/normal	225	225	-
	8,185	12,389	15,365

Tomando estos datos se obtiene el precio referencial por metro:

Para 1 conductor	:	I/.	38.98
Para 2 conductores	:		59.00
Para 3 conductores	:		73.17
Costo de montaje por metro:			26.33

INFLUENCIA DE LA ECONOMIA DE LA RED EN EL COSTO TOTAL

Tomando como referencia el costo de la Instalación de riego en un valor de I/. 66,054

Para una línea de 210m. la relación será:

$$\text{para 1 conductor} = \frac{210 \times (38.98 + 26.33)}{17,166 + 66,054} = r_1$$

$$r_1 = 0.1648 \quad 16.48\%$$

Para 2 conductores

$$\frac{210 \times (59 + 26.33)}{1,370 + 66,054} = r_2$$

$$r_2 = 0.2049 \quad 20.49\%$$

Para 3 conductores

$$\frac{210 \times (73.17 + 26.33)}{24,345.8 + 66,054} = r_3$$

$$r_3 = 0.2311 \quad 23.11\%$$

Se observa el siguiente ahorro con el costo de la alimentación eléctrica referido a la línea con 3 conductores y una longitud de 210m.

	Total	<u>Por medtro lineal</u>
Para 1 conductor	7,180	34.19
Para 2 conductores	2,976	14.17

5.00 ACCESORIOS REQUERIDOS POR ETAPAS PARA LA INSTALACION

En su primera y segunda etapas, la Instalación utiliza accesorios adicionales sólo en lo referente a la línea dado que el retorno se realiza por tierra, una de los principales preocupaciones es el pozo de tierra y el nivel de ohmios al que pueda llegar, es necesario realizar el mejoramiento del terreno en caso de superar los 20 ohmios.

Asimismo el uso de soportes no convencionales hace necesario la inspección constante para evitar que las ramas interfieran en el libre camino de las líneas.

De acuerdo a las instalaciones a tierra observadas en la zona se deduce que el pozo de tierra constará de una varilla de copperweld 5/8" \varnothing x 2 m. L c/grapa de tierra, y 2 capas de sal de 0.15m. y 2 capas de carbón vegetal de 0.15cm c/u.

COSTO DEL POZO DE TIERRA

- 1 varilla copperweld 5/8" \varnothing 2m. L c/grapa	135.00
- 2 sacos de sal (c/u. 45 kg.)	80.00
- 4 sacos de carbón (C/u. 15 kg.)	<u>130.00</u>
	345.00

IV

TEORIA CORRESPONDIENTE A LA INSTALACION ELECTRICA CON RETORNO POR TIERRA

1.00 ESTUDIO DE LA CONDUCTIVIDAD DEL TERRENO

1.01 Naturaleza de la corriente

El proceso por el que transporta la carga en el terreno es por conducción. La presencia de partículas pueden hacer el medio más o menos conductor, asimismo es la humedad un factor importante, ya que le dá un carácter electrolítico al medio.

Debido a esta característica, los procesos de transporte de carga se realizan mediante los portadores de carga positivos y negativos.

Las corrientes de conducción representan el movimiento de desplazamiento de los portadores de carga por el medio; el mismo medio puede estar y generalmente está en reposo.

1.02 Densidad de corriente. Ecuación de continuidad

Considerando que en el medio conductor existe un sólo tipo de portador de carga, (q), y el número de estos portadores por unidad de volumen es N ; asignando la misma velocidad de desplazamiento, a cada portador, Entonces, la intensidad de corriente para un elemento da , (Ver Fig. 1); durante el tiempo T , se deduce:

$$dI = \frac{\delta Q}{\delta t} = \frac{q N \bar{v} \cdot n \delta t da}{\delta t}$$

$$dI = Nq\bar{v} \cdot n da$$

Si existe más de un portador de carga:

$$dI = \left[\sum_i N_i q_i v_i \right] n da$$

nos da la corriente que atraviesa el área A y la cantidad entre corchetes recibe el nombre de densidad de corriente J .

La ecuación (2) se puede escribir:

$$dI = \vec{j} \cdot \vec{n} \, da$$

y la corriente por la superficie S, un área superficial de forma arbitraria, está dada por la integral.

$$I = \int_S \vec{j} \cdot \vec{n} \, da$$

La Densidad de corriente y la densidad de carga no son independientes sino que están relacionadas por una ecuación diferencial, llamada ecuación de continuidad.

La corriente eléctrica que entra a V, está dada por:

$$I = - \oint_S \vec{j} \cdot \vec{n} \, da = - \int_V \text{div } \vec{j} \, dv$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dt} \int_V \rho \, dv$$

pero, como V es fijo, entonces la derivada sólo opera sobre ρ pero como depende no sólo de T, sino de la posición:

$$I = \int_V \frac{\partial \rho}{\partial t} \, dv \Rightarrow \int_V \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div } \vec{j} \right) \, dv = 0 \dots (6)$$

pero, como V es arbitrario, para que se cumpla (6) se requiere

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div } \vec{j} = 0$$

1.03 Determinación práctica de las medidas de resistividad

Uno de los métodos más utilizados para esta medición, por su sencillez, es el de WENNER.

Se emplean cuatro electrodos en línea, enterrados en el suelo (o en el agua) a distancias equivalentes. Los dos electrodos exteriores, denominados "de corriente" C_1 y C_2 son conectados a una fuente de energía eléctrica en serie con un amperímetro.

Los dos electrodos interiores conocidos como electrodos "de tensión" P_1 y P_2 se conectan a un voltímetro. Cuando se acciona el circuito fluye corriente a través de los electrodos de corriente a través de los electrodos de corriente creándose un campo eléctrico entre ellos.

Como consecuencia de ello los electrodos de tensión tomarán distinto potencial (según su posición se situarán sobre distintas líneas equipotenciales), creándose entre ellos una diferencia de potencial V (en voltios).

Conocida la intensidad de corriente que atraviesan los electrodos de corriente I (en Amperios) y la distancia entre electrodos adyacentes, A (en cm.) el valor de la resistividad es de cálculo inmediato según la ecuación:

$$\rho = \frac{2\pi VA}{I}$$

La resistividad calculada, corresponde a un promedio a lo largo de toda la profundidad a que han sido introducidos los electrodos, pero su valor es válido y de gran interés práctico.

1.04 Naturaleza del terreno en estudio

De acuerdo a los estudios realizados en la región se encuentra, en base al reconocimiento de campo y foto-ecología la clasificación del suelo como tipo entre aluvial y residual, topografía plana a semi-accidentada, predomina el estrato primario con árboles vigorosos y agricultura tropical.

Otros estudios de suelos clasifican este terreno como sedimentario, de color oscuro, textura fina, con reacción al Hcl, con un PH 6.5, esto abarca una extensión de aproximadamente 663,200 Ha.

Según el cuadro 4.1 se puede observar la variación de algunas características de acuerdo al análisis químico a diversas profundidades: (Serie Pachitea).

CUADRO 4.1

Horizonte	Profundidad (cm)	CO ₃ Ca Mat.		Asimilables							
		PH	%	Total	P 2	O 5	K 2	Q 2	Arena %	Limo %	Arcilla %
A ₁ (Franco Arcillero)	0 - 15	6.5	-	0.364	29	300	31.0	30	39		
A ₃ (arcilla)	15 - 40	6.2	-	0.151	32	300	19	26	53		
BC (Arcilla)	40.- 55	7.1	-	0.095	29	300	15	26	59		
C (Arcilla)	55 - 70	8.3	-	0.028	44	300	17	36	47		

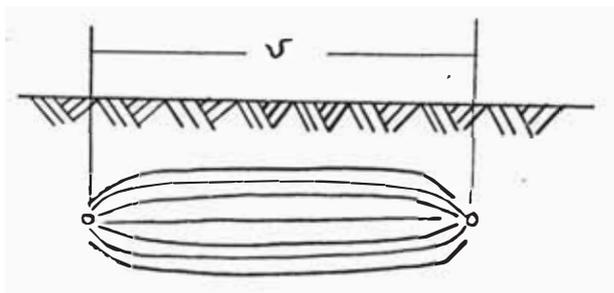
Como se puede observar, el terreno es bien provisto de materia orgánica de reacción ligeramente ácida, permeabilidad lenta, no susceptible a la erosión.

Otras características son: Fase casi a nivel, relieve corrugado.

1.05 Derivación de la corriente a tierra

Tensión a tierra U_e es la tensión que se origina entre una instalación de puesta a tierra y una tierra de referencia, al circular una corriente a través de la puesta a tierra.

Si se envía corriente por la tierra, aquella circula por ésta por regiones de sección cada vez mayor. La corriente se distribuye en tal caso según se indica en la figura.



Puede apreciarse que la sección de la tierra recorrida por la corriente es menor en las proximidades del electrodo de tierra, es decir, en dicha región la resistencia es mayor e igual a:

$$R = \frac{1}{K \times A}$$

De lo que se deduce que la tensión entre dos puntos del terreno es mayor en la zona próxima al electrodo de tierra, es decir, hasta unos 20m. del referido electrodo.

Para medir la tensión en la zona de cada electrodo de tierra, se dispone un voltímetro entre el electrodo de tierra y una sonda introducida en el suelo. La tensión más elevada, que es igual a la tensión de derivación a tierra, se encuentra entre el electrodo

do de tierra y la tierra de referencia. Dicha tensión se origina por el paso de la corriente a través del electrodo de tierra y su correspondiente resistencia de transición a tierra.

Con respecto a la tierra puede admitirse una resistencia de unos $0.05 \Omega / \text{km}$. su valor es, pues, tan reducido que puede desprejarse. La magnitud de $0.05 \Omega / \text{km}$. corresponde a una sección de:

$$A = \frac{1}{K R} = \frac{1000}{56 \times 0.05} = 350 \text{ mm}^2.$$

o bien, teniendo en cuenta la resistencia específica de la tierra propiamente dicha.

$$\rho = 100 \frac{\Omega \text{ m}^2}{\text{m}} = 1.10^8 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$$

a una sección de tierra de:

$$\begin{aligned} A &= \frac{1 \times S}{K} = \frac{1 \times 10^3 \times 10^8}{0.05} = \frac{10^{11}}{0.05} = \frac{10^{13}}{5} \\ &= 0.2 \times 10^{13} = 2 \times 10^{12} \text{ mm}^2 = 2 \times 10^6 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

En consecuencia, la sección de dicha tierra es:

$$\frac{AE}{A_{cu}} = \frac{20 \times 10^9}{3.5 \times 10^2} = 6 \times 10^9$$

veces mayor que la sección de cobre calculada.

Como sonda para medir dicha tensión, es suficiente una barra de acero de 60cm. de longitud, que penetre en tierra unos 40 cm. para la instalación basta una sección de 0.75 mm^2 de Cu teniendo en cuenta que:

$$I = \frac{220V}{40,000 \Omega} = 0.0055A \text{ donde } 40,000 \Omega$$

es la resistencia interna del instrumento.

Tierra de referencia es una zona de la tierra, en particular de su superficie, tan apartada del electrodo de tierra considerado que no se presentan tensiones apreciables entre dos puntos cualesquiera de dicha zona.

Si se mide la tensión entre el electrodo de tierra y puntos determinados alrededor de él y se unen entre sí los puntos de igual tensión, las líneas de unión así obtenidas, representarán líneas de igual tensión.

Cuando se toca el electrodo de tierra o bien la instalación de puesta a tierra sin aislar y un punto cualquiera de tierra, la persona queda sometida a una tensión de contacto en el caso de producirse un defecto. La diferencia de tensión que aparece entre dos puntos distanciados un metro, sobre la superficie de la tierra, se denomina tensión de peso.

Según normas de VDE 0100, la tensión del conductor de puesta a tierra no debe ser superior a 65V, ni la tensión de paso a 90V.

2.00 Tensiones de Trabajo

Para la determinación de las tensiones que pueden ser utilizadas en este sistema, podemos indicar las siguientes características:

- Niveles de seguridad (Establecidos por las tensiones de toque y paso)
- Economía en la instalación (Costo contra tensión máxima).

Tensión de Toque

Para el caso de la tensión en función de los niveles de seguridad podemos utilizar las prescripciones en NORMAS VDE100 con una tensión de toque mínima de 65 Voltios, esto debido a que la instalación llevará sólo accesorios propios, y equipos mínimos de seguridad con el fin de no encarecer la instalación.

Debido a lo anterior podemos establecer que la puesta a tierra tenga la resistencia adecuada, esto es:

$$R_s = \frac{65}{K \cdot I_n}$$

Donde I_n es la corriente nominal, con lo que se deduce que la R_s para nuestro caso ($I_n = 50A$), $K = 1$.

$$R_s = \frac{65}{1.50} = 1.352$$

Según el esquema y considerando que la resistencia total es de 4.2.X, entonces la corriente en ese momento, en caso de falla será de:

$$\frac{220}{4.2} = 52.38$$

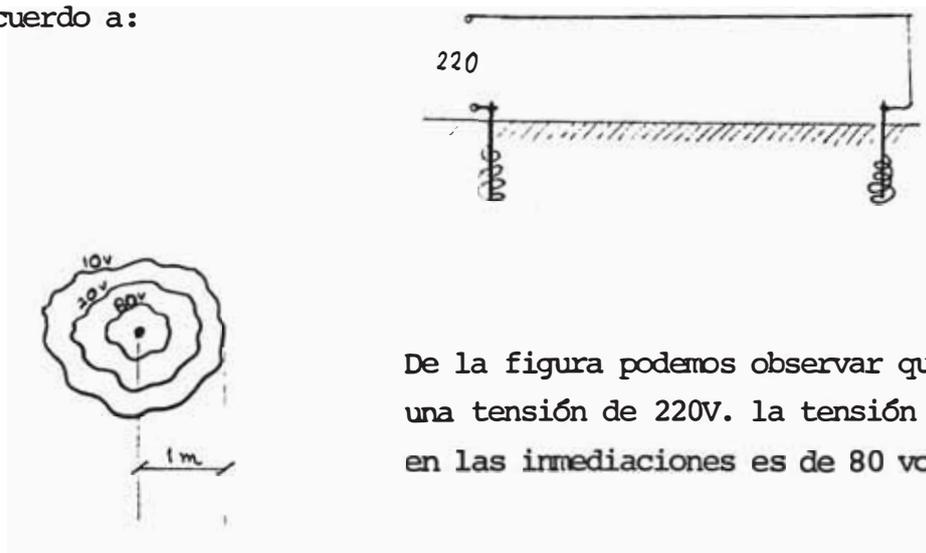
La Tensión en el punto crítico será:

$1.3 \times 52.38 = 68.0V$ por lo que se requiere una protección adicional que más adelante veremos.

Según podemos observar, por tensión de contacto es conveniente una tensión de 220 Voltios para evitar accidentes.

Tensión de Paso

La tensión de paso, según lo prescrito en la NORMA VD0100 no debe ser mayor a 90V, esto tomando dos puntos distanciados 1m., perteneciente al terreno. Por experiencias anteriores podemos establecer que el punto más peligroso se halla en las inmediaciones del electrodo de tierra de acuerdo a:



De la figura podemos observar que para una tensión de 220V. la tensión de paso en las inmediaciones es de 80 voltios.

