ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Sistema de Drenaje de Bananera San José en Casos de Contingencia"

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

Juan Carlos Roggiero Avilés

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2005

AGRADECIMIENTO

A Dios, al Ing. Fabricio Correa D., a la Ing. Marcela Minchala, a todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ing. Ignacio Wiesner F., Director de Tesis, por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

MIS PADRES

MIS HERMANOS

TIA NELLY

MI FAMILIA

SUSY

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Ernesto Martinez L.
DELEGADO POR EL DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ignacio Wiesner F.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Mario Patiño A.
VOCAL

ESPOL
1958
ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"
F.I.M.C.P.

ESPOL
1958
ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA "GONZALO ZALLOS"
F.I.M.C.P.

DECLARACION EXPRESA

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

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Juan Carlos Roggiero Avilés

RESUMEN

En la presente tesis se describe uno de los problemas con los que tienen que tratar los agricultores de la costa cada vez que entramos a la temporada invernal y tienen que soportar lluvias de consideración que inundan las plantaciones, con el inminente peligro de perder las mismas. El tipo de bomba que puede cumplir el cometido de desalojo del exceso de agua son las de tipo de flujo axial y se adaptan a cualquier plan de contingencia.

La solución elegida es un equipo de bombeo que está diseñado para una instalación rápida con la posibilidad de empezar a trabajar inmediatamente.

La aplicación del presente caso se trata de pequeñas plantaciones y la elección de la bomba utilizada que cumpla con las condiciones de capacidad requeridas y el ensamblado de la misma en un sistema de transporte que no requiere de una instalación especial y funciona inmediatamente al llegar al sitio inundado.

Se hacen pruebas en el campo y luego se evalúan los resultados con relación a la capacidad de bombeo y a los costos.

INDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN.....II

INDICE GENERAL.....III

INDICE DE FIGURAS..... ….V

INDICE DE TABLAS..... VII

INDICE DE PLANOS..... VIII

INTRODUCCION.....1

CAPITULO 1

1. DEFINICION DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes…….....4

1.2 Sistemas de drenaje con sistema de canales……..14

1.3 Efectos negativos en la plantación por exceso de agua……...18

1.4 Requerimientos para plan de contingencia……..31

1.5 Equipo mecánico existente…….37

CAPITULO 2

2. SOLUCION IMPLANTADA

2.1 Bombas de flujo axial……45

2.2 Montaje de bomba en transporte: Sistema

"Listo para Usar"……...52

2.3 Selección del tamaño de la bomba requerida ……57

2.4 Pruebas en campo……..69

CAPITULO 3

3. EVALUACION DE RESULTADOS

3.1 Con relación a la capacidad de bombeo……76

3.2 Con relación a los costos……78

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Con relación a la capacidad de bombeo……81

4.2 Con relación a los costos……..81

APENDICES

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE FIGURAS

Pag.

Figura 1.1 Entrada a la Hacienda San José..... 9
Figura 1.2 Ubicación geográfica de la Hacienda San José..... 10
Figura 1.3 Cultivo de banano..... 11
Figura 1.4 Estero Mojahuevo, drenaje principal..... 11
Figura 1.5 Colector principal.....16
Figura 1.6 Drenajes secundarios..... 17
Figura 1.7 Drenajes terciarios..... 17
Figura 1.8 Colector principal lleno, tabla de agua en nivel crítico.. 19
Figura 1.9 Area de bananera afectada por exceso de agua.....19
Figura 1.10 Profundidad de los niveles freáticos de las tres condiciones evaluadas vs precipitación semanal..... 24
Figura 1.11 Peso fresco de raíces funcionales según la profundidad del suelo..... .. 25
Figura 1.12 Efecto de las condiciones del nivel freático sobre la altura y diámetro de la planta..... 27
Figura 1.13 Peso del racimo y profundidad nivel freático.....28
Figura 1.14 Número promedio de manos por racimo y profundidad del nivel freático.....29
Figura 1.15 Longitud de los dedos superior, medio e inferior para diferentes condiciones de drenaje.....29
Figura 1.16 Tractor agrícola Massey Ferguson.....33
Figura 1.17 Puente sobre el estero Mojahuevo.....34
Figura 1.18 Distancias y dimensiones requeridas para pruebas de caudal.....38
Figura 2.1 Bomba centrifuga.....47
Figura 2.2 Perfiles aproximados de los impulsores y variaciones de la eficiencia con la velocidad especifica y de la velocidad especifica.....49
Figura 2.3 Curva de rendimiento de bomba centrifuga de 12 pulgadas.....50
Figura 2.4 Curvas de rendimiento de bombas axiales Aplitec de 10 y 14 pulgadas.....51
Figura 2.5 Chasis para equipo de bombeo portátil.....54
Figura 2.6 Esquema del equipo de bombeo montado en el chasis.....55

Figura 2.7 Equipo de bombeo en remolque.....56
Figura 2.8 Vista del equipo de bombeo sin motor en el chasis.....56
Figura 2.9 Vista del equipo de bombeo completo montado en el chasis.....57
Figura 2.10 Bomba axial Aplitec.....59
Figura 2.11 Curvas bomba axial de 16 pulgadas..... 60
Figura 2.12 Diagrama del equipo instalado en el canal..... 61
Figura 2.13 Curvas del motor VM3105..... 65
Figura 2.14 Abreviaturas para cálculo de poleas..... 65
Figura 2.15 Disposición de poleas en nuestro equipo de bombeo..66
Figura 2.16 Variables para cálculo de Cmin.....66
Figura 2.17 Equipo de bombeo operando.....71
Figura 2.18 Racimo pequeño afectado por exceso de agua.....74
Figura 2.19 Racimo bien desarrollado.....74

INDICE DE TABLAS

Pag.