Para una mayor tensión podemos observar que la tensión de paso aumenta considerablemente, saliendo de los límites permisibles, de esta forma nos conviene la tensión de 220 Voltios.

Economía en la instalación

Generalmente, las piezas, accesorios y otros elementos propios de la instalación, que han sido diseñados para una tensión de 220 Voltios, operan satisfactoriamente y sin mayores costos a una tensión hasta 440 voltios, y los equipos de protección hasta un nivel de 500 voltios. A excepción de los aisladores, cuyas dimensiones están en el orden de 2 1/8" x 2 1/4", todos los demás elementos trabajarían satisfactoriamente a un nivel de tensión mayor.

Se debe considerar que la instalación en sí depende económicamente del nivel de tensión elegido sólo para tensiones nominales mayores a 600 V. lo cual no es nuestro caso.

3.00 CAPACIDAD MAXIMA A TRANSMITIR

Debido a las características de conductividad del terreno, tenemos que existen límites para la transmisión de energía eléctrica, previamente tenemos que influyen en la intensidad a transmitir, tanto la reactancia equivalente como la resistencia de puesta a tierra así como la homogeneidad del terreno, la cual teóricamente distribuye la corriente según la fórmula.

$$D = 216 \sqrt{\frac{P}{f}}$$

Donde:

D = Profundidad en pies

P = Resistividad del terreno (en ohmios por centímetro)

f = Frecuencia en Hertz

Suponiendo un terreno de 10,000 ohmios por centímetro y para la frecuencia de 60 Hz, entonces el centro del camino de retorno de corriente por tierra estará en:

$$D = 216 \frac{10,000}{60} = 2,788 \text{ pies}$$

con este centro tenemos que el área para lograr una resistencia de 0.05 Ω / km. con 100 Ω x m.

$$A = \frac{1 \times P}{OR} = \frac{1 \times 10^3 \times 10^8}{0.05} = \frac{2 \times 10^{12}}{0.05} \text{ mm}^2$$

$$A = 2 \times 10^{12} \text{ mm}^2 = 2 \times 10^6 \text{ m}^2$$

Aparentemente no se tienen límites para la transmisión pero sin embargo en la práctica se obtiene un rango de intensidad que son de uso sin inconvenientes, en este caso para la tensión de 220 - 440 voltios, es conveniente el uso en un rango de corrientes menores de 28 Amperios, lo cual significa que:

Para una tensión de 440 voltios: Conexión monofásica la máxima potencia transmitida será de:

$$V = \frac{440 \times 28}{746} = 16.5 \text{ HP}$$

con V = 220 voltios

$$V = \frac{220 \times 28}{746} = 8.25 \text{ HP}$$

Tenemos además el límite impuesto por la caída de tensión (costo para la distancia desde el punto de alimentación hacia la carga). Revisando el punto 3.02 tenemos que para la potencia de 8.25 HP a 220 voltios, tenemos una distancia máxima de 450 metros y para el caso de 440 voltios tenemos inclusive una distancia máxima de 700 metros, esto utilizando un conductor de cobre # 8 AWG. (VER CAPITULO III)

4.00 ESTADO TRANSITORIO DEL RETORNO POR TIERRA

El estado transitorio del retorno por tierra puede ser computado utilizando el punto de unión a tierra, es decir el electrodo, el cual semejamos a un conductor embebido en el terreno, asimismo que el elemento tiene una longitud l , con una resistencia Δr , una inductancia ΔL , conductancia Δg y capacitancia ΔC .

Medio de conductividad, la velocidad de propagación será:

$$V_s = \frac{C_0}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

C_0 = Velocidad de la luz en el espacio

ϵ_r = Permitividad relativa del terreno.

Además

$$\frac{\Delta C}{\Delta g} = \frac{\epsilon}{\sigma}$$

ϵ = Permitividad del terreno
 σ = Conductividad del terreno

Tomando un eje de coordenadas, tenemos que el desplazamiento se realiza como si a una distancia l la corriente se distribuye hacia el terreno, podemos utilizar la siguiente relación.

$$\frac{l}{\sqrt{\Delta L} \sqrt{\Delta C}} = \frac{C_0}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Es obvio de que el conocimiento de Δg y las propiedades del terreno son suficientes para determinar los parámetros de los elementos finitos.

Para determinar el valor Δg incluimos las siguientes etapas.

- Consideramos primero una superficie infinitesimal ds por donde circula una corriente total dI , el cual genera un campo de tal forma que

$$\nabla^2 V(x, y, z) = 0$$

La solución para el voltaje en el punto (x, y, z) debida a la corriente dI tiene la forma:

$$dV(x, y, z) = dI \cdot f(x, y, z, ds)$$

entonces:

$$Z = \frac{V_m}{I_m} = E^{j\phi}$$

y para un voltaje unitario:

$$Z = \frac{1}{I_m} = E^{j\phi}$$

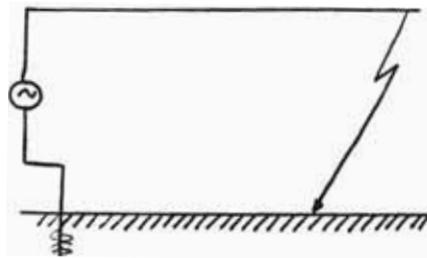
$$Z = \frac{1}{\int_0^{\infty} E^{-j2\pi f t} s'(t) dt}$$

donde:

$s'(t)$ es la derivada con respecto al tiempo de la respuesta $s(t)$ función de corriente.

5.00 CONDICIONES DE LA PUESTA A TIERRA

5.01 Esquemas de Conexión y Fallas a Tierra

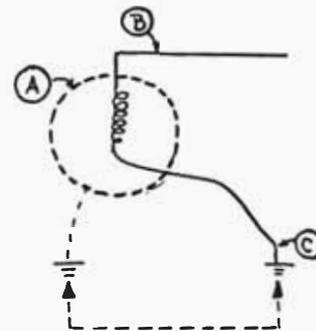


?

El mayor problema que existe es la posibilidad de contacto con una línea viva (la única) por lo que se debe evitar esta posibilidad utilizando la mayor cantidad de soportes no accesibles a niños.

Se prevee la conexión a tierra en el punto de generación y en el punto de alimentación, por lo cual dichos puntos deben estar conectados a tierra de tal manera que:

Podemos ver que el punto C es el mismo que A por lo que un contacto accidental en B para una persona que está en contacto con A puede traer malas consecuencias; por lo que se recomienda no realizar maniobras una vez energizado el motor y en el caso de que sea necesario se deben usar guantes para el nivel de tensión adecuado y todos los equipos y herramientas deben estar aislados.



Una falla a tierra producirá una corriente bastante baja por lo que la protección puede ser insuficiente para la acción del termomagnético en la longitud de falla es muy amplia será necesario ver la relación V/I , según la cual operará la protección.

5.02 Problemas de estructuras metálicas en un circuito con retorno por tierra

Según lo establecido, la corriente busca el camino de menor impedancia por lo que la presencia de elementos metálicos en la vecindad de la corriente determina una facilidad de la misma en escoger dicho camino y lleva como consecuencia una corrosión en dichas estructuras.

El deterioro en el acero, según estudios para corriente continua es de 10 kg/amp. año, para el caso de vías paralelas.

En el caso de que el trazado fuera perpendicular, las zonas peligrosas serían aquellas en las que el potencial de la conducción fuera positivo con relación al suelo.

Para el caso de corriente alterna, se ha demostrado, en laboratorio que el máximo ataque es aproximadamente del 45% del que se produciría para igual intensidad en corriente continua.

También debemos señalar que, algún tipo de pintura, o los óxidos formados en la superficie, actúan como rectificador de esta corriente, provocando de forma indirecta una grave corrosión.

V
MOTOR 3 Ø CON ALIMENTACION 1 Ø

1.00 OBTENCION DEL CAMPO GIRATORIO

1.01 Conexión Estrella

De acuerdo al Diagrama Vectorial de la Fig. 5.1

$$V_{cb} = I_{cbo} \times Z_c$$

$$V_{bo} = I_{cbo} \times Z_L$$

$$\frac{V_{cb}}{V_{bo}} = \frac{I_{cbo}}{I_{cbo}} \times \frac{Z_c}{Z_L}$$

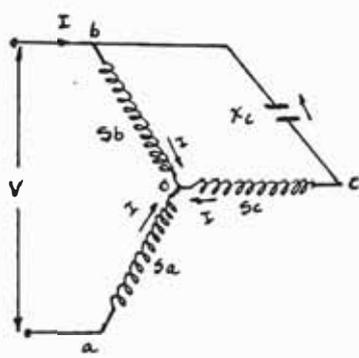
$$\sqrt{3} \angle 150^\circ = \frac{Z_c}{Z_L}$$

$$Z_c = \sqrt{3} \angle -150^\circ \times Z_L \angle 0$$

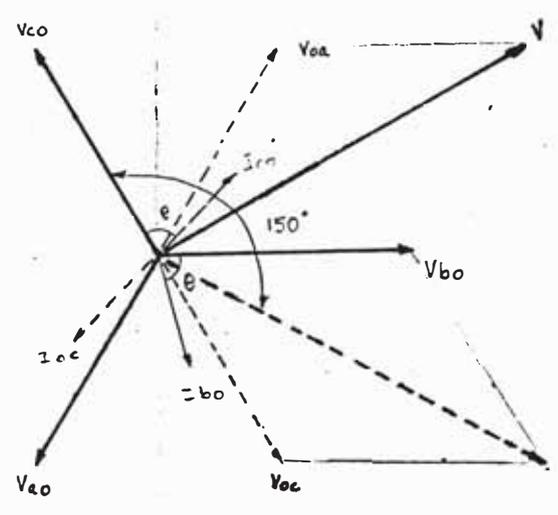
$$Z_c = \sqrt{3} \cdot Z_L \angle 0 - 150^\circ$$

Que nos da el valor de la impedancia capacitiva necesaria para obtener un campo giratorio a partir de la alimentación monofásica.

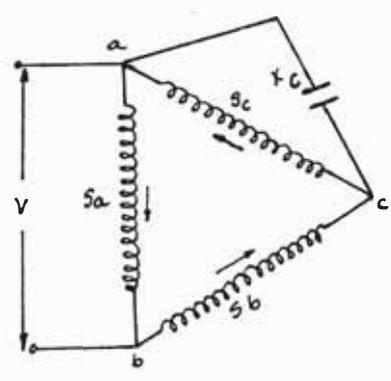
V



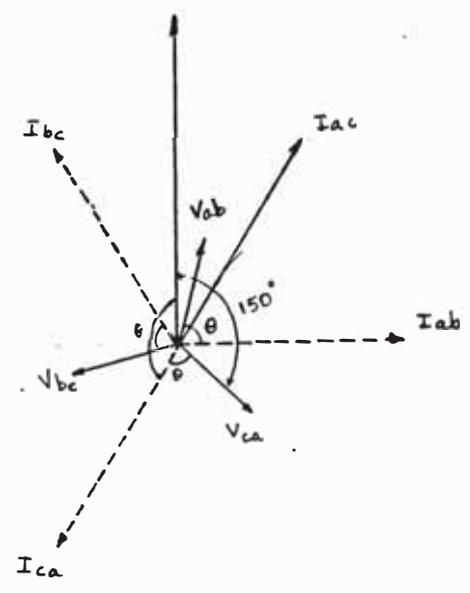
5.2 a



5.1 a



5.2 b



5.1 b

1.02 Conexión Delta

Utilizamos para este caso el diagrama vectorial de la Fig. 5.2

$$I_{ab} = V_{ab}/Z_L$$

$$I_c = V_{ab}/Z_c$$

$$\text{pero } I_{ab} = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad I_c \quad \underline{-150^\circ}$$

$$\frac{I_{ab}}{I_c} = \frac{1/Z_L}{1/Z_c} \quad \frac{I_{ab}}{I_c} = \frac{Z_c}{Z_L}$$

$$\frac{\underline{-150^\circ}}{\sqrt{3}} = \frac{Z_a}{Z_L} \quad Z_c = Z_L \frac{\underline{-150^\circ}}{\sqrt{3}}$$

Ejm.: Conexión Estrella

$$\text{Dado } Z_L = 0.3 + j 0.6 = 0.62345 \quad \underline{71.56}$$

$$Z_c = \sqrt{3} \times 0.62345 \quad \underline{-78.44} = 1.0798 \quad \underline{-78.44}$$

$$= 0.2163 - j 1.05789$$

$$V_{bo} = 127 \quad \underline{0^\circ}$$

$$i_{bo} = \frac{V_{bo}}{Z_L} = \frac{127 \quad \underline{0^\circ}}{0.62345 \quad \underline{71.56}} = 203.7 \quad \underline{-71.56}$$

$$Z_L = 0.62345 \quad \underline{71.56}$$

$$V_{cb} = i_{bo} \times Z_c = 203.7 \quad \underline{-71.56} \times 1.0798 \quad \underline{-78.44}$$

$$V_{cb} = 220 \quad \underline{-150^\circ}$$

$$V_{co} = V_{cb} + V_{bo} = 220 \quad \underline{-150^\circ} + 127 \quad \underline{0^\circ}$$

$$V_{co} = -190.5255 - j 110 + 127 = -63.5255 - j 110 = 127 \quad \underline{-120}$$

$$i_{co} = \frac{V_{co}}{Z_L} = \frac{127 \quad \underline{-120}}{0.62345 \quad \underline{71.56}} = 203.7 \quad \underline{-191.56}$$

$$i_{oa} = i_{bo} + i_{co} = 203.7 \angle -71.56^\circ + 203.7 \angle -191.56^\circ$$

$$i_{oa} = 203.7 \angle -131.56^\circ \text{ y } V_{oa} = i_{oa} Z_L$$

$$V_{oa} = 203.7 \angle -131.56^\circ \times 0.62345 \angle 71.56^\circ = 127 \angle -60^\circ$$

$$V_{ca} = V_{co} + V_{oa} = 127 \angle -120^\circ + 127 \angle -60^\circ$$

$$V_{ca} = -63.4 - j110 + 63.5 - j110 = -j220 = 220 \angle -90^\circ$$

2.00 ESTADO TRANSITORIO DEL MOTOR 3Ø CON ALIMENTACION 1 Ø

2.01 Componentes simétricos instantáneos (Ver Fig. 5.2)

Sabemos que:

$$U_a = U_{a+} + U_{a-} + U_{a0}$$

$$U_b = OC^2 U_{b+} + OC U_{b-} + U_{b0}$$

$$U_c = OC U_{c+} + OC^2 U_{c-} + U_{c0}$$

$$\text{Donde : } OC = e^{j120^\circ}$$

$$OC^2 = e^{-j120^\circ}$$

U_+ , U_- , U_0 son los componentes positivo, negativo y cero.

Debido a las conexiones del estator en los motores de inducción (Fig. 1) se deduce que las cantidades en secuencia cero no existen. Asimismo, los componentes negativos son siempre los conjugados complejos de las cantidades positivas, por lo tanto, sólo nos preocupamos del cálculo de los componentes positivos.

El circuito operacional equivalente en secuencia positiva de un motor de inducción trifásico se muestra en la Fig. (5.03)

En donde:

R_s = Resistencia por fase del estator

X_{ls} = Reactancia por fase del estator

R_r = Resistencia por fase del rotor

X_{lr} = Reactancia por fase del rotor

X_m = Reactancia magnetizante

p = Operador $(1/w) d/dt$

W = Frecuencia de alimentacion de la red

V = Velocidad en p.u. teniendo como base la velocidad síncrona

Las cantidades están referidas al estator

De la Fig. 2, la ecuación de los volt-ampere en términos de la impedancia operacional en secuencia positiva Z_s^+ será

$$V_s^+ = Z_s^+ i_s^+ \quad (2)$$

Para la secuencia negativa:

$$V_s^- = Z_s^- i_s^- \quad (3)$$

El torque electromagnético en término de los componentes puede ser expresado por:

$$T_e = \frac{j X_m}{W_m} (i_r^+ i_s^- - i_s^+ i_r^-) \quad (4)$$

Donde: W_m = Velocidad síncrona (rad/ség.)

En este análisis, la saturación pérdidas en el arrollamiento y efecto SKIN no han sido considerados. Todos los parámetros de la máquina se asumen constantes.

2.02 Modelo matemático

Para la conexión delta : (Fig. 5 2a)

En los terminales:

$V - V_{ab} = 0$ hacemos $jX_c = C$

$$V_{ac} + \frac{C}{p} (i_{ca} - i_{bc}) = 0 \quad (5)$$

Donde C = Impedancia capacitiva

Escribiendo en términos de componentes simétricos

$$V = \frac{1}{\sqrt{3}} (\alpha v_3^+ + \alpha^2 v_s^-) + j \frac{C}{p} (i_s^+ - i_s^-) \quad (6)$$

También:

$$V = \frac{1}{\sqrt{3}} [(R_s + X_{sp}) i_s^+ + X_{mp} i_r^+ + (R_s + X_{sp}) i_s^- + X_{mp} i_r^-] \dots (7a)$$

$$0 = \left(\frac{R_r}{1 - j \frac{p}{\omega}} + X_{rp} \right) i_r^- + X_{mp} i_s^- \dots (7b)$$

$$0 = \left(\frac{R_r}{1 - j \frac{p}{\omega}} + X_{rp} \right) i_r^+ + X_{mp} i_s^+ \dots (7c)$$

$$0 = \frac{1}{\sqrt{3}} [\alpha \{ (R_s + X_{sp}) i_s^+ + X_{mp} i_r^+ \} + \alpha^2 \{ (R_s + X_{sp}) i_s^- + X_{mp} i_r^- \}] + j \frac{C}{p} (i_s^+ - i_s^-) \dots (7d)$$

Donde:

$$\begin{aligned} X_s &= X_{ls} + X_m \\ X_r &= X_{lr} + X_m \end{aligned} \quad (8)$$

Los componentes simétricos i_s^+ , i_s^- , i_r^+ , i_r^- , son complejos, y pueden ser escritos en términos de sus partes real e imaginaria, entonces.

$$\begin{aligned} i_s^+ &= i_{sx} + j i_{sy} \\ i_s^- &= i_{sx} - j i_{sy} \\ i_r^+ &= i_{rx} + j i_{ry} \\ i_r^- &= i_{rx} - j i_{ry} \end{aligned} \quad (9)$$

Reemplazando y separando las partes real e imaginaria (9) en (7)

$$V = \frac{2}{\sqrt{3}} R_s i_{sx} + \frac{2}{\sqrt{3}} X_s p i_{sx} + \frac{2}{\sqrt{3}} X_m p i_{rx} \dots \dots \dots (10a)$$

$$0 = R_r i_{rx} + X_r p i_{rx} + X_m p i_{sx} + \sqrt{3} (X_r i_{ry} + X_m i_{sy}) \dots \dots \dots (10b)$$

$$0 = R_r i_{ry} + X_r p i_{ry} + X_m p i_{sy} - \sqrt{3} (X_r i_{rx} + X_m i_{sx}) \dots \dots \dots (10c)$$

$$0 = \frac{1}{\sqrt{3}} R_s i_{sx} + R_s i_{sy} + \frac{1}{\sqrt{3}} X_s p i_{sx} + X_s p i_{sy} + \dots \dots \dots (10d)$$

$$\dots + \frac{1}{\sqrt{3}} X_m p i_{rx} + X_m p i_{ry} + 2 \frac{C}{P} i_{sy} \dots \dots \dots$$

Sustituyendo (9) en (4), el torque usando notación p.u.

$$T_e = 2X_m (i_{rx} i_{sy} - i_{sx} i_{ry}) \dots \dots \dots (11)$$

de las ecuaciones (10); se puede escribir en forma matricial

$$[X]_p [i]_p = [V]_p \dots \dots \dots (12)$$

tal que el vector p es

$$p [i]_p = [X]_p^{-1} [V]_p \dots \dots \dots (13)$$

Las ecuaciones (10), son correspondientes a la (13) con:

$$[i]_p = [i_{sx} \ i_{sy} \ i_{rx} \ i_{ry}]^t \dots \dots \dots (14)$$

$$[X]_p^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{2}{\sqrt{3}} X_s & 0 & \frac{2}{\sqrt{3}} X_m & 0 \\ X_m & 0 & X_r & 0 \\ 0 & X_m & 0 & X_r \\ \frac{1}{\sqrt{3}} X_s & X_s & \frac{1}{\sqrt{3}} X_m & X_m \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 & V - \frac{2}{\sqrt{3}} R_s i_{sx} \\
 & - R_r i_{rx} - \sqrt{3} X_r i_{ry} - \sqrt{3} X_m i_{sy} \\
 & - R_r i_{ry} + \sqrt{3} X_r i_{rx} + \sqrt{3} X_m i_{sx} \\
 & - \frac{1}{\sqrt{3}} R_s i_{sx} - R_s i_{sy} - \frac{2X_c}{c} q_{sy}
 \end{aligned} \tag{16}$$

donde: $q_{sy} = \frac{isy}{p}$; ó $p q_{sy} = isy \dots\dots$ (17)

El torque es:

$$T_e = J \frac{d\omega_r}{dt} + F\omega_r + T_L \tag{18}$$

Donde:

- ω_r = velocidad en rad/seg.
- J = Momento de Inercia rotacional
- F = Coeficiente de amortiguamiento
- T_L = Torque al eje

Las variables dependientes de el sistema pueden ser consideradas como i_{sx} , i_{sy} , i_{rx} , i_{ry} , q_{sy} , y ω y los parámetros del sistema, voltaje de alimentación, y $X = \omega t$, y las soluciones pueden ser obtenidas usando métodos numéricos.

Motor en conexión estrella

$$\begin{aligned}
 & V - V_{sa}: \quad (V_{sb}) = 0 \\
 & V_{sa} - \frac{X_c}{p} i_{sc} - V_{sc} = 0
 \end{aligned} \tag{19}$$

Usando el mismo procedimiento anterior:

$$V = \sqrt{3} R_s i_{sx} + \sqrt{3} X_s p i_{sx} + X_m p i_{rx} - R_s i_{sy} - X_s p i_{sy} - X_m p i_{ry} \quad (20a)$$

$$0 = R_r i_{rx} + X_r p i_{rx} + X_m p i_{sx} + \sqrt{3} X_r i_{ry} + \sqrt{3} X_m i_{sy} \quad \dots\dots\dots (20b)$$

$$0 = R_r i_{ry} + X_r p i_{ry} + X_m p i_{sy} - \sqrt{3} X_r i_{rx} - \sqrt{3} X_m i_{sx} \quad \dots\dots\dots (20c)$$

$$0 = 3 R_s i_{sx} + 3 X_s p i_{sx} + 3 X_m p i_{rx} + R_s i_{sy} + X_s p i_{sy} + X_m p i_{ry} + \frac{1}{\sqrt{3}} X_c q_{sx} + X_c q_{sy} \quad \dots\dots\dots (20d)$$

Donde:

$$q_{sx} = \frac{i_{sx}}{p} ; \quad p q_{sy} = i_{sx} \quad \dots\dots\dots (21)$$

$$q_{sy} = \frac{i_{sy}}{p} ; \quad \delta p q_{sy} = i_{sy}$$

De aquí:

$$p [i]_2 = [X]_2^{-1} [V_2]$$

Donde:

$$[i]_2 = [i_{sx} \quad i_{sy} \quad i_{rx} \quad i_{ry}]^t \quad \dots\dots\dots (22)$$

$$[X]_2 = \begin{bmatrix} \sqrt{3} X_s & -X_s & \sqrt{3} X_m & -X_m \\ X_m & 0 & X_r & 0 \\ 0 & X_m & 0 & X_r \\ \sqrt{3} X_s & X_s & \sqrt{3} X_m & X_m \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (23)$$

$$\begin{aligned}
 V &= \sqrt{3} R_s i_{sx} + R_s i_{sy} \\
 &\quad - R_r i_{rx} - \sqrt{X_r} i_{ry} - \sqrt{X_m} i_{sy} \\
 [V]^2 &= -R_r i_{ry} + \sqrt{X_r} i_{rx} + \sqrt{X_m} i_{sx} \quad (24) \\
 &\quad \sqrt{3} R_s i_{sx} - R_s i_{sy} - \frac{1}{\sqrt{3}} X_c q_{sx} + X_c q_{sy}
 \end{aligned}$$

Considerando i_{sx} , i_{sy} , i_{rx} , i_{ry} , q_{sx} , q_{sy} y $\sqrt{\quad}$ como los variables dependientes, los parámetros son hallados mediante las ecuaciones (24), (23) y (20)

Voltaje a través del capacitor

Para la conexión 01 (a) el voltaje es:

$$V_c = \frac{X_c}{p} (i_{sc} - i_{sb}) \quad (25)$$

$$V_c = -\frac{2X_c}{p} i_{sy} = -2X_c q_{sy} \quad (26)$$

y similarmente para la conexión de fig. 01 (b)

$$V_c = \frac{X_c}{p} i_{sc}$$

$$V_c = \frac{-X_c}{p} \left(\frac{i_{sx}}{\sqrt{3}} + i_{sy} \right) = -X_c \left(\frac{q_{sy}}{\sqrt{3}} + q_{sy} \right)$$

3.00 ESTUDIO DE RANGOS ECONOMICOS DE TRABAJO

De acuerdo a lo visto anteriormente, hemos limitado nuestro estudio a potencias de 8.HP para 220 Voltios y 17.00 HP para 440 voltios.

Tenemos además que los condensadores de potencia que actualmente existen en el mercado tienen un valor desde 1 hasta 24 Mf.

Podemos establecer además de que para el arranque, la conexión se hará en estrella y en funcionamiento normal, la conexión será en delta. Por lo que el análisis del arranque se hará utilizando el valor de X_c para conexión delta y para el establecimiento el valor de X_c será para conexión estrella.

La conexión en serie de condensadores de potencia permitirán obtener valores utilizando valores desde el 12-5 hasta el 24mt.

ESTUDIO DE LA INDUCTANCIA DE LOS ESTADORES DE LAS MAQUINAS DE INDUCCION

$$L_T = L + L_d.$$

$$L_T = \left(\frac{2}{P} \right)^2 (Nef)^2 P + K (Nef)^2$$

$$\text{Donde : } P = \frac{4}{\pi} \times \frac{M_o}{2g} \times D \times l$$

$$\text{con } g = 0.8 \text{ mm. } M_o = \frac{B}{H} = \frac{\text{Weber/m}^2}{\text{Amper} \cdot \text{m}} = 4 \pi \times 10^{-7}$$

$$D = 0.2 \text{ m.}$$

$$l = 0.34 \text{ m.}$$

$$P = \frac{4}{\pi} \times \frac{M_o}{2g} \times D \times l$$

$$P = \frac{4}{\pi} \times \frac{4 \times 10^2}{2 \times 8 \times 10^{-4}} \times 0.2 \times 0.35 = 2.228 \times 10^{-5}$$

$$L_{Tf} = (2.228 \times 10^{-5} + 2.3 \times 10^{-6}) (Nef)^2$$

TABLA V -3 - I

a 60HZ

Nef	L_{Tf} (m H)	X_s (Ω)
23	13	4.9
25	15	5.6
28	19	7.2
30	22	8.3
32	25	9.4
34	28	10.5
36	32	12.06
38	35	13.19
40	39	14.7

CON NEF: 60 - 100

Nef	L_{Tf} (m H)	X_s (Ω)
60	88	33.18
65	104	39.20
70	120	45.24
75	138	52.00
80	157	59.18
85	177	66.73
90	199	75.02
95	222	83.69
100	246	92.74

TABLA V 3 - II

DESPRECIANDO LAS RESISTENCIAS

Xs (Ω)	DELTA		ESTRELLA	
	Xc (Ω)	c (mf)	Xc (Ω)	C (Mf)
5	2.83	921	8.7	305
6	3.46	766	10.39	255
7	4.04	656	12.12	218
8	4.62	574	13.86	191
9	5.19	511	15.60	170
10	5.77	459	17.32	153
12	6.93	332	20.78	127
14	8.08	328	24.25	109
15	8.66	306	25.98	102
16	9.23	287	27.71	96
20	11.54	230	34.64	76
30	17.00	156	52.00	51
35	20.00	132	61.00	43
40	23.00	115	69.00	38
45	26.00	102	78.00	34
50	29.00	91	87.00	30
55	31.00	85	95.00	28
60	34.00	78	104.00	25
65	37.00	71	113.00	23
70	40.00	66	122.00	21
75	43.00	61	130.00	20
80	46.00	57	139.00	19
85	49.00	54	148.00	18
90	52.00	51	157.00	17
95	54.00	49	165.00	16

TABLA V 3 - III

COMPARANDO CON LOS CONDENSADORES MKP 4250 ELECOND

CAPACIDAD (Mf)	\emptyset D x L	Xc (Ω)
1	30 x 55	2,652
1.5	30 x 55	1,768
2	35 x 55	1,326
2.5	35 x 73	1,061
3	35 x 73	884
3.5	35 x 73	757
4	40 x 73	663
5	40 x 73	530
6	45 x 73	442
7	45 x 73	379
7.5	45 x 73	353
8	45 x 93	331
9	45 x 93	294
10	45 x 128	265
12.5	45 x 128	212
16	50 x 128	165
18	50 x 128	147
20	50 x 128	132
24	55 x 128	110

si el costo de C/condensador hasta un valor de 50 mf (53 ohmios)

TABLA V 3 - IV

n	(OHMIOS) X'c	COSTO ESTRELLA Nef	ARRANQUE COSTO CONDENSADOR	OHMIOS Xc	<u>COSTO</u>
1	53	58	120	16	100
2	26.5	40	240	8	100
3	17	34	360	5.8	90
4	13	28	480	4.0	90
5	11	25	600	3.5	90
6	8	23	720	2.9	80

En consecuencia vemos de que se hace necesario el análisis de costo en el arranque, pudiendose invertir el monto señalado en la tabla anterior u otros de acuerdo al cálculo.