Tabla 1	Producción promedio en cajas por hectárea por mes, años 98 y 99	12
Tabla 2	Días promedio para la parición, peso promedio	28
Tabla 3	Características de equipos de bombeo existentes	37
Tabla 4	Comparación del tiempo de drenaje en horas	78
Tabla 5	Producción promedio en cajas por hectárea por mes, años 98, 99 y 2000	79

INDICE DE PLANOS

Plano 1 Vigas para chasis
Plano 2 Elementos del tiro del chasis

DECLARACION EXPRESA

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

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Juan Carlos Roggiero Avilés

INTRODUCCION

El Ecuador, en casi toda su extensión aunque en diferentes proporciones, cuenta con abundantes recursos hídricos. El principal son las lluvias. Un cinturón de baja presión que genera la disminución de la densidad atmosférica por calentamiento, favorece la circulación de vientos cargados de humedad que producen nubosidad y lluvias de gran duración entre octubre y marzo.

En la Costa la estación lluviosa corresponde de enero a mayo y la seca el resto del año. Así mismo, de diciembre a mayo los cambios cíclicos provocados por la corriente cálida de El Niño generan evaporaciones que, condensadas, se precipitan en la Costa y las estribaciones de la cordillera.

En esta época lluviosa, los agricultores aprovechan para realizar todo tipo de siembras de productos de ciclo corto y también se benefician otros cultivos, como el banano, ya que esto significa una cantidad importante de agua que permite parar el bombeo y por consiguiente obtener un ahorro importante en el uso de combustible para esta labor. Para el correcto aprovechamiento del agua lluvia es necesario poseer una buena infraestructura de drenajes que

CAPITULO 1

1. DEFINICION DEL PROBLEMA

Contingencia. f. Posibilidad de que una cosa suceda o no suceda./ Cosa que puede suceder o no suceder./ Riesgo. (Diccionario Aristos de la Lengua Española)

De acuerdo a la definición conceptual mencionada, una contingencia podría presentarse, y siempre existe ese riesgo en la época de lluvia, cuando durante o después de una precipitación fuerte no se evacua rápidamente el exceso de agua en la plantación bananera, lo que produciría una serie de efectos negativos en la planta y que harán que la fruta no sea apta para la exportación.

Se trata de estar preparados para la emergencia (por ej.: el fenómeno de “El Niño” o las precipitaciones fuertes), cuando la cantidad de agua supere la capacidad de los canales y se necesite de los artefactos más adecuados para acelerar el desalojo.

CAPITULO 2

2. SOLUCION IMPLANTADA

2.1 Bombas de flujo axial

Se utiliza el término bomba para la máquina que añade energía al fluido: la máquina que extrae energía, se llama turbina. El prefijo turbo es una palabra latina que significa “giro” o “rotación”, indicando que las turbomáquinas giran de algún modo.

Bomba es una máquina que absorbe energía mecánica y restituye al líquido que la atraviesa energía hidráulica. Las bombas se emplean para impulsar toda clase de líquidos.

Una bomba axial, o de hélice, es la más eficiente a altas velocidades especificas, que proporciona un caudal alto y una altura manométrica baja. Los primeros camaroneros y algunas agroindustrias (ingenios y bananeras) las importaron. Pero su apariencia sencilla hizo que los artesanos ecuatorianos

CAPITULO 3

3. EVALUACION DE RESULTADOS

3.1 Con relación a la capacidad de bombeo

El principal problema era que, generalmente, cuando se presentaba la emergencia, ya había condiciones que nos exigían una acción rápida, porque para realizar drenajes de emergencia se requerían equipos que puedan desalojar gran cantidad de agua en el menor tiempo posible.

Estos equipos son generalmente de gran tamaño y su manejo es laborioso, tomando demasiado tiempo el traslado de componentes y su armado, por lo que se prefería en algunas ocasiones el uso de varios equipos pequeños, elevando el costo y principalmente demorando el trabajo.

Con la elección del equipo de bombeo portátil logramos resolver el problema de la capacidad porque la bomba utilizada es de

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

1. Uno de los principales logros obtenidos fue el de aumentar la producción en un 19,36% y 16,43% en comparación con los años anteriores.

2. Con la instalación del nuevo equipo, disminuyó el tiempo de bombeo en un 23,01%, de 29,77 horas a 22,92 horas.

3. Se vieron los resultados en el campo con la cosecha de racimos más grandes por la mejor oxigenación y desarrollo de las raíces .

4.2 Recomendaciones

1. Realizar una evaluación y reparación de los equipos existentes, tanto los motores como las bombas y accesorios.

permitan evacuar el agua rápidamente, de lo contrario se producirán inundaciones causando grandes pérdidas económicas.

Es necesario mantener estaciones de bombeo para drenar los excesos, ya sean éstos ocasionados por las lluvias o por la acumulación del riego en los canales de drenaje.

Estas estaciones de bombeo pueden resultar de poca capacidad para evacuar prontamente el exceso de agua luego de una precipitación fuerte, la misma que después de pocas horas, en caso de no evacuarse, causaría daños irreversibles en la constitución y en la sustentación de las plantas de banano en riesgo. Además, si la infraestructura motriz utilizada para su riego normal, es también usada para el drenaje cuando la emergencia se hace presente, se producirían serios inconvenientes en la solución del problema.

El presente trabajo está orientado a relievar la bondad de lo que a mi criterio constituye una sencilla y oportuna solución de bombeo emergente, rápido y económico de imperiosa necesidad en una plantación bananera, cuando el exceso de acumulación hídrica así lo amerita.

Luego del período de lluvias, en la plantación bananera se han producido bajas en la producción de cajas debido a los daños ocasionados por la insuficiente capacidad de bombeo de los equipos existentes, con los que no ha sido posible desalojar a tiempo el exceso de agua.

1.1 Antecedentes

Ecuador entró en el mercado bananero en 1910. Sin embargo, el país no llegó a ser un exportador importante hasta después de la Segunda Guerra Mundial, momento en el que recurrió al banano para cubrir el vacío dejado por el desplome, en 1920, de la industria del cacao.

El gran auge comenzó en 1948, cuando el entonces presidente Galo Plaza inició un programa para impulsar el desarrollo de la industria bananera que incluía la concesión de créditos públicos a la agricultura, la construcción de puertos y de una autopista costera, regulación de precios y ayudas para el control de enfermedades.

Ecuador se transformó para 1952 en el mayor exportador mundial de bananos. Para 1964, el 25 por ciento de los bananos producidos a escala mundial procedían de Ecuador, es decir, su producción superaba la producción conjunta de todos los países bananeros de

América Central. Debido a la expansión del mercado productor internacional, sobre todo en América Central, nuestro país perdió el lugar de privilegio que había mantenido por algunos años y no fue sino hasta mediados de los setenta que hubo nuevamente una recuperación y estabilidad, ya que por problemas climáticos y de enfermedades en otros países, las grandes compañías internacionales volvieron a hacer de Ecuador uno de sus principales abastecedores.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería tiene registradas como tierras productoras de banano aproximadamente 147.909 hectáreas. Aproximadamente el 99 por ciento de las tierras bananeras de Ecuador se concentra en tres provincias de las tierras bajas de la costa del Pacífico: El Oro, Guayas, y Los Ríos, en las que el clima húmedo, tropical, combinado con la riqueza del suelo, las hace ideales para este cultivo.

Las tres provincias abarcan unos 32.790 kilómetros cuadrados el 12 por ciento del territorio de Ecuador aproximadamente.

El fenómeno de El Niño.- Este fenómeno climatológico está caracterizado por lluvias que precipitan volúmenes récord de agua sobre el Litoral ecuatoriano. Esta situación crea inundaciones por el desbordamiento de los ríos, excesiva humedad y, consecuentemente,

la presencia de enfermedades patógenas en las musáceas, como es el caso del florecimiento de los hongos y otras plagas que por simple deterioro físico destruyen los sembríos.

El Niño, al igual que otros fenómenos naturales, es un verdadero depredador cíclico, que por sus históricos, se puede calcular cuando se va a producir nuevamente pero lo que la ciencia todavía no esta en condiciones de determinar es, cuan fuerte o severo va a ser. Según un estudio realizado por la Organización Panamericana de la Salud y el Ministerio de Salud Pública de Ecuador, en el país, a lo largo del siglo veinte se han producido numerosos fenómenos “El Niño” con efectos negativos. Los más severos en orden de magnitud descendente han sido: 1982-1983, 1957-1958 y 1972-1973.

El Niño 1982-1983 destruyó porcentajes altísimos del sector agrícola pecuario de la costa ecuatoriana, que para efectos de nuestra economía, significan aproximadamente el 80% de nuestra riqueza exportable en la costa y las regiones o áreas de influencia ubicadas en los sectores sub andinos de nuestro país, esencialmente las provincias afectadas por la cuenca del río Guayas.

Los daños en el período 1982-1983 ascendieron a US $ 650 millones con importantes pérdidas localizadas en los sectores productivos

(63%), infraestructura física (33 %) y los sectores sociales (4 %). El Niño 1982-1983 transformó en islas, en muchos sectores de nuestra costa, a las carreteras estables de la misma, fue tan brutal la repentina precipitación lluviosa que afectó a esta región, que literalmente cubrió de agua plantaciones importantísimas de nuestra agricultura, entre las que podemos mencionar principalmente bananeras, mangales, arrozales y muchas otras variedades identificadas con arbustos y árboles menores que fueron cubiertos íntegramente por la inundación; y que decir de las ganaderías y animales domésticos que por lo repentino del fenómeno natural, resultó imposible ponerlas a buen recaudo.

De acuerdo a los datos publicados por la CEPAL, el monto total de daños causados por el fenómeno de El Niño para 1997-1998 fue de US $2.869,3 millones de los cuales US $ 783,2 millones (27%) corresponden a daños directos y US $2.086,1 millones (73%) a daños indirectos.

Los efectos superaron en casi cuatro veces los daños causados en 1982-1983 (US $650 millones). Los daños a los sectores productivos: agropecuario y pesca; Industria, comercio y turismo alcanzaron US $ 1.515,7 millones (52,8%); en infraestructura física: agua,

alcantarillado, energía y electricidad; transporte y telecomunicaciones e infraestructura urbana totalizaron US $830,3 millones, (28,9%); a los sectores sociales: vivienda, salud, educación sumaron US $192,2 millones (6,7%) y, los gastos de emergencia prevención y mitigación llegaron a US $331,1 millones de dólares (11,5 %).