4.00 ESTADO ESTABLE DEL MOTOR 3 Ø CON ALIMENTACION 1 Ø

Las expresiones analíticas para el funcionamiento en estado estable del motor 3 Ø operando con alimentación 1 Ø son derivadas usando la transformación por componentes simétricos.

$$\begin{matrix} V_1 \\ V_2 \\ V_0 \end{matrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & \alpha & \alpha^2 \\ 1 & \alpha^2 & \alpha \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_{sa} \\ V_{sb} \\ V_{sc} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Donde V_1 , V_2 y V_0 son los fasores de voltajes en secuencia positiva, negativa y cero, y V_{sa} , V_{sb} , V_{sc} son los fasores de voltaje bajo operaciones de estado estable.

También:

$$V_1 = Z_1 I_1 \quad (2)$$

$$V_2 = Z_2 I_2$$

Donde Z_1 , Z_2 son las impedancias positiva y negativa calculadas de los circuitos equivalentes de estado estable para la conexión delta:

$$V - V_{sa} = 0 \quad (3)$$

$$V_{sc} - j X_c (I_{sc} - I_{sb}) = 0$$

donde V es el fasor de voltaje

Usando componentes simétricos y la ec (2)

$$V_1 = \frac{V (a^2 - \sqrt{3} X_c Y_z)}{-\sqrt{3} j - \sqrt{3} X_c (Y_1 + Y_2)} \quad (4)$$

$$V_2 = \frac{-V (a + \sqrt{3} X_c Y_1)}{-\sqrt{3}j - \sqrt{3} X_c (Y_1 + Y_2)} \quad (5)$$

Donde Y_1 , Y_2 , son las admitancias en secuencia positiva y negativa, dada por $1/Z_1$, $1/Z_2$

Para una X_c dada, V_1 y $-V_2$ pueden ser calculados para cualquier velocidad y las corrientes de secuencia I_1 , I_2 y los torques T_1 y T_2 (torque resultante : $T_r = T_1 - T_2$) pueden ser calculados usando los circuitos equivalente.

Estos resultados solo reflejan valores del estado estable para velocidades particulares y no darán idea de torques y corrientes transitorias durante cambios de velocidad.

Para la operación satisfactoria de el motor, con alimentación monofásica, es esencial el elegir X_c de tal manera que el efecto de las corrientes de secuencia negativa es considerado reducido si no totalmente eliminado, tal que las características indeseables tales como vibración; ruido, etc. pueden ser mantenidos a un bajo nivel. Diferentes criterios para la elección de X_c han sido discutidos. Aquí el criterio de minimizar el factor de desbalance $U = [V_2] / [V_1]$ ha sido considerado para propósitos de ilustración. De las ecs. (4) y (5)

$$U = \frac{\alpha C + \sqrt{3} X_c Y_1}{\alpha C^2 - \sqrt{3} X_c Y_2} \quad (6)$$

de donde:

$$U = \left[\frac{1 + 3 X_c^2 Y_1^2 - X_c Y_1 K_1}{1 + 3 X_c^2 Y_2^2 - X_c Y_2 K_2} \right]^{1/2} \quad (7)$$

Donde:

$$K_1 = \sqrt{3} \cos \phi_1 + \sqrt{3} \text{Sen } \phi_1 \quad (8)$$

$$K_2 = \sqrt{3} \cos \phi_2 - \sqrt{3} \text{Sen } \phi_2$$

(ϕ_1 y ϕ_2 son los ángulos de las impedancias Z_1 y Z_2) para minimizar el desbalance:

$$\frac{dU}{dX_c} = 0 \quad (9)$$

combinando las ecuaciones (7) y (9)

$$C_1 X_c^2 + C_2 X_c + C_3 = 0$$

Donde:

$$C_1 = 3Y_1 Y_2 Y_2 (Y_1 K_2 + Y_2 K_1) \quad (11)$$

$$C_2 = 6 (Y_1^2 - Y_2^2)$$

$$C_3 = - (Y_1 K_1 + Y_2 K_2)$$

Resolviendo (10), los valores de X_c que minimizan U puede ser computado para todas las velocidades.

Idealmente, un capacitor variable desde el arranque a plena carga es requerido pero no práctico.

Usando un procedimiento similar, las relaciones para la conexión de la fig. 1 (b) pueden ser derivadas.

$$V_1 = \frac{V (\sqrt{3} e^{j30} + X_c Y_2 e^{-j30})}{j 3 \sqrt{3} + \sqrt{3} X_c (Y_1 + Y_2)} \quad (12)$$

$$V_2 = \frac{-V (\sqrt{3} e^{-j30^\circ} + X_c Y_1 e^{j30^\circ})}{j 3\sqrt{3} + \sqrt{3} X_c (Y_1 + Y_2)} \quad (13)$$

$$U = \frac{\sqrt{3} e^{-j30^\circ} + X_c Y_1 e^{j30^\circ}}{\sqrt{3} E^{j30^\circ} + X_c Y_2 E^{-j30^\circ}}$$

$$= \left| \frac{3 + X_c^2 Y_1^2 + X_c Y_1 K_3}{3 + X_c^2 Y_2^2 + X_c Y_2 K_4} \right|^{1/2} \quad (14)$$

Donde: $K_3 = -\sqrt{3} \cos \phi_1 - \sqrt{3} \sin \phi_1$,

y $K_4 = \sqrt{3} \cos \phi_2 - \sqrt{3} \sin \phi_2$

La condición $\frac{dU}{dX_c} = 0$ da la relación

$$C_4 X_c^2 + C_5 X_c + C_6 = 0 \quad (15)$$

$$C_4 = Y_1 Y_2 (Y_1 K_2 - Y_2 K_1)$$

$$C_5 = 6 (Y_1^2 - Y_2^2) \quad (16)$$

$$C_6 = 3 (Y_1 K_3 - Y_2 K_4)$$

La solución de estas ecuaciones nos dan los valores de X_c que mi
nimizan el desbalance.

5.00 MEJORAMIENTO CON UN CONVENIENTE ARRANQUE

En base a lo visto anteriormente y de acuerdo a las características del motor de Inducción en el presente caso son:

Potencial Nominal	:	6.6HP = 4.92 KW
Voltaje Nominal	:	230V
Corriente Nominal	:	15.40A
Cos ϕ Nominal	:	0.80
Velocidad Nominal	:	3,500 RPM
Impedancia base	:	$\frac{230}{\sqrt{3} \times 15.40} = 8.623$ ohmios

y los datos físicos:

R_s	=	0.308	R_r	=	0.541
Xl_s	=	0.836	Xl_r	=	1.253
Xm	=	22.16	H	=	0.035 seg.

Donde:

R_s	= Resistencia del rotor para el cálculo
R_r	= Resistencia del rotor para el cálculo
Xl_s	= Reactancia del estator para el cálculo
Xl_r	= Reactancia del rotor para el cálculo
Xm	= Reactancia magnetizante
H	= Constante de inercia de las partes rotativas

En el caso de retorno por tierra, la potencia absorbida por el motor se reduce al 70%, entonces:

$$\text{Potencia: } 6.6 \times 0.7 = 4.62 \text{ HP} = 3.45 \text{ KW}$$

Tenemos que la impedancia del estator será:

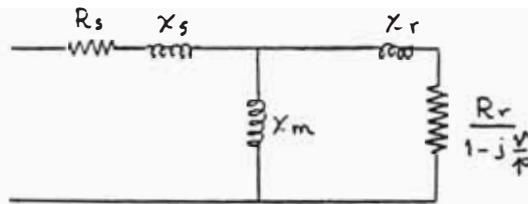
$$Z_s = R_s + j Xl_s$$

$$Z_s = 0.308 + j 0.836 = 0.891 \angle 69.78^\circ$$

El valor del deslizamiento es:

$$s = \frac{3,600 - 3,500}{3,600} = 0.027$$

El circuito por fase será:



Consideramos el arranque en conexión estrella:

$$\begin{aligned}
 V &= \sqrt{3} \times 0.308 \text{ isx} + \sqrt{3} \cdot 0.826 \text{ pisx} + \sqrt{3} \cdot 22.16 \text{ pirx} - 0.308 \\
 &\quad \text{isy} - 0.836 \text{ pisy} - 22.16 \text{ piry} \\
 0 &= 0.541 \text{ irx} + 0.836 \text{ pirx} + 22.16 \text{ pisx} + \sqrt{1.253} \text{ iry} + \sqrt{22.16} \\
 &\quad \text{isy} \\
 0 &= 0.541 \text{ isy} + 0.836 \text{ piry} + 22.16 \text{ pisy} - \sqrt{1.253} \text{ irx} - \sqrt{22.16} \\
 &\quad \text{isx} \\
 0 &= \sqrt{3} \cdot 0.308 \text{ isx} + \sqrt{3} \cdot 1.253 \text{ pisx} + \sqrt{3} \cdot 22.16 \text{ pisx} + 0.308 \\
 &\quad \text{isy} + 0.836 \text{ pisy} + 22.16 \text{ piry} + \frac{1}{\sqrt{3}} X_c q_{sx} + X_c q_{sy}
 \end{aligned}$$

Además sabemos que:

$$Z_c = \sqrt{3} \times Z_L \angle 0 - 150^\circ$$

$$Z_L = Z_s = 0.891 \angle 69.78^\circ$$

$$Z_c = \sqrt{3} \times 0.891 \times \angle 69.78 - 150^\circ$$

$$Z_c = 1.54 \angle -80.22^\circ$$

Resolviendo para las ecuaciones del APENDICE A

$$A_{11} = -7.381 \times 10^{-4}$$

$$A_{12} = 0.04522$$

$$A_{13} = 0$$

$$A_{14} = -7.381 \times 10^{-4}$$

$$A_{21} = 1.278 \times 10^{-3}$$

$$A_{22} = 0$$

$$\begin{aligned}
A_{23} &= 0.04522 \\
A_{24} &= 1.278 \times 10^{-3} \\
A_{31} &= 7.381 \times 10^{-4} \\
A_{32} &= -4.925 \times 10^{-4} \\
A_{33} &= 0 \\
A_{34} &= 3.27 \times 10^{-3} \\
A_{41} &= -6.527 \times 10^{-3} \\
A_{42} &= 0 \\
A_{43} &= -4.925 \times 10^{-4} \\
A_{44} &= 3.77 \times 10^{-3}
\end{aligned}$$

la matriz [A] da la solución según

$$p [I] - [A] [V]$$

y los valores:

$$\begin{aligned}
B_{11} &= -R_s \times \sqrt{3} \times (2A_{11}) = B_{21} = 0 & B_{31} &= -2\sqrt{3} R_s A_{31} \\
B_{12} &= 0 & B_{22} &= 2 R_s A_{21} & B_{32} &= 0 \\
B_{13} &= -R_r \times A_{12} & B_{23} &= X_r A_{23} & B_{33} &= -A_{32} R_r \\
B_{14} &= -A_{12} \times X_r & B_{24} &= -A_{23} R_r & B_{34} &= -A_{32} X_r \\
B_{15} &= - (1/\sqrt{3}) X_c \times A_{14} & B_{25} &= A_{23} X_m & B_{35} &= -A_{32} X_m \\
B_{16} &= X_c A_{14} & B_{26} &= -A_{24} X_c / \sqrt{3} & B_{36} &= -\frac{A_{34}}{\sqrt{3}} \times X_c \\
B_{17} &= -A_{12} X_m & B_{27} &= A_{24} \times X_c & B_{37} &= A_{34} X_c \\
B_{18} &= A_{11} \times V & B_{28} &= A_{21} V & B_{38} &= A_{31} V
\end{aligned}$$

$$B_{41} = 0$$

$$B_{42} = 2 R_s A_{41}$$

$$B_{43} = A_{43} x X_r$$

$$B_{44} = - A_{43} R_r$$

$$B_{45} = A_{43} X_m$$

$$B_{46} = \frac{- A_{44} x X_c}{3}$$

$$B_{47} = A_{44} x X_c$$

$$B_{48} = A_{41} - V$$

Entonces:

$$\begin{aligned} B_{11} &= -7.87 \times 10^{-4} & B_{21} &= 0 & B_{31} &= -3.203 \times 10^{-3} & B_{41} &= 0 \\ B_{12} &= 0 & B_{22} &= 1.383 \times 10^{-3} & B_{32} &= 0 & B_{42} &= -7.06 \times 10^{-3} \\ B_{13} &= -0.0245 & B_{23} &= 1.601 \times 10^{-3} & B_{33} &= 2.66 \times 10^{-4} & B_{43} &= -6.171 \times 10^{-4} \\ B_{14} &= -0.0567 & B_{24} &= -0.0567 & B_{34} &= 6.171 \times 10^{-4} & B_{44} &= 2.66 \times 10^{-4} \\ B_{15} &= 4.261 \times Xc & B_{25} &= 1.002 & B_{35} &= 0.011 & B_{45} &= 0.0109 \\ B_{16} &= Xc (-7.278 \cdot 0^{-3} & B_{26} &= +7.376 \times 10^{-4} & B_{36} &= -2.176 \times 10^{-3} & B_{46} &= -2.176 \times 10^{-3} \times Xc \\ & & & \times Xc & & & & \\ B_{17} &= -1.002 & B_{27} &= 1.278 \times 10^{-3} & B_{37} &= 3.77 \times 10^{-3} Xc & B_{47} &= 3.77 \times 10^{-3} \times Xc \\ B_{18} &= -0.093 & B_{28} &= 0.162 & B_{38} &= 0.093 & B_{48} &= -0.829 \end{aligned}$$

$$i'sx = 7.87 \times 10^{-4} isx - 0.0245 irx - 0.0567 iry + 4.261 Xc q_{sx} - 7.278 \times 10^{-3} Xc q_{sy} - 1.002 isy - 0.093 \dots \quad (I)$$

$$i'sy = 1.383 \times 10^{-3} isy + 1.601 \times 10^{-3} irx - 0.0567 iry + 7.378 \times 10^{-4} Xc q_{sx} + 1.278 \times 10^{-3} q_{sy}; +0.162 \dots \quad (II)$$

$$i'rx = -3.203 \times 10^{-3} isx + 2.66 \times 10^{-4} isx + 6.171 \times 10^{-4} isy + 0.11 \times isy - 2.176 \times 10^{-3} q_s + 3.77 \times 10^{-3} Xc q_{sy} + 0.093 \dots (III)$$

$$i'ry = -7.06 \times 10^{-3} isy - 6.171 \times 10^{-4} irx + 2.66 \times 10^{-4} iry - 0.0109 isx - 2.176 \times 10^{-3} Xc q_{sx} + 3.77 \times 10^{-3} Xc q_{sy} - 0.829 \dots \quad (IV)$$

$$Te = 2_x \quad 22.16 (irx isy - isx iry) \quad (V)$$

$$\sqrt{} = (Te - TL) / 2.W.H. \quad (VI)$$

calculamos la solución para $Xc = [Zc] = 1.54$
y condiciones iniciales :

$$isx(0) = 0 \quad isy(0) = 0 \quad irx(0) = 0 \quad iry(0) = 0 \quad (0) = 0$$

También:

$$TL = 344 (0.05 + 0.6 \sqrt{}^2)$$

La solución se obtiene mediante iteraciones y solución recurre a las siguientes relaciones = $h = h + 0.01$