En el año 2002, en los cuatro primeros meses, el fenómeno de El Niño no se había producido, sin embargo, las fuertes lluvias habían dejado una pérdida de 100 millones de dólares.

El Ministerio de Agricultura de Ecuador calculó en más de 60.000 las hectáreas de cultivos anegadas por los temporales y daños en las vías de la Costa que impedían sacar la producción a los centros de consumo o embarque. Los aguaceros habían destruido hasta mayo del 2002 23.280 hectáreas de arroz y 6.611 de maíz.

Hacienda San José.- Se encuentra ubicada a la altura del kilómetro 27,5 de la vía Guayaquil-Durán-El Tambo, zona que pertenece a la cuenca baja del río Guayas. La propiedad se divide en tres sectores con cultivo de banano: el sector A tiene 24,06 hectáreas, el sector B con 23,71 hectáreas y el sector C con 13,27 hectáreas, totalizando 61,04 Ha (Figura 1.2). Los sectores A y C se encuentran tecnificados

con riego subfoliar y el sector B tiene riego móvil, abastecidos por 3 pozos de 45 metros (m) de profundidad aproximadamente.

El estero Mojahuevo atraviesa la propiedad y sirve de drenaje principal de la misma. Todas las aguas de los colectores principales, secundarios y terciarios son conducidas hacia el mencionado estero para su evacuación final, por medio de estaciones de bombeo instaladas en los sectores A, B y C.

FIGURA 1.1 ENTRADA A LA HACIENDA SAN JOSÉ

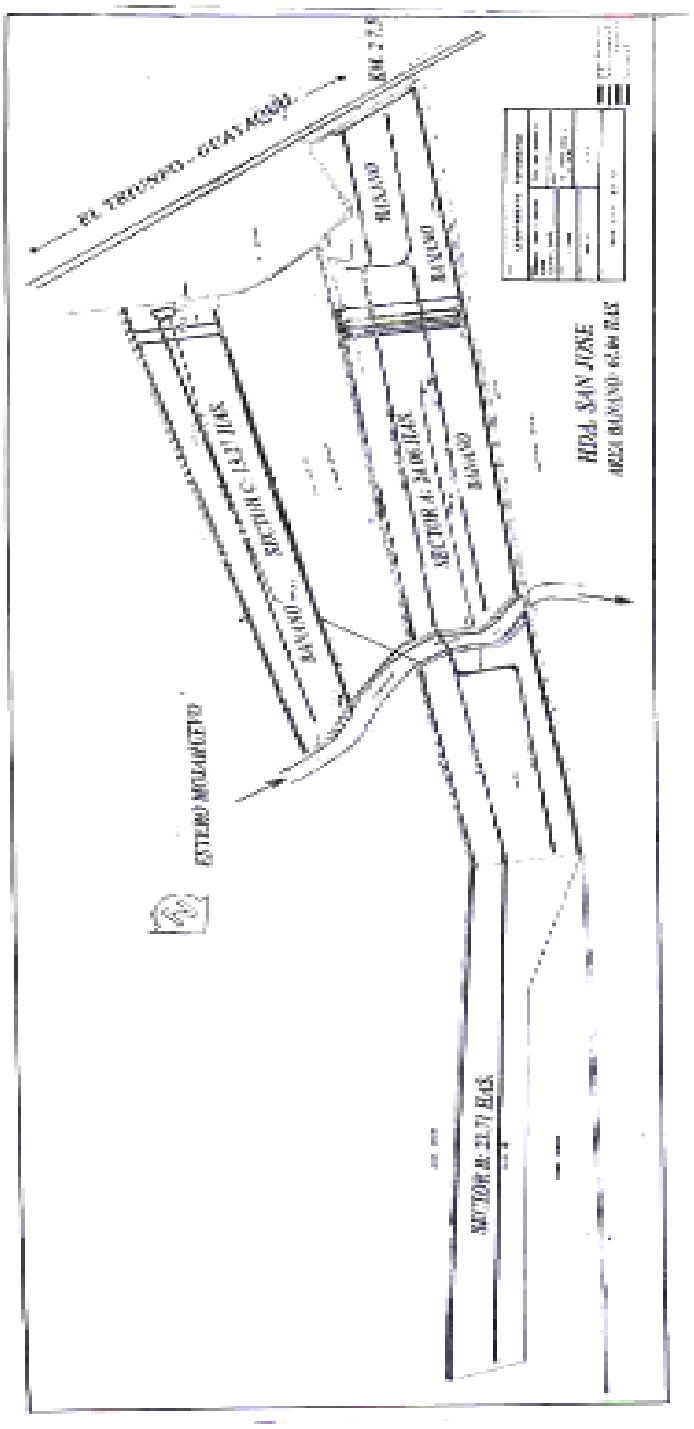


FIGURA 1.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA HACIENDA SAN JOSE

FIGURA 1.3 CULTIVO DE BANANO

FIGURA 1.4 ESTERO MOJAHUEVO, DRENAJE PRINCIPAL

Producción antes de la solución.- La producción promedio es de 35 a 45 cajas por hectárea por semana, pudiendo llegar en las bananeras más tecnificadas a 50 cajas. A continuación se muestra la tabla 1 con la producción de la hacienda San José en los años 1998 y 1999.

TABLA 1
PRODUCCIÓN PROMEDIO EN CAJAS POR HECTÁREA POR MES, AÑOS 98 Y 99.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1998	202	161	165	207	138	118
1999	169	172	209	171	142	147

	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1998	123	102	126	129	147	208
1999	97	95	116	118	142	203

La temporada de lluvia se presentó en los 4 o 5 primeros meses de cada año, siendo mayores las precipitaciones en 1998. Podemos observar que a partir del mes de mayo aparece una disminución en la producción que dura hasta octubre. Esta baja es aproximadamente del 20 al 30% dependiendo del mes, y es producto de las plantas afectadas en los 4 primeros meses del año debido a las demoras en el drenaje.

Adicionalmente en los meses de agosto y septiembre se suman las bajas temperaturas que también afectan la producción. Se ve una mejora hacia el final del año, tanto por el aumento en la temperatura ambiente como por la producción de los hijos de las plantas que resultaron afectadas por el exceso de humedad en los primeros meses. Para el año 1999 vemos que los resultados son bastante parecidos.

Se debe anotar que en la zona no se produjeron desbordes de ríos, a pesar de haberse presentado el fenómeno de El Niño, por los trabajos realizados por Cedegé en la zona de Payo.

Si sumamos los promedios de las cajas producidas en el año 1998 tenemos 1.826 y divididas entre 53 semanas de corte nos da un promedio anual de 34,45 cajas por hectárea por semana.

En el año 1999 tenemos 1.781 cajas, divididas entre 52 semanas de corte nos da un promedio anual de 34,25 cajas por hectárea por semana.

A partir de estos promedios obtenemos la producción anual de las 61,04 hectáreas:

1998: 111.449,88 cajas

1999: 108.712,24 cajas

1.2 Sistemas de drenaje con sistema de canales

El drenaje es quizás una de las prácticas más importantes del cultivo. Los beneficios que se obtienen de un buen sistema de drenajes son incalculables, destacándose el aumento en la producción y la disminución de la incidencia de plagas y enfermedades. El drenaje se debe hacer obligatoriamente para bajar el nivel freático o tabla de agua, para eliminar el agua superficial de los pozos o charcas o cuando la capa o tabla de agua, aunque sea temporalmente, esté a menos de 60-80 centímetros de la superficie.

La profundidad de los canales de drenaje están determinados por las propiedades físicas del suelo, la intensidad y frecuencias de las lluvias; por lo general deben tener una profundidad de 1,20 y 1,50 metros (m).

La pendiente de los canales de drenaje debe ser del orden del 0,2-0,3% pues, canales con pendientes menores son difíciles de construir y mantener y, mayores, causan problemas por erosión.

Para construir el drenaje se excava procurando que la distancia de la boca sea más grande que de la base, de manera que la pared entre los extremos o talud tenga un cierto ángulo de inclinación. Este ángulo de inclinación o talud será más grande en terrenos sueltos y más pequeño en terrenos arcillosos, pues, lo que se desea es que la inclinación del talud sea lo más adecuado para que no haya derrumbes dentro del drenaje.

Se recomienda tener una cobertura vegetal en el talud como cierto tipo de pastos o leguminosas, con el fin de evitar derrumbes y consecuentes estancamientos en los canales construidos.

Todo exceso de agua debe drenarse, hay que tener muy en cuenta que así como la planta necesita permanentemente de humedad para que las funciones de las raíces se realicen en forma correcta, esto es, la absorción de agua y nutrientes para el buen desarrollo de la planta y el fruto, también es cierto que el exceso de humedad por mucho tiempo (más de 24 horas), comienza a causar daños que serán mayores e irreversibles mientras más tiempo permanezca la tabla de agua en niveles muy altos, los mismos que van desde estrés en la planta por falta de oxigenación hasta la pudrición de las raíces.

Sistema de Drenaje en Hacienda San José.- El sistema de drenaje por medio de canales está compuesto de la siguiente manera:

Colector principal.- Sector A 1.150 metros (m), sector B 1.600 m y sector C 900 m. Las dimensiones aproximadas son: boca 8 m, rasante 2 m y profundidad promedio 2,50 m.

FIGURA 1.5 COLECTOR PRINCIPAL

Drenajes secundarios.- Sector A 2.300 metros (m), sector B 2.400 m y sector C 1000 m. Las dimensiones aproximadas son: boca 3 m, rasante 2 m y profundidad promedio 1 m.

FIGURA 1.6 DRENAJES SECUNDARIOS

Drenajes terciarios.- Sector A 23.000 metros (m), sector B 24.000 m y sector C 10.000 m. Las dimensiones aproximadas son: boca 0.90 m, rasante 0.30 m y profundidad promedio 0.70 m.

FIGURA 1.7 DRENAJES TERCIARIOS

1.3 Efectos negativos en la plantación por exceso de agua

Los suelos aptos para el desarrollo del cultivo del banano son aquellos que presentan una textura: franco arenosa, franco arcillosa, franco arcillo limoso y franco limoso; además deben poseer un buen drenaje interno y alta fertilidad

La pluviosidad necesaria varía de 120 a 150 milímetros (mm). de lluvia mensual o precipitaciones de 44mm. semanales. En nuestro Litoral Ecuatoriano es necesario realizar el riego, porque están definidas sus estaciones lluviosa y seca.