$$isx_{(n+1)} = isx_{(n)} + isx_{(n-1)} \times h$$

$$isy_{(n+1)} = isy_{(n)} + i'sy_{(n+1)} \times h$$

$$irx_{(n+1)} = irx_{(n)} + i'rx_{(n+1)} \times h$$

$$iry_{(n+1)} = iry_{(n)} + i'ry_{(n+1)} \times h$$

$$T_e(n+1) = 4.32 (i_{rx}(n) i_{ry}(n) - i_{sx}(n) i_{sy}(n))$$

$$V'(n) = \frac{(T_e(n+1) - T_L(n))}{2 \times W \times H}$$

$$T_L(n) = 344 (0.05 + 0.6 V'(n)^2)$$

$$V'_{(n+1)} = V'(n) + V'(n) \times h$$

Hacemos el cálculo para los valores obtenidos, tenemos que para
 $n = 0$ $h = 0$

$$q'_{sx}(n) = i_{sx}(n) \times W$$

$$q'_{sy}(n) = i_{sy}(n) \times W$$

$$q_{sx}(n+1) = q_{sx}(n) + h \times i_{sx}(n) \times W$$

$$q_{sy}(n+1) = q_{sy}(n) + h \times i_{sy}(n) \times W$$

$$q_{sx}(0) = 0 \qquad q_{sy}(0) = 0$$

$$i'_{sx}(1) = -0.093$$

$$i'_{sy}(1) = 0.162$$

$$i'_{rx}(1) = 0.093$$

$$i'_{ry}(1) = -0.829$$

$$i_{sx(1)} = isx(0) + i'sx(1) \times h$$

$$h = 0.01$$

$$isx(1) = -0.00093$$

Analogamente

$$isy(1) = 0.00162$$

$$irx(1) = 0.00093$$

$$iry(1) = 0.00829$$

$$Te(1) = 4.32 (0.00093) (-0.00829) - (-0.00093) (0.00162)$$

$$Te(1) = -2.68 \times 10^{-5}$$

$$TL(0) = 17.2$$

$$\dot{V}(0) = \frac{-2.68 \times 10^{-5} - 17.2}{2 \times 366.5 \times 0.035} = -0.6704$$

$$V(1) = V(0) + h \times \dot{V}(0)$$

$$V(1) = 0 + 0.01 \times (-0.6704) = -0.006704$$

$$q'sx(1) = 366.5 \times (-0.00093) = -0.3408$$

$$q'sy(1) = 366.5 \times (0.00162) = 0.59373$$

$$q_{sx(1)} = -0.003408$$

$$q_{sy(1)} = 0.0059373$$

A partir de este momento y para valores de X_c diferentes podemos aplicar las ecuaciones y así hallar los valores que permitan tomar la decisión acerca del valor más conveniente para el arranque.

TABLA 5.5

EFECTO DE X_c PARA LA MAQUINA

(para un máximo = 0.8)

X_c	3.62	8.62	17.2	25.8	29	34.5
T_p	4644.00	1857.00	120.4	93.0	99.7	120.4
I_{sb} (p.u)	8.13	2.64	0.87	0.82	0.89	0.912

de acá podemos establecer que $X_c = 8.62$ en el arranque.

Valor de X_c para minimizar el desbalance en estado estable

$$\frac{dU}{dX_c} = 0$$

como vimos anteriormente:

$$C_1 X_c^2 + C_2 X_c + C_3 = 0$$

donde: $C_1 = 3Y_1 Y_2 (Y_1 K_2 + Y_2 K_1)$

$$C_2 = 6 (Y_1^2 - Y_2^2)$$

$$C_3 = - (Y_1 K_1 + Y_2 K_2)$$

$$K_1 = \sqrt{3} \cos \phi_1 + \sqrt{3} \operatorname{sen} \phi_1$$

$$K_2 = \sqrt{3} \cos \phi_2 - \sqrt{3} \operatorname{sen} \phi_2$$

El valor de Z_1 para secuencia positiva

$$R^+ = R_s + \frac{R_r X_m (X_r + X_m) - X_r X_m R_r}{R_s^2 + (X_r + X_m)^2}$$

$$X^+ = X_s + \frac{R_r^2 X_m + X_r X_m (X_r + X_m)}{R_r^2 + (X_s + X_m)^2}$$

$$R^+ = 0.792 \qquad X^+ = 2.033$$

$$Z^+ = 0.792 + j 2.033 = 2.18 \angle 68.71^\circ$$

$$Z^- = 0.792 - j 2.033 = 2.18 \angle -68.71^\circ$$

$$\phi_1 = 68.71^\circ \qquad \phi_2 = -68.71^\circ$$

$$K_1 = 3.424 \qquad K_2 = 3.424$$

$$Y_1 = 0.458 \angle -68.71^\circ \qquad Y_2 = 0.458 \angle 68.71^\circ$$

$$Y_1 \times Y_2 = 0.209 \qquad Y_1^2 = 0.209 \angle -137.42^\circ$$

$$Y_2^2 = 0.209 \angle 137.42^\circ$$

$$Y_1^2 - Y_2^2 = -0.153 - j 0.1414 - 0.153 + j 0.1414$$

$$Y_1^2 - Y_2^2 = -0.306$$

$$Y_1 + Y_2 = 0.166 - j 0.426 + 0.166 + j 0.426$$

$$Y_1 + Y_2 = 0.332$$

$$C_1 = 3 \times 0.209 \times 3.424 \times 0.332 = 0.712$$

$$C_2 = 6 \times (-0.306) = -1.836$$

$$C_3 = 1.136$$

$$0.712 X_c^2 - 1.836 X_c + 1.136 = 0$$

$$X_C = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$X_C = \frac{1.836 \mp \sqrt{(1.836)^2 - 4(0.712)(1.136)}}{2 \times 0.712}$$

$$X_{C1} = 1.547$$

$$X_{C2} = 1.03$$

Podemos resumir de acuerdo a los cálculos anteriores:

Valor de la reactancia capacitiva para el arranque:

$$X_{CA} = 8.62$$

Costo estimado : I/. 1,100

Para el estado estable:

$$X_{CF} = 1.547$$

Costo estimado : I/. 1,900

VI INSTALACION POR ETAPAS

1.00 INSTALACION EN SU PRIMERA ETAPA

La primera etapa del sistema comprende el funcionamiento de la alimentación eléctrica monofásica con retorno por tierra, para un área total de 6.7 Ha regadas.

Dado que en esta etapa la potencia que desarrolla el motor es del 70% del valor nominal, la altura en los aspersores es de 22.2m. con lo que la pluviometría promedio es de 5.28 mm./hr. con un diámetro moza-do de 25.00m. (boquillas de 3 mm.)

El mejoramiento en estas condiciones de trabajo, supera el promedio requerido (160mm.) para el cultivo de frejol, como consecuencia y racionalizando el agua, podemos obtener un máximo de 2 cosechas al año, con un mejoramiento desde 1000 kg/Ha.-cosecha, por lo que el rendimiento se mejora de 1000 kg/anual a 2,400 kg/anual-Ha lo cual representa para el área total (6.7 Ha.) un mejoramiento de 9,380 kg/anuales.

El precio de venta al mes de Febrero de 1986 es de I/.6.5 por kg. del cual deducimos I/.0.5 por kg. y el precio efectivo recibido por el productor será de I/. 6.00 por kilogramo y el cuál servirá para el posterior cálculo económico.

El metrado correspondiente a los materiales necesario para esta primera etapa es el siguiente:

MATERIALES PARA EL SISTEMA DE ALIMENTACION MONOFASICA CON RETORNO POR TIERRA PARA LA I ETAPA

<u>DESCRIPCION</u>	UNIDAD	CANT.
- Conductor WP # 8AWG cobre	m.	210
- Poste 6.8m. c6 GD	c/u.	7
- Aislador carrete clase 53-1	C/u.	12
- Portalínea unipolar tipo CLEVIS	C/u.	12
- Tirafón 1/2" Ø x 3" L F°G°	c/u.	12
- Conector cobre SPLIT BOLT	c/u.	3
- Conductor similar NLT, 2 x 14 AWG	m.	12
- Arrancador para 8 HP	C/u.	1
- Llave cuchilla 3 x 30 Amp. 600 V.	c/u.	2
- Tuberfa PVC 3/4" - SAP	m.	2
- Elementos para puesta a tierra	c/u.	2
- Pozo de tierra	c/u.	2
- Plataforma de madera flotante	c/u.	1
- Electrobomba 8 HP	c/u.	1
- Cilindros para estación flotante	c/u.	6
- Pintura esmalte	Gal.	1
- Condensador corrector para campo	c/u.	1
- Condensador para arranque	c/u.	1
- Retenidas tipo tornapunta	Jgo.	2

METRADO DE MATERIALES PARA EL SISTEMA DE RIEGO I ETAPA

<u>DESCRIPCION</u>	<u>UNID.</u>	<u>CANT.</u>
- Tubería PVC clase 10 3" Ø	m.	30
- Codo PVC 45° 3" Ø	c/u.	2
- Válvula Check 3" Ø	c/u.	1
- Válvula compuerta 3 " Ø	c/u.	1
- Brida de A°G° 3" Ø	c/u.	2
- Manguera flexible 3" Ø	m.	10
- Tubería PVC C 10 2" Ø	m.	700
- Tubería PVC C10 1" Ø	m.	240
- Codo PVC 90° 2 " Ø	c/u.	6
- Tee PVC 3 " Ø	c/u.	2
- Tee PVC 1 " Ø	c/u.	2
- Reducción 3 " x 2" PVC	c/u.	3
- Reducción 2" x 1" PVC	c/u.	40
- Válvula compuerta 2" Ø	C/u.	3
- Válvula compuerta 1 " Ø	c/u.	40
- Niples F°G° 1"	c/u.	40
- Aspersores c/acc. boquilla 3 mm.	c/u.	24
- Manguera flexible 1"	m.	4
- Uniones universales	c/u.	4
- Tapón macho 2" Ø PVC	c/u.	4
- Tapón macho 1" Ø PVC	c/u.	4
- Coplas 1" Ø	c/u.	24
- Accesorios propios de la instalacion en su propia etapa		

En esta primera etapa es característico el uso de soportes no convencionales, tales como los árboles de mango, asimismo los condensadores tanto para arranque como en estado estable del motor eléctrico.

2.00 INSTALACION EN SU SEGUNDA ETAPA

La segunda etapa comprende el funcionamiento del mismo equipo de bombeo (electrobomba y plataforma flotante), con una línea adicional, también con alimentación monofásica con retorno por tierra, en este caso se adiciona un área de 6.7 Ha. con lo que el área total a ser regado por el mismo equipo es de 13.4 Ha.

El motor, al igual que en la etapa inicial, desarrolla sólo el 70% del valor nominal, por lo que la altura de los aspersores es de 22.2m., con una pluviometría promedio de 5.28 mm/Hr. y diámetro mojado de 25m. (con boquillas de 3 mm.)

El mejoramiento en estas condiciones llega a 160 mm. pudiendo obtener un máximo de 2 cosechas al año, con un mejoramiento desde 1000 kg/Ha./cosecha a 1,200 kg/Ha./cosecha con lo que se obtiene una mejora de 1400 kg/Ha./anual y para el área total representa un total de:

$$1,400 \times 13.4 = 18,760 \text{ kg.}$$

El precio de venta al mes de Febrero 1986 es de I/. 6.50 por kg., deduciendo en forma similar I/. 0.5 por kilogramo, tenemos que el precio efectivo recibido por el productor será de I/.6.00 por kilogramo.

El metrado correspondiente a los materiales necesarios para esta primera etapa es el siguiente:

MATERIALES PARA EL SISTEMA DE ALIMENTACION MONOFASICA CON RETORNO POR
TIERRA PARA LA II ETAPA

<u>DESCRIPCION</u>	<u>UNIDAD.</u>	<u>CANT.</u>
- Conductor WP #8	m.	530
- Poste 6.8 c6, 6D	c/u.	14
- Aislador porcelana tipo carrete (Clase 53.1)	c/u.	18
- Portalínea individual tipo bastidor	c/u.	18
- Tirafón 1/2" Ø x 3" L	c/u.	18
- Conector de cobre 5B	c/u.	3
- Conductor NLT 2 x 14 AWG	m.	12
- Tubería PVC 3/4" - SAP	m.	2
- Elementos para puesta a tierra	c/u.	2
- Pozo de tierra	c/u.	2
- Retenidas	Jgo	2

METRADO DE MATERIALES PARA EL SISTEMA DE RIEGO II ETAPA

DESCRIPCION	UNIDAD	<u>CANT.</u>
- Tubería PVC Clase 10 3" Ø	m.	30
- Codo PVC 45° 3" Ø	c/u.	2
- Válvula check 3" Ø	c/u.	1
- Válvula compuerta 3" Ø	c/u.	1
- Brida de A°G°	c/u.	1
- Manguera flexible 3" Ø	c/u.	10
- Tubería PVC C10 2" Ø	m.	700
- Tubería PVC C10 1" Ø	m.	240
- Codo PVC 90° 2" Ø	C/u.	6
- Tee PVC 3" Ø	c/u.	2
- Tee PVC 1 " Ø	c/u.	2
- Reduccion 3" x 2" PVC	c/u.	3
- Reducción 2" x 1" PVC	c/u.	40
- Válvula compuerta 2" Ø	c/u.	3
- Válvula compuerta 1"Ø	c/u.	40
- Niples F°G° 1"	c/u.	40
- Aspersores c/acc. boquilla 3m.	c/u.	24
- Manguera flexible 1"	m.	4
- Uniones universales	c/u.	4
- Tapón macho 2" Ø PVC	c/u.	4
- Tapón macho 1" Ø PVC	c/u.	4
- Coplas 1" Ø	c/u.	24

3.00 INSTALACION DEFINITIVA

En la instalación definitiva, las redes de alimentación son ya trifásicas, los soportes, originalmente no tratados, pasan a ser postes tratados convenientemente, los árboles usados en las primeras etapas son ahora soportes convencionales.

En esta etapa, la potencia que desarrolla el motor es del 96% del valor nominal, la altura en los aspersores es de 35 m. La pluviometría promedio es de 6.3 mm/hr. y el diámetro mojado será de 26.20 m. (boquillas de 3 mm.).

El mejoramiento en estas condiciones de trabajo, el promedio de pluviometría anual es de 180 mm., obteniendo un máximo de 2 cosechas por año, el mejoramiento en la producción será desde 2,400 kg/añual-Ha. hasta 3,000 kg/Ha, obteniendo un mejoramiento de 600 kg/Ha. lo que hace un total de 8,000 kg. anuales aproximadamente, manteniendo un nivel de producción de 40.2 TM del año.

El precio de venta al mes de Febrero de 1986 es de I/. 6.50 por kg. del cual deducimos I/. 0.50 por kilogramo (Transporte, manipuleo y almacenamiento con lo que el precio efectivo recibido por el productor será de I/.6.00 por kilogramo.

El metrado correspondiente a los materiales necesarios para esta etapa es el siguiente:

METRADO DE MATERIALES PARA EL SISTEMA DE ALIMENTACION TRIFASICA III ETAPA

DESCRIPCION	UNID.	CANT.
- Conductor WP #8	m	1,480
- Poste 6.8 C6, GD	C/u.	10
- Aislador porcelana	c/u.	60
- Portalínea individual tipo bastidor	c/u.	60
- Tirafón 1/2" ϕ x 3"	C/u.	60
- Conector cobre SB	c/u.	12
- Conductor NLT 2 x 14 AWG	m.	24

4.00 COSTO COMPARATIVO POR ETAPAS

Debemos indicar previamente que todo el análisis económico presente está referido al mes de Febrero 86.