Los síntomas por mal drenaje son muy similares a los producidos por otras perturbaciones como falta de agua, ataque de nemátodos, o deficiencia de nitrógeno:

- plantas enanas
- racimos pequeños
- alto volcamiento
- amarillamiento prematuro de las hojas más viejas
- coloración verde pálido
- desarrollo lento
- poca cantidad de hijos

FIGURA 1.8 COLECTOR PRINCIPAL LLENO, TABLA DE AGUA EN NIVEL CRÍTICO

FIGURA 1.9 AREA DE BANANERA AFECTADA POR EXCESO DE AGUA

Algunas de las plagas y hongos más comunes que se presentan en las plantaciones cuando no hay un control adecuado de la humedad en el suelo son:

Picudo negro (*Cosmopolites sordidus*).- La humedad alta favorece el incremento de la población del picudo negro, sobre todo si hay mal drenaje y no hay control de malezas; el exceso de hijos lo protege de la luz y las plantas caídas le proveen alimento.

En las plantas nuevas, los síntomas de su ataque son:

- No germinación.
- Túneles en la semilla con poca pudrición.
- Amarillamiento.
- Enanismo.
- Secamiento de las hojas.

En las plantas desarrolladas son:

- Túneles, fundamentalmente en la periferia del cormo.
- Pudrición del cormo o cepa.
- Amarillamiento de las hojas.
- El racimo no llena.

Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* var. d*ifformis*).- Los primeros síntomas son visibles a simple vista en el envés (parte inferior) de las hojas como puntos oscuros café rojizos, menores de 0,25 mm de diámetro.

Los puntos se alargan formando estrías café rojizas de 20 mm de largo y 2 mm de ancho, siempre paralelas a la venación lateral, constituyendo el primer estado de estrías.

La estría se alarga ligeramente y hay un notable cambio en color, de pardo rojizo a pardo oscuro o casi negro, haciéndose visible en la superficie superior de la hoja. Esto constituye el segundo estado de estrías.

Las estrías posteriormente se agrandan, se hacen más anchas, adquieren una forma casi elíptica, rodeándose de un borde café claro acuoso, constituyendo lo que se conoce como primer estado de mancha.

En el segundo estado de mancha, el centro negro de la lesión se hunde ligeramente y el borde se hace más pronunciado. En el tercer estado de mancha, el centro de la lesión se seca, se vuelve

ligeramente gris y aumenta la depresión. La lesión es rodeada por un delgado borde negro. Al presentarse muchas lesiones, éstas se unen, la hoja se torna negra y muere en 3-4 semanas desde que aparecieron los primeros síntomas.

En condiciones severas, se pueden observar manchas y estrías en la segunda hoja de plantas sin parir y en el "capote" de las paridas. La sigatoka negra es más virulenta y que la sigatoka amarilla, y el tiempo caluroso y alta humedad relativa favorecen la rápida propagación del hongo. Condiciones que favorecen la alta humedad como suelos mal drenados, plantaciones muy cerradas, exceso de maleza e hijos, deben ser controladas.

Los daños que produce son:

• El área foliar se reduce en proporción a la severidad del ataque.

• La “quemazón” que produce la enfermedad afecta el proceso fotosintético.

• Se altera el proceso normal de maduración de la fruta, la misma que se torna muy prematura y en caso extremos amarilla antes de la cosecha.

• Las plantaciones afectadas por sigatoka negra producen racimos pequeños, dedos cortos y deformes, pulpa crema y sabor ligeramente ácido.

• Afecta el crecimiento normal de las plantas tanto en la emisión de las hojas como de los hijos.

Erwinia.- La bacteria *Erwinia carotovora* es la principal causa de la pobre germinación en plantaciones nuevas. La bacteria se introduce en la planta por heridas en el sistema radicular o en el cormo por cortes de cuchillo y lesiones de picudo negro. La planta infectada muere. No hay método de control.

Su mayor incidencia ocurre en las épocas lluviosas y en suelos con mal drenaje. Los síntomas son un violento amarillamiento en todas las hojas de la planta, generalmente con fácil volcamiento. Los tejidos del cormo y pseudotallo se hacen esponjosos y emiten un fuerte olor a fermentación y algunas veces hasta nauseabundo. El pseudotallo se puede doblar. Se recomienda no sembrar en épocas muy lluviosas o en terrenos mal drenados y evitar el uso de semillas muy pequeñas, pues desarrollan plantas muy débiles.

Efectos del mal drenaje sobre la productividad del cultivo del banano.-

El cultivo del banano esta sujeto a altas precipitaciones de lluvia, esta abundancia ocasiona que se produzcan niveles freáticos poco profundos, los cuales generan condiciones de saturación hídrica en el suelo por periodos prolongados. Esto afecta el cultivo debido, principalmente, a la pobre aireación en los suelos mal drenados.

En términos generales, los terrenos drenados son más productivos que los no drenados. Se han hecho estudios del comportamiento de la mata del banano y su fruto con respecto a la profundidad efectiva del nivel freático, para tres diferentes condiciones de drenaje.

En la figura 1.10 se presentan las fluctuaciones de los niveles freáticos para cada una de las condiciones de drenaje analizadas.

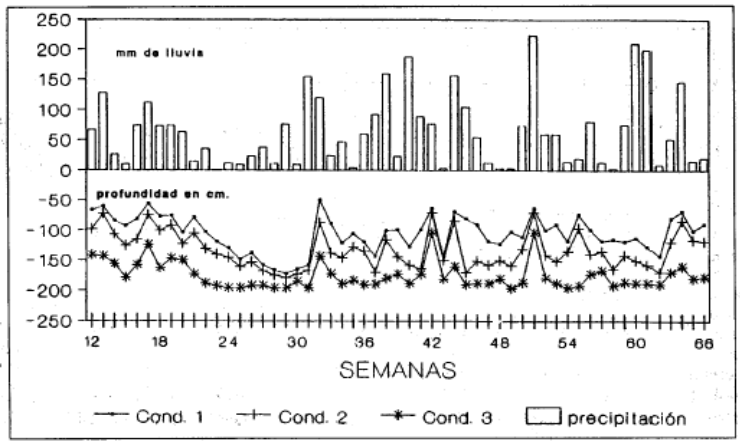


FIGURA 1.10 PROFUNDIDAD DE LOS NIVELES FREÁTICOS DE LAS TRES CONDICIONES EVALUADAS VS PRECIPITACIÓN SEMANAL

En la figura 1.11 se presenta la distribución radicular a través del perfil del suelo. Se puede observar que la condición 3 (mejor drenada) presenta una mejor distribución radicular que la condición 1 (mal drenada), lo que permite a la planta explorar un mayor volumen de suelo en busca de nutrientes, agua y oxigeno.

Esto debido a que a mayor profundidad del nivel freático, se favorece el intercambio gaseoso, encontrándose mayores cantidades de oxigeno en el perfil del suelo, además de ser mayor la profundidad efectiva del suelo al encontrarse más profundo el nivel freático.

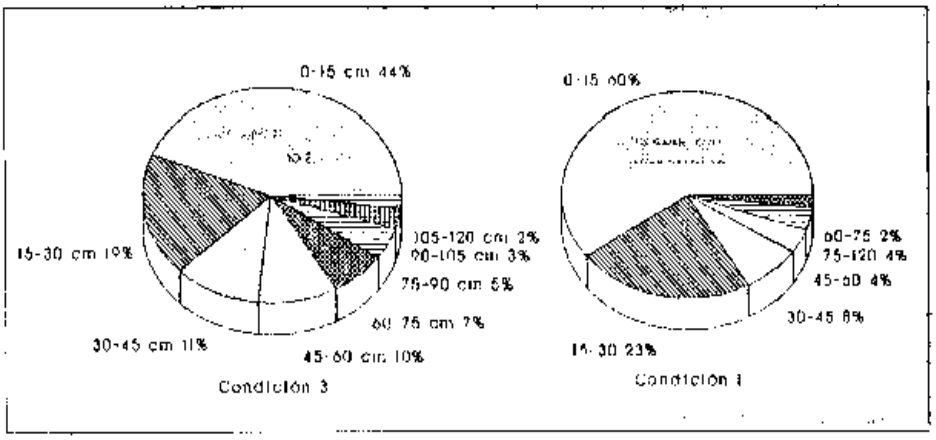


FIGURA 1.11 PESO FRESCO DE RAÍCES FUNCIONALES SEGÚN LA PROFUNDIDAD DEL SUELO.

En los suelos bien drenados se producen sistemas radiculares profundos, lo que le permite extraer agua ventajosamente de la franja capilar. La velocidad de crecimiento de las raíces puede estar limitada ya sea por una carencia de oxigeno o una acumulación de dióxido de carbono en los alrededores de la raíz. Estos cambios de aireación del suelo inducen a las raíces a adaptarse a las condiciones ambientales del mismo. Lo que explica la gran concentración de raíces en los primeros 30 centímetros en la condición 1 (drenaje deficiente).

Las condiciones de drenaje prevalecientes en la plantación afectan la absorción de nutrientes por parte de la planta, siendo mejor aprovechados cuando hay una mejor oxigenación y crecimiento de las raíces ocasionado por un buen drenaje.

En la figura 1.12 se presenta las influencias que ejercen las diferentes condiciones de drenaje analizadas, sobre la altura y el diámetro de las plantas, a través del tiempo. La condición 3 presenta la mayor velocidad de crecimiento y el menor tiempo de desarrollo vegetativo de las plantas para las condiciones evaluadas. La condición 2 presentó un comportamiento intermedio, mientras que la condición 1 presentó la menor velocidad de crecimiento y por ende el más largo periodo vegetativo. Esto permite concluir que a mayor espacio

drenado mayor es la velocidad de crecimiento y menor es el tiempo de desarrollo vegetativo.

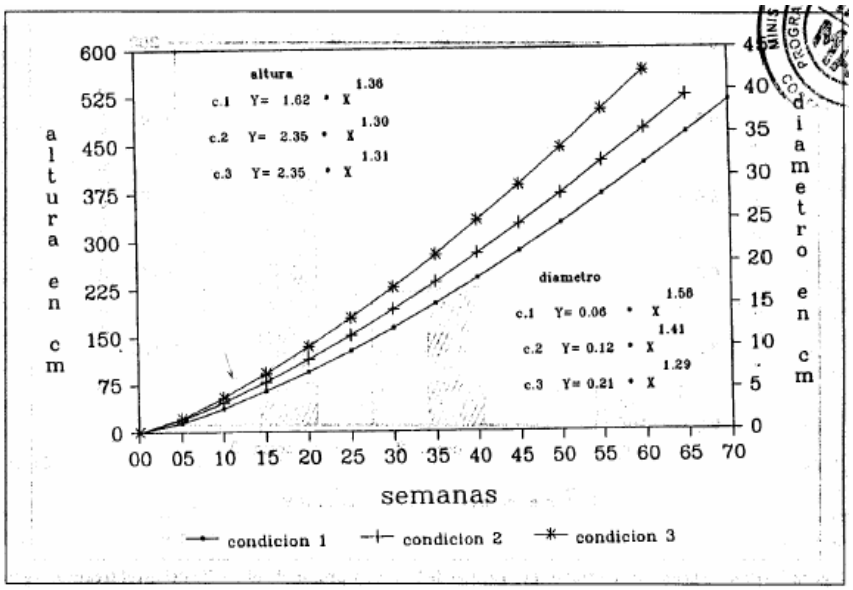


FIGURA 1.12 EFECTO DE LAS CONDICIONES DEL NIVEL FREÁTICO SOBRE LA ALTURA Y DIÁMETRO DE LA PLANTA.