Los costos comparativos que acá se señalan se dan en INTIS, para cada etapa se consideran los costos por materiales, montaje, gastos de producción, operación y mantenimiento:

I ETAPA (2 años) Area: 6.7 Ha.

PRODUCCION ANUAL : 16,080 kg.

VENTA UNITARIA : 6.00 I.

1) Produccion total	I/.	192,960
2) Gastos por materiales sistema de riego		(56,118)
3) Gastos por montaje sistema de riego		(9,936)
4) Gastos por materiales sistema eléctrico		(17,600)
5) Gastos por montaje sistema eléctrico		(5,530)
6) Gastos por mantenimiento		(4,000)
7) Gastos por siembra, cosecha y manipuleo		(15,000)
8) Gastos por limpieza		(8,040)
9) Gastos por operación de equipos		(32,400)
	SALDO A FAVOR:	44,336

Indudablemente que estos gastos pueden ser realizados por amortizaciones anuales en lo referente a los puntos 2) y 4), esto puede ser realizado en 4 años, con un 30%, 30%, 20%, 20% con un interés anual del 12% por lo que las cuotas correspondientes serán:

MONTO TOTAL	:	I/. 73,715.00
1° Cuota	:	22,114.50 (Al final del 1° año)
2° Cuota	:	24,768.24
3° Cuota	:	18,493.62
4° Cuota	:	20,712.85

El costo correspondiente a semillas, abonos y otros es amortizado al final del 3er. año, con un interés del 9% y el monto es de:

I/. 5,000 x 6.7 = I/. 33,500

Las cuotas para la amortización de esta deuda son las siguientes
(cuotas de 20%)

	AMORTIZACION	INTERESES	DEBITO	TOTAL A PAGAR
Año 3)	6,700	1,976.5	26,800	8,676.5
Año 4)	6,700	2,757.6	20,100	9,457.6
Año 5)	6,700	3,608.8	13,400	10,308.8
Año 6)	6,700	4,536.5	6,700	11,236.5
Año 7)	6,700	5,547.8	0	12,247.8

De acuerdo a lo visto anteriormente podemos establecer la rentabilidad durante la Primera etapa.

1) Producción total	192,960.00
2) Gastos amortizacion (1a. y 2da. cuota)	46,882.74
3) Gastos por montaje sistema de riego	(9,936.00)
4) Gastos por montaje sistema eléctrico	(5,530.00)
5) Gastos por mantenimiento	(4,000.00)
6) Gastos por siembra, cosecha y manipuleo	(15,000.00)
7) Gastos por limpieza	(8,040.00)
8) Gastos por operación de equipos	(32,400.00)
TOTAL	71,171.26

II ETAPA (3 años) Area: 13.4 Ha.

PRODUCCION ANUAL: 32,160

VENTA UNITARIA : 6.00 I/.

1) Producción total	578,880.00
2) Gastos por materiales sistema de riego	(56,118.00)
3) Gastos por montaje sistema de riego	(9,936.00)
4) Gastos por materiales sistema eléctrico	(43,581.00)
5) Gastos por montaje sistema eléctrico	(13,690.00)
6) Gastos por mantenimiento	(24,000.00)
7) Gastos por siembra, cosecha y manipuleo	(45,000.00)
8) Gastos por limpieza	(8,040.00)

9) Gastos por operacion de equipos	(97,200.00)
TOTAL	281,315.00

En lo referente a los puntos 2) y 4), estos pueden ser amortizados en 4 años 30%, 30%, 20%, 20%, con un interés anual del 12% por lo que los cuotas correspondientes serán:

MONTO TOTAL: 99,699

1° Cuota	:	I/.	42,021.00 (al final del 3° año)
2° Cuota	:		47,063.50
3° Cuota	:		35,140.74
4° Cuota	:		39,357.63

El gasto correspondiente a semillas, abono y otros es amortizado al final del 5° año con un interés del 9% y el monto es de $I/.5,000 \times 6.7 = I/.33,500$

Las cuotas para la amortización de esta deuda son las siguientes (Cuotas del 20%)

	<u>AMORTIZACION</u>	<u>INTERESES</u>	<u>DEBITO</u>	<u>TOTAL A PAGAR</u>
Año 5)	6,700	1,976.3	26,800	8,676.50
Año 6)	6,700	2,757.6	20,100	9,457.60
Año 7)	6,700	3,608.8	13,400	10,308.80
Año 8)	6,700	4,536.5	6,700	11,236.50
Año 9)	6,700	5,547.8	0	12,247.80

III ETAPA (DEFINITIVA)

A la fecha tenemos que a partir del 6° año, la producción se ha mejorado hasta llegar a 3,000 kg/Ha. anuales; los gastos efectuados en esta etapa son los siguientes:

1) Gastos por materiales sistema eléctrico:	I/.	21,262.00
2) Gastos por montaje sistema eléctrico :		5,315.00

El siguiente cuadro nos muestra el cronograma de desembolsos tomando como base los siguientes costos anuales.

- Gasto anual por mantenimiento	:	I/.	2,000.00
- Gasto anual por siembra, cosecha y manipuleo	:		7,500.00
- Gastos por operación de equipos	:		6,200.00

CRONOGRAMA ECONOMICO (SISTEMA SIN RIEGO TECNIFICADO)

AfO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Producción (intis)	40,200	40,200	80,400.00	80,400.00	80,400.00	80,400.00	80,400.00	80,400.00	80,400.00
Amortiz. Préstamo B. Agr. I			(8,676.50)	(9,457.60)	(10,308.80)	(11,236.50)	(12,247.80)		
Amortiz. Préstamo B. Agr. II				(8,676.50)	(9,497.60)	(10,308.80)	(11,236.50)	(12,247.80)	
Amortiz. Préstamo B. Agr. III					(8,676.50)	(9,457.60)	(10,308.80)	(11,236.50)	(12,247.80)
Gastos por siembra, cosecha, man.	(11,250)	(11,250)	(22,500.00)	(22,500.00)	(22,500.00)	(22,500.00)	(22,500.00)	(22,500.00)	(22,500.00)
Gastos por canalización	(6,000)	(6,000)	(12,000.00)	(12,000.00)	(12,000.00)	(12,000.00)	(12,000.00)	(12,000.00)	(12,000.00)
Gastos por limpieza	(8,040)		(8,040.00)						
TCTAL GASTOS	(25,290)	(17,250)	(51,216.50)	(52,634.10)	(62,942.90)	(65,502.90)	(68,293.10)		
PCBLACION BENEFICIADA	6	6	12	12	12	12	12	12	12
S/LDO NETO	14,910	22,950	29,183.50	27,765.90	17,457.10	14,897.10	12,106.90		

CRONOGRAMA ECONOMICO (SISTEMA CON RIEGO TECNIFICADO)

ANO	D E F I N I T I V A								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ETAPA	I		II		II				
Producción (INTIS)	96,480.00	96,480.00	192,960.00	192,960.00	192,960.00	241,200.00	241,200.00	241,200.00	241,200.00
Amortiz. Mat. S. Riego I	(22,114.50)	(24,768.24)	(18,493.62)	(20,712.85)					
Amortiz. Mat. S. Riego II			(40,021.00)	(47,063.50)	(35,140.74)	(39,357.63)			
Amortiz. Préstamo B.Agr.I			(8,676.50)	(9,457.60)	(10,308.80)	(11,236.60)	(12,247.80)		
Amortiz. Préstamo B.Agr.II					(8,676.50)	(9,457.60)	(10,308.80)	(11,236.50)	(12,247.80)
Amortiz. Mat. S. Riego III						(21,262.00)			
Gastos por montaje S. Riego	(9,936.00)		(9,936.00)						
Gastos por montaje S. Eléct.	(5,530.00)		(13,690.00)			(5,315.00)			
Gastos por mantenimiento	(2,000.00)	(2,000.00)	(8,000.00)	(8,000.00)	(8,000.00)	(8,000.00)	(8,000.00)	(8,000.00)	(8,000.00)
Gastos por Siembra, cosecha mantenimiento	(7,500.00)	(7,500.00)	(15,000.00)	(15,000.00)	(15,000.00)	(15,000.00)	(15,000.00)	(15,000.00)	(15,000.00)
Gastos por limpieza	(8,040.00)		(8,040.00)						
Gastos por operación equipos	(16,200.00)	(16,200.00)	(32,400.00)	(32,400.00)	(32,400.00)	(32,400.00)	(32,400.00)	(32,400.00)	(32,400.00)
TOTAL GASTOS	(71,320.50)	(50,468.24)	(156,257.12)	(132,633.95)	(109,526.04)	(142,028.73)	(77,956.60)	(66,636.50)	(67,647.80)
POBLACION BENEFICIADA	6	6	12	12	12	12	12	12	12
SALDO	25,159.50	46,011.76	36,702.00	60,326.05	83,433.96	99,171.27	163,243.40	174,563.50	173,552.20
AMORTIZACION ELECTROBOMBA	(1,700.00)	(1,853.00)	(2,020.00)	(2,202.00)	(2,400.00)	--	--	--	--
UTILIDAD	23,459.50	44,158.80	34,682.00	58,124.05	81,034.00	99,171.27	163,243.40	174,563.00	173,552.20

VII

ESTIMACION DE LA VIDA PROMEDIO DE LA INSTALACION

1.00 ESTIMACION DE LA VIDA PROMEDIO POR ETAPAS

1.01 Conductores

- Los conductores eléctricos deberán tensarse de acuerdo a los resultados obtenidos por el cálculo mecánico lo cual permitira además no dañar el aislamiento, con lo que la vida media de los conductores será de 20 años. (Para el caso de aislamiento WP).

Debido a la vida media tan elevada se preveé que no habrá problemas de tener el mismo conductor para las diversas etapas de instalación.

- Similarmente, los conductores del tipo extraflexible se consideran con una vida media de 15 años, esto debido a la despolimerización del aislamiento de PVC y al manipuleo del mismo en la 2da. y 3ra. etapas.

1.02 Aisladores y sus accesorios

- Los aisladores de porcelana no presentan mayores problemas sino el de un deficiente manipuleo y transporte, por lo que se recomienda el deshechar aquellos que presenten cuarteaduras de cualquier tipo, según estadística interior, los aisladores pueden tener una vida media de 30

años, por lo que se considera que al finalizar la primera etapa, deberán desmontarse de aquellos soportes no convencionales con sumo cuidado.

- Los accesorios de fierro galvanizado deberán manipularse de tal modo que no se dañe el galvanizado, se deberán tener mucho cuidado con las roscas, en caso de que el galvanizado no permita un ajuste suave de tuercas se deberán eliminar dichos residuos con un cepillo de alambre y siempre evitando dañar el galvanizado, si persiste el problema, se deberá deshechar dichos elementos.
- Los tirafones deberán ser usados sólo una vez en el caso de instalación de portalíneas en soportes no convencionales esto debido a que la humedad interior, a lo que se une una corriente de fuga, daña irremediablemente el galvanizado al cabo de 2 años de funcionamiento, por lo que se sugiere el cambio de los elementos.
- Los portalíneas tipo bastidor, aparte de un manipuleo cuidadoso para no dañar el galvanizado, no requiere de otros cuidados una vez instalados, y pueden ser desmontados y usados en otras instalaciones.

Para el caso de accesorios de fierro galvanizado la vida media esperada según informes de ELECTROPERU es de 30 años, salvo los expresamente indicados.

1.03 Soportes

Para el caso de soportes convencionales de maderas tratadas según informes de ELECTROPERU S.A. estos soportes tienen una vida promedio de 15 años en zonas de Selva. Se deberá de utilizar aceite de creosota en el momento que se realicen agujeros para instalación de portalíneas.

Para el caso de soportes convencionales de maderas no tratadas, de acuerdo a estadísticas de la zona de Pucallpa éstos no tienen sino una vida promedio de 7 años.

Para el caso de soportes no convencionales (árboles en pie), la vida promedio del soporte no es sino de 3 años, y se deberá evitar un uso de soporte mayor de 2 años, y al momento de instalar el portalíneas se deberá señalar la distancia mínima para prever contactos fortuitos.

1.04 Equipos de Protección y Control

- Los equipos de protección deberán estar en instalaciones cubiertas de la lluvia, esto comprende las botoneras de arranque y parada, los contactores, interruptores termo magnéticos.
- Las grapas de conexión a tierra deberán ser revisadas por lo menos una vez al mes, no deben presentar signos de sulfatación.
- Los portafusibles de plomo deberán revisarse cada mes y sus conexiones deberán ajustarse, la llave cuchilla deberá protegerse de la lluvia.
- Teniendo en cuenta las indicaciones aquí expresadas se espera una vida promedio de los equipos de protección y control de 20 años.

1.05 Tuberías Plásticas

- Las tuberías plásticas tienden a despolimerizarse en un clima tan severo como la Selva; por lo que la vida promedio es de aproximadamente 18 años.

1.06 Equipos de Bombeo

- El equipo de bombeo no requiere sino una buena lubrica--

ción de los acoplamientos y chumaceras. Se deberá tener cuidado de mantener cerrada la válvula de distribución al momento del arranque.

- El motor eléctrico debe de ser principalmente protegido en las primeras y segunda etapas de instalación, en los cuales estará sometido a Estados transitorios muy severos, de acuerdo al condensador de arranque y de estado estacionario. Deben tomarse las precauciones para que las conexiones presenten una mínima resistencia de contacto.
- Tomando las precauciones correspondientes se espera una vida mínima del equipo de bombeo de 20 años.

1.07 Aspersores, válvulas y filtros

- Los aspersores requieren un mínimo de mantenimiento, tienen una vida elevada, su colocación deberá hacerse con la mano, no es conveniente apretarlos con mordazas, pinzas y alicates. Su vida promedio es de 20 años.
- Las válvulas requieren un mínimo mantenimiento y no deben ser ajustados con demasiada fuerza, su tiempo promedio de vida es de 30 años.
- Los filtros son elementos sometidos a severas condiciones y que requieren un mantenimiento adecuado, su vida promedio es de 10 años.

1.08 CUADRO RESUMEN DE VIDA PROMEDIO Y AMORTIZACION DE EQUIPOS Y MATERIALES

PAR TIDA	DESCRIPCION	VIDA PROMEDIO (AÑOS)	TIEMPO DE AMORTIZACION
1	Conductores	30	6
2	Aisladores y accs.	30	6
3	Soportes	15	6
4	Equipos de protección y control	20	10
5	Tuberías plásticas	18	4
6	Bomba centrífuga	40,000 horas	30,000 horas
7	Motor eléctrico	60,000 horas	40,000 horas
8	Aspersores, válv.	20	8
9	Filtros	10	8

1.09 Mantenimiento preventivo de la instalación

En el siguiente cuadro (No. 7-01) se dan a conocer las medidas preventivas para el mantenimiento de la instalación en óptimas condiciones.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA INSTALACION

Cuadro 7.1

PAR TIDA	DESCRIPCION	MEDIDAS PREVENTIVAS
4	Equipos de protección y control	- Debe revisarse periódicamente la condición de las conexiones para disminuir la resistencia de contacto. - Reemplazar grapas de tierra sulfatadas.
5	Tuberías plásticas	- En caso de que no se usen sino por tempora-

- das deberá hacerse circular por ellas agua limpia a la mayor presión posible para arrastrar toda la suciedad.
- 6 Bomba Centrífuga
- Mantener un perfecto estado de engrase los cojinetes.
 - Si el eje es de bronce no deben usarse el ensebado.
 - Al momento de encender el equipo, cerrar la válvula de la alimentación principal.
- 7 Motor eléctrico
- En la primera y segunda etapa se requiere una inspección a la caja de conexiones debido al uso de condensadores pueden presentarse arcos, por lo cual debe de requerirse al fabricante la mayor información acerca de los arrollamientos estáticos.
- 8 Aspersores
- Inspeccionar 3 elementos susceptibles de avería, el muelle, el martillo, el eje.
 - Entre los 5 y los 10 años, los muelles y el eje deben ser cambiados.
 - Las boquillas deben cambiarse a los 5 años.