En la tabla 2 se presentan los días promedio para la parición, peso promedio del racimo, numero de manos y demás datos que nos indican como los mejores resultados se obtuvieron en la condición 3.

El efecto que ejerce la profundidad del nivel freático sobre el peso del racimo, número de manos, y la longitud del dedo central para las manos superior, media e inferior se presentan en las figuras 1.13, 1.14 y 1.15.

TABLA 2

DIAS PROMEDIOS PARA LA PARICIÓN, PESO PROMEDIO

	CONDICION			COMPARACION (1)		
	1	2	3	C1vsC2	C2vsC3	C1vsC3
Días a parición	475,25	439,81	405,00	*	**	**
Días a emergencia	231,00	211,50	176,06	NS	**	**
del hijo de sucesión						
Días de la fruta colgando	104,25	98,60	96,78	NS	NS	NS
Grado de cosecha	48,58	48,20	48,00	NS	NS	NS
(1/32 de pulgada)						
Peso racimo (Kg)	34,90	38,00	42,33	NS	NS	**
Número de manos	7,67	8,40	9,11	NS	NS	**
Longitud de dedo	24,08	25,20	26,33	NS	NS	**
suoerior (cm)						
Longitud de dedo medio (cm)	22,08	23,20	23,78	NS	NS	**
Longitud del dedo	20,42	20,80	21,00	NS	NS	NS
inferior (cm)						

(1) Estadístico de prueba

NS No significativo

* Significativo al 5%

** Significativo al 1%

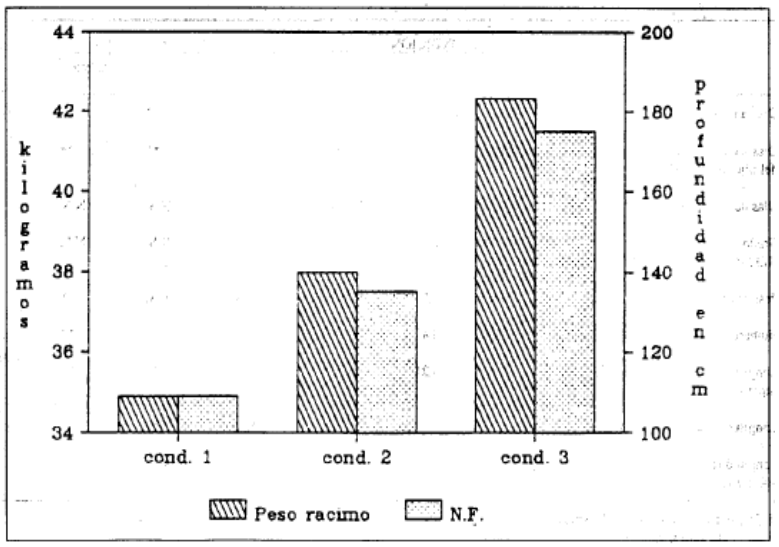


FIGURA 1.13 PESO DEL RACIMO Y PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO.

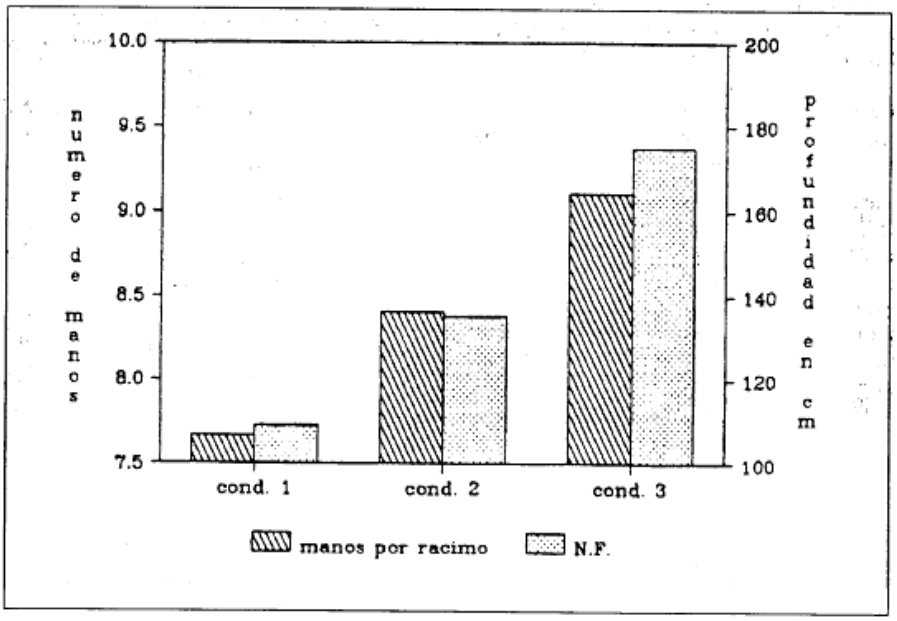


FIGURA 1.14 NÚMERO PROMEDIO DE MANOS POR RACIMO Y PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO.