9 Filtros

- Depende su mantenimiento del grado de limpieza de las aguas, se sugiere que la limpieza se haga una vez por semana.
- Pueden limpiarse simplemente abriendo la llave que cierra el cuerpo del filtro y dejando salir el agua a presión por ella.
- Si no es suficiente puede retirarse y colocar otro de repuesto.

2.00 EQUIPOS DE PROTECCIÓN ADICIONAL

2.01 Requerimientos de Protección Adicional

Debido al paso de corriente por tierra en la red de baja tensión se producen tensiones de contacto y paso, los cuales deben estar dentro de los valores adecuados para evitar accidentes.

Según las Normas VDE0100, en instalaciones con tensiones inferiores a los 1000V, la tensión del conductor de puesta a tierra no debe ser superior a 65V, ni la tensión de paso a 90 V.

En primer lugar hay que evitar la presencia de tensiones de defecto demasiado elevadas, y, por tanto, tensiones de contacto peligrosas.

La resistencia de Puesta a Tierra R_s en los elementos de servicio no deben ser mayor de:

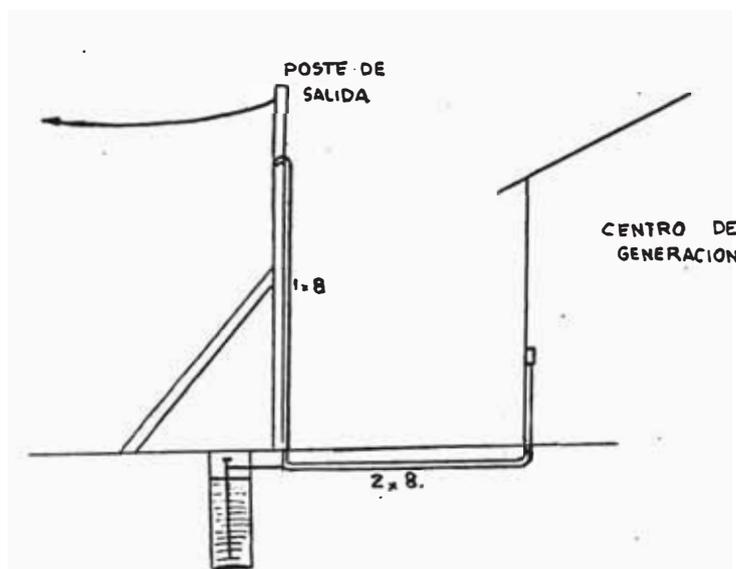
$$R_s = 65/I_A$$

donde I_A es la corriente de disparo del órgano protector de sobrecorriente, sin embargo en nuestro caso nos interesa que la corriente permanente sea la nominal del motor, por lo que debemos tener en todos los puntos de posible contacto la resistencia de puesta a tierra prevista.

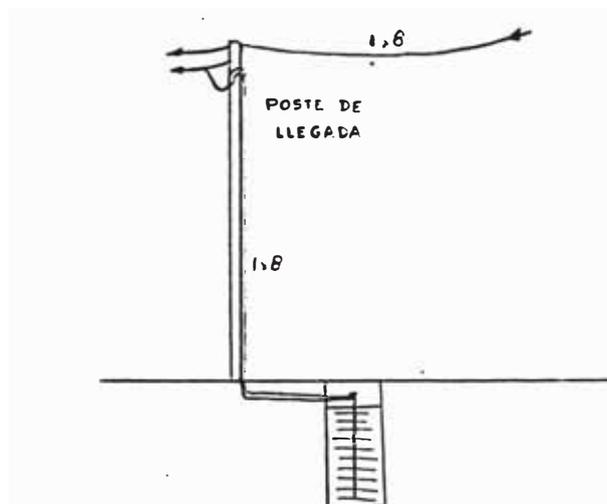
2.02 Esquemas de Conexión de la Red con Retorno por Tierra

Debido al uso de la corriente de retorno por tierra para la alimentación de un dispositivo entonces se hace necesario la esquemmatización de las distintas condiciones de funcionamiento y las posibles fallas que se presentan:

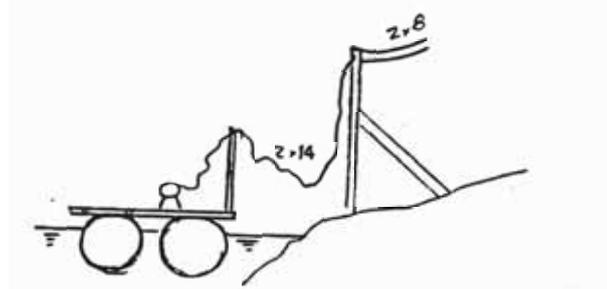
1) Salida desde el centro de generación:



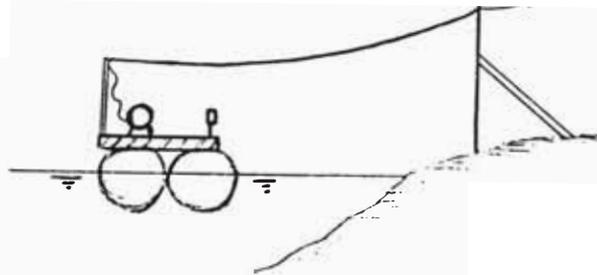
2)



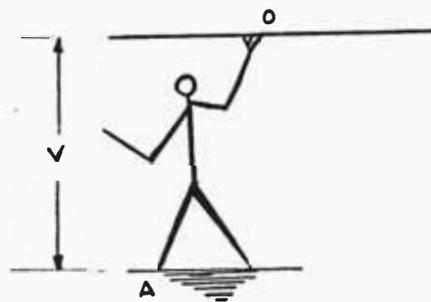
3)



4) Conexión al Sistema de Bombeo



5) Contacto Fortuito en la salida desde el Centro de Generación:



Del gráfico se deduce que la resistencia entre O y A, debe tener el mayor valor posible, ya que en condiciones extremas la resistencia del hombre es aproximadamente 1,300

para el caso en que se use un voltaje de alimentación de 440V. y siendo la resistencia de emplazamiento R_E

$$I = \frac{440}{(R_E + 1300)} \text{ y el voltaje que cae en una per}$$

sona será:

$$V_P = \frac{440 (1300)}{R_E + 1300}$$

y para que no exceda del valor límite: 50V

$$\frac{440 \times 1300}{R_E + 1300} < 50$$

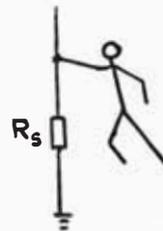
$$R_E + 1300 > \frac{440 \times 1300}{50}$$

$$R_E > \frac{440 \times 1300}{50} - 1300$$

$$R_E > 10140$$

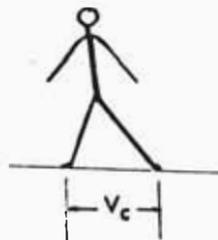
De acuerdo al resultado anterior se observa la conveniencia de entubar el conductor de subida para evitar contactos fortuitos.

Para el caso del conductor de tierra, el esquema será el siguiente:



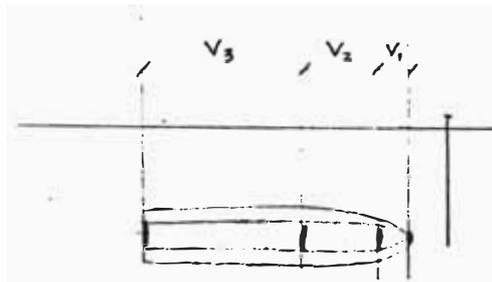
Si tomamos para R_s el valor que sea menor de 1.3 la persona estará protegida convenientemente.

6) Tensión de Paso:



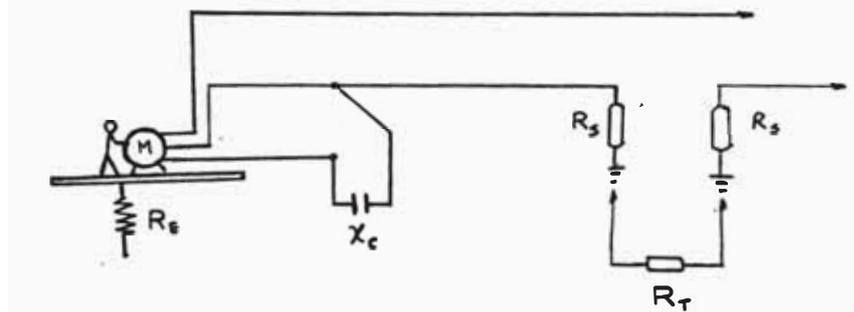
La tensión de paso varía con la distancia a las tomas de tierra, estando los valores mayores muy cerca de ellas, por lo que se sugiere el uso de plataforma cerca a las mismas.

Se deben realizar experiencias de medición de tensión de paso a distintas distancias de las tomas de tierra.



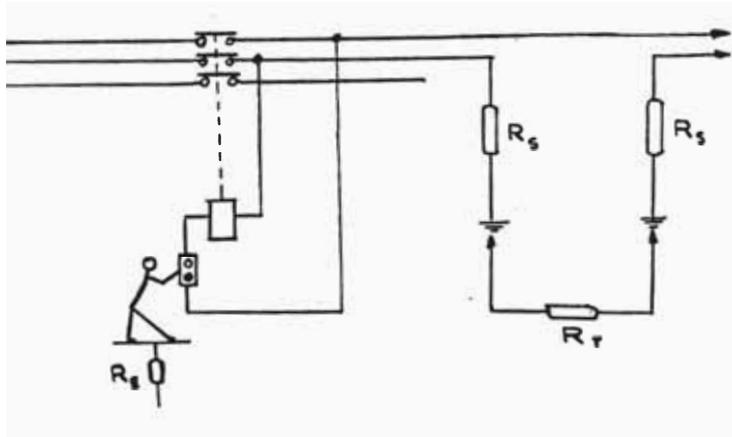
Se permiten tensiones de paso menores a 20 voltios entre 70 cm. si no se cumpliera esta condición deberá colocarse una plataforma de madera para acceder a la toma de tierra.

7) Contactos Fortuitos en la Instalación de la Electrobomba.



Se deduce la importancia de la resistencia de emplazamiento en la instalación, protegiendo así contra contactos fortuitos.

De manera similar para la botonera:



3.00 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL MISMO

3.01 Inversión de Mantenimiento

Para realizar la inversión de mantenimiento adecuada debemos revisar cuáles son los puntos críticos, los cuales requieren de un stock de repuestos adecuada.

A) Soportes de Línea

Si no se trata de soportes de madera tratada, se debe tener en cuenta el reemplazo de dichos soportes agregando así el costo de mano de obra de instalación al Mantenimiento.

B) Grapas de tierra

Las grandes corrientes de retorno por tierra en los transitorios originan a menudo la sulfatación de las grapas de conexión a tierra, aumentando así la resistencia

lo cual puede provocar grandes valores de la tensión de paso en la vecindad de los pozos de tierra, por lo que se debe considerar el reemplazo por lo menos una vez cada dos meses de las mismas.

C) Tuberías Plásticas

Las tuberías plásticas al ser manipuladas, pueden sufrir daños, por los cuales deban ser reemplazados tramos de tuberías por lo que se considerarán tubos de repuestos los cuales deben estar protegidos de la exposición lar para evitar la despolimerización.

D) Fusibles y Equipos de Protección y Control

Tanto el reemplazo de fusibles como la revisión de los equipos de protección y control se encuentran dentro de los costos de operación de la instalación.

E) Conductores

Dado el peligro que representa la rotura de conductores se sugiere el mantener en stock la cantidad de conductores suficiente para reemplazar el tramo entre el motín y la llave de cuchilla en el poste de llegada.

F) Aspersores, Válvulas, Filtros

De acuerdo a la operación y condiciones de severidad tales como la época del año en que se realiza el riego puede presentarse el caso de obstrucción de alguno de estos elementos por lo que se sugiere una revisión adecuada entre los meses de Noviembre a Mayo, así como el mantener un stock de filtros de agua, válvula de pie y gufa de los aspersores

3.02 Cronograma de Inversiones de Mantenimiento

El cronograma de requerimientos de inversiones de mantenimiento para la presente instalación y por etapas es el siguiente:

CRONOGRAMA DE INVERSIONES DE MANTENIMIENTO

<u>PARTIDA</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>ELEMENTO EN EL QUE SE INVIERTE</u>	<u>PERIODO (AÑOS)</u>	<u>ETAPA</u>
A	Soportes de líneas	- Renovación de soportes	2	I
		- Reemplazo de soportes dañados.	4	II y III
B	Grapas de tierra	- Grapas de tierra	½	I y II
C	Tuberías plásticas	- Tubos plásticos 1"Ø PVC	1	I, II y III
D	Fusibles y Eq. de protección	- Fusibles	N.D.	I, II y III
		- Eq. de protección	N.D.	i, II y III
E	Conductores	- Conductor extraflexible	2	I
		- Conductor WP	2	I y III
F	Aspersores, válvulas y filtros	- Filtros	1	I, II y III
		- Aspersores	10	III
		- Válvulas de succión	3	I, II y III
		- Válvulas de control	4	II y III

COSTOS ANUALES DE MANTENIMIENTO (10 AÑOS)

DESCRIPCION	UNID.	P. UNITARIO	COSIO TOTAL	UTILIZADO EN
1. Poste de madera tratada 6.8m. C8 GD	4	460	1,840	A
2. Grapas de bronce para conexión a varilla 5/8"	8	30	240	B
3. Tubería 1" Ø PVC - Clase 10 - 5m. largo	32	95	3,040	C
4. Accesorios PVC-codos, tees, reducciones, uniones	50	80	4,000	C
5. Plataforma de inspección de pozo tierra	4	80	320	B
6. Soportes portátiles de tuberías	6	80	480	C
7. Fusibles de 30A.	7	25	175	D
8. Contactor para arrancador	2	720	1,440	D
9. Conductor NLT 2 x 14 AWG	20	20	400	E
10. Conductor WP #8 AWG	30	18	540	E
11. Aspersores	10	620	6,200	F
12. Válvulas compuerta 1" Ø	4	165	660	F
13. Rod e de bomba	1	1,300	1,300	F
14. Sellos, acoples	2 jgos.		2,300	F
15. Filtros de agua	3	875	2,625	F
16. Plataforma flotante	1	1,240	1,240	F
17. Mano de obra de inspección			13,400	Todas
		TOTAL	40,200	

*INCLUYEN MANO DE OBRA DE INSTALACION

PRORRATEADO PARA 10 AÑOS : I/.4,000 APROX.

VIII

COMPARACION CON EL USO DE MOTOBOMBAS

Debemos tomar en cuenta que se ha considerado que las ciudades piloto de la colonización de este sector utilizarán para el suministro de Energía, centrales eléctricas con grupos electrógenos con combustible a base de gasógenos, los cuales han probado su economía y funcionalidad en localidades tales como Campoverde y Bologne si por lo que la Economía propiamente se da en la comparación de costo de combustible, costo de lubricación y mantenimiento en caso de que existan,

Se dan también los siguientes valores: 17.50 intis por galón de gasolina, 60.00 intis el galón de aceite lubricante.

El poder calorífico de los combustibles en base a gasógeno no se considera 90% de la gasolina y el costo por galón 80% del mismo, entonces:

Eficiencia del Sistema Grupo-Línea-Electrobomba:

- Eficiencia del Grupo	0.35
- Eficiencia de la línea	0.95
- Eficiencia de la electrobomba	0.85
- Eficiencia del motor 3Ø en conexión 1 Ø	<u>0.70</u>
	0.198

Eficiencia del Sistema Moto-Bomba

- Eficiencia del motor a gasolina	0.35
- Eficiencia mecánica	<u>0.65</u>
	0.2275

Se sabe además que el calor de combustión inferior en MJ/Kg. es de 44 para la gasolina.

La densidad relativa de los respectivos combustibles son:

- Gasolina	0.75
- Gasógenos	0.62

Por lo tanto podemos establecer la siguiente comparación:

Para diversas potencias:

<u>Potencia (HP)</u>	<u>Potencia (K J/seg)</u>	<u>8Hs/día</u> <u>T. Funcionamiento (Sq)</u>
0.75	0.560	28,800
1.00	0.746	28,800
1.50	1.12	28,800
2.00	1.492	28,800
2.40	1.79	28,800
3.00	2.24	28,800
3.60	2.686	28,800
4.00	2.984	28,800
4.80	3.581	28,800
5.60	4.178	28,800
6.50	4.85	28,800
7.80	5.819	28,800
8.50	6.341	28,800
10.00	7.46	28,800

De donde:

<u>Potencia (HP)</u>	<u>Trabajo Total (KJ)</u>	<u>N - 0.2275 Trabajo Neto (KJ)</u>
0.75	16,128	70,892
1.00	24,485	94,440
1.50	32,256	141,785
2.00	42,970	133,879
2.40	51,552	226,602
3.00	64,512	283,569
3.60	77,356	340,026
4.00	85,939	877,754
4.80	103,132	453,327
5.60	120,326	528,906
6.50	139,680	618,978
7.80	167,587	736,646
8.50	182,621	802,729
10.00	214,848	944,386

Con n = 0.198

<u>Potencia (HP)</u>	<u>Trabajo Total (KJ)</u>	<u>Trabajo Neto (KJ)</u>
0.75	16,128	81,454
1.00	21,485	108,510
1.50	32,256	162,910
2.00	42,970	217,020
2.40	51,552	260,364
3.00	64,512	325,819
3.60	77,356	390,687
4.00	85,939	434,035
4.80	103,132	520,869
5.60	120,326	607,707
6.50	139,680	705,454
7.80	167,587	846,399
8.50	182,621	922,328
10.00	214,848	1'085,091

Tomando en cuenta que el Poder calorífico de la gasolina es de 44 MJ/Kg. con una densidad de 0.75 y para el gasógeno, 39.6 MJ/Kg con una densidad de 0.62

Consumo:

<u>Potencia (HP)</u>	<u>Consumo Gasolina (Galones/día)</u>	<u>Consumo Combustib. No Convencionales (Galones/día)</u>
0.75	0.57	0.877
1.00	0.75	1.169
1.50	1.137	1.755
2.00	1.514	2.33
2.40	1.816	2.805
3.00	2.27	3.51
3.60	2.726	4.209
4.00	3.028	4.676
4.80	3.637	5.61
5.60	4.24	6.548
6.50	4.922	7.60
7.80	5.905	9.12
8.50	6.435	9.938
10.00	7.57	11.69

Lo cual nos da una idea del orden en el que el sistema de retorno por tierra da una economía de instalación en sí, sin considerar la mano de obra de mantenimiento; y vemos que hasta una potencia de 4.8 HP ambos sistemas requieren económicamente los mismos gastos.

Debemos tomar en cuenta los costos de mano de obra de operación y mantenimiento.

COSTOS REFERENCIALES

<u>POTENCIA (HP)</u>	<u>COSTO DIARIO (I/.)</u> <u>SIST. MOTO-BOMBA (X)</u>	<u>COSTO DIARIO</u> <u>SIST. NO CONVENCIONAL</u>
0.75	9.975	12.28
1.00	13.12	16.36
1.50	19.90	24.57
2.00	26.49	32.62
2.40	31.78	39.27
3.00	39.72	49.14
3.60	47.70	58.92
4.00	53.00	65.46
4.80	63.64	78.54
5.60	74.20	91.67
6.50	86.13	106.4
7.80	103.25	127.68
8.50	112.60	139.13
10.00	132.47	163.66

Se ha visto anteriormente que para el caso de la comparación entre equipos de 6.6HP, la electrobomba presenta un costo más bajo siendo aplicable al presente estudio, ahora veamos el caso de una gama de potencias, asumiendo además que el tiempo de vida de la motobomba es 2.5 veces menor que para la Electrobomba, los gastos de Mantenimiento y operación están basados en el cuadro No. y no se considera el costo de la línea dándose ésta opción como línea menor en costo a la diferencia, con respecto a motobombas y también un costo máximo de condensadores.

ELECTROBOMBAS

POTENCIA	<u> </u>	COSTO ARRANCADOR	COSTO CONDENS.	COSTO MANT. Y OP.	TOTAL (10 AÑOS)
0.75	1,800	350	820	87,300	90,270
1.00	1,800	350	820	99,540	102,510
1.50	1,800	350	820	124,170	127,140
2.00	2,500	500	820	148,320	152,140
2.40	2,800	500	820	168,270	172,090
3.00	3,000	500	820	197,880	202,200
3.60	3,500	1,800	820	227,220	233,340
4.00	4,200	1,800	820	245,840	253,660
4.80	5,000	1,800	820	286,080	293,700
5.60	5,700	1,800	820	325,470	333,790
6.50	6,500	2,500	820	369,660	379,480
7.80	7,200	2,500	820	433,500	443,282
8.50	8,500	2,500	820	457,850	479,670
10.00	9,800	3,200	820	541,440	555,260

COSTOS TOTALES COMBUSTIBLE + MANTENIMIENTO

POTENCIA (HP)	COSTO DIARIO <u>SIST.MOTO-BOMBA</u>	COSTO DIARIO SIST. NO CONVENCIONAL
0.75	45.347	29.1
1.00	46.992	33.18
1.50	64.90	41.39
2.00	71.49	49.44
2.40	76.78	56.09
3.00	84.72	65.96
3.60	92.70	75.74
4.00	99.70	82.28
4.80	110.44	95.36
5.60	120.90	108.49
6.50	135.00	123.22
7.80	152.12	144.50
8.50	161.47	155.95
10.00	181.34	180.48

Para el caso de las Motobombas.

MOTOBOMBAS

POTENCIA	UNIDAD	MANT. Y OPER.	<u>TOTAL</u>	EQUIPO ELECTROBOMBA	DIFE- RENCIA
0.75	-	163,224		90,270	
1.00		176,371		102,510	
1.50	18,000	233,640	251,640	127,140	124,500
2.00	18,000	257,364	275,364	152,143	123,224
2.40	18,000	276,408	294,408	172,090	122,318
3.00	20,000	304,992	324,992	202,200	122,792
3.60	20,000	333,720	353,720	233,340	120,380
4.00	20,000	358,920	378,920	253,660	125,260
4.80	22,000	397,584	419,584	293,700	125,884
5.60	25,000	435,240	460,240	333,790	126,450
6.50	25,000	486,000	511,000	379,480	131,520
7.80	32,000	547,632	579,632	443,282	136,350
8.50	35,000	581,292	616,292	479,670	136,622
10.00	38,000	652,824	690,824	555,260	135,564

El cuadro nos presenta un panorama de gran rentabilidad y la gran ventaja del grupo electrobomba en relación a las motobombas en el rango de potencias utilizable.

COSTOS COMPARATIVOS ANUALES
(Referencia Cuadro # 7)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
1. SISTEMA DE ELECTROBOMBA CON SISTEMA DE ALIMENTACION ELECTRICA NO CONVENCIONAL										
Amortiz. Mat. El. I	2,666.0	2,966.0	2,229.00	2,497.00		14,756.00				10,978.00
Amortiz. Mat. El. II			15,754.63	17,645.17	13,175.13	21,262.00				61,331.10
Amortiz. Mat. El. III						5,315.00				21,262.00
Gastos por montaje	5,530.0		13,690.00			44,359.20		44,359.20	44,359.20	24,535.00
Gastos por Mant. y Op.	22,179.6	22,179.6	44,359.20	44,359.20	44,359.20	44,359.20	44,359.2	44,359.20	44,359.20	354,873.00
Gastos por Amorti. Flect.	1,700	1,853	2,020.00	2,202.00	2,400.00					10,175.00
TOTAL										483,154.70
2. SISTEMA C/MOTOBOMBA										
Amortiz. Mat. Flot.	118	203	228	255	285	320	358.0	401	449	2,617.00
Gastos Mant. y Op.	48,600	48,600	48,600	48,600	48,600	48,600	48,600.0	48,600	48,600	437,400.00
* Amortiz. motobomba I	8,000	8,960	10,035							26,995.00
* Amortiz. Motobomba II				11,239	12,588	14,098				37,925.00
* Amortiz. Motobomba III							15,790.6	17,790.6	19,807	53,282.60
TOTAL										558,219.60

AHORRO: 75,064.9

* GASTOS CORRESPONDIENTES A REPARACION, PIEZAS DE REPUESTO, MANO DE OBRA ESPECIALIZADA

IX CONCLUSIONES

Las siguientes son las conclusiones de acuerdo a lo estudiado en los capítulos correspondientes:

- La Instalación de un sistema de riego, por etapas, permite que el costo inicial de la misma no sea excesivo, ya que según se ha visto los primeros años la producción no permite un flujo elevado de gastos.
- La instalación eléctrica con retorno por tierra es factible de aplicar en el presente caso, debiendo utilizarse preferentemente una tensión de 220 voltios, para alimentar electrobombas hasta un máximo de 10 HP. (en general no se deberá superar una corriente de 28 amperios)
- Al utilizarse una alimentación eléctrica con retorno por tierra, con líneas de 1 sólo conductor, nos da un ahorro por metro lineal, de aproximadamente I/.34.00, con respecto a la línea de 3 conductores.
- La distancia máxima para aplicar este sistema, se limita a 450 m. en el caso de mantener una caída de tensión máxima de 5%. Sin embargo, si el factor de pérdidas lo permite, como en el presente caso, se puede obtener una caída mayor.
- Al utilizarse el sistema de obtención de campo giratorio con condensadores a partir de corriente monofásica, siempre deberá tenerse en cuenta que para el arranque es necesario un valor de impedancia capacitiva diferente que para el estado estable.
- La pérdida de potencia en el motor eléctrico de inducción, 3 \emptyset , con alimentación 1 \emptyset se manifiesta en el torque, por lo que la altura que alcanza la bomba se reduce en la misma proporción. Con un convenien

te arranque es posible llegar hasta un 70% del valor de potencia para alimentación trifásica.

- Los puntos de conexión a tierra no deben ser accesibles al personal por lo que deberán protegerse alrededor de 1 m. de él utilizando plataformas de madera.
- El cálculo de pérdidas en el sistema de riego debe realizarse en la operación con un brazo en el punto más alejado y el otro en el menos con el fin de no incrementar innecesariamente las pérdidas.
- Para el rango de potencias desde 0.75 hasta 10 HP se hace económicamente factible el uso de este sistema.
- La estación flotante permite el alternar y mejorar la distribución de agua en una región de 13.4 Ha. para el caso de una electrobomba de 6.5 HP.
- Para el caso de usarse voltajes mayores, deberán tomarse en cuenta valores de más de 2,300 voltios con el fin de transmitir a distancia considerables, siendo más conveniente su uso en terrenos muy accidentados.
- Por lo visto en el acápite anterior se prevé que un estudio más profundo podría determinar la economía del sistema en aplicación a terrenos mucho más accidentados como es el caso de la sierra.
- La aplicación del sistema es dependiente del costo de KW-Hr. en la región, por lo que se hace necesario el establecimiento de dicho patrón, para realizar el estudio económico.
- También los valores de los condensadores deben ser hallados a partir de parámetros proporcionados por fabricantes, esto da lugar a que los datos sean confiables con cierto margen de error. Siempre se hacen mediciones de laboratorios previas al Estudio.

BIBLIOGRAFIA

1. R. Caldecott and D.G. Kasten Scale Model Studies of Station Grounding Grids.
IEEE Transaction On Power Apparatus And Systems, Volume Pas-102, March 1983.
2. Dawes, CH. L. Electricidad Industrial II, Ed. Reverte 2a. Ed., 1958, Capítulos 4 y 8.
3. Evaluación de Recursos Naturales en la Cuenca del Río Pachitea Ministerio de Agricultura.
4. Gomez Pompa, Pedro, Riegos a Presión, Aspersión y Goteo. Biblioteca Agrícola AEDOS 2da. Ed. 1979.
5. Habberman, R. "Single Phase Operation Of Three Phase Induction Motor With a Single Phase Converter", Trans. AIEE-PAS 1954, P.833
6. Hicks, Tyler G. Bombas, Su Selección y Aplicación, Edt. Continental, Partes 2 y 3.
7. J D'AT De Saint Foule, El riego por aspersión Editores Técnicos Asociados, S.A. 3ra. Ed. , 1975.
8. Kryes zig, Erwin, Matemáticas Avanzadas para Ingeniería, Editorial Limusa, 3ra. Edición, 1976, Capítulo 18, Análisis Numérico.
9. A.P. Meliopoulos, M.G. Moharam.
Transient Analysis of Grounding Systems.
IEEE, Power Apparatus and Systems, Volume Pas-102, February 1983.

10. Murthy S.S., Berg. G.J; Sirgh, B.; Jha,e.s
Transient Analysis of a Three Phase Induction Motor with Single
Phase Supply.
IEEE, Transactions on Power Apparatus and Systems, January 1983
P.23.
11. Normas VDE 0100 De Protección Eléctrica
Ed. Marcombo, 1976.
- 12 Otero Huerta, Enrique: Copias del Curso sobre Corrosión y Protec-
ción de materiales metálicos
Tema 26, Protección Catódica (Panthers, Volumen II)
Tema 16, Fenómenos de Corrosión en materiales metálicos enterra-
dos
(Parte B. Volumen I)
13. Reitz, John - Milford, Frederick, Fundamentos de la teoría Elec-
tromagnética, 2da. Ed. 1981, Capítulo 7, corriente eléctrica.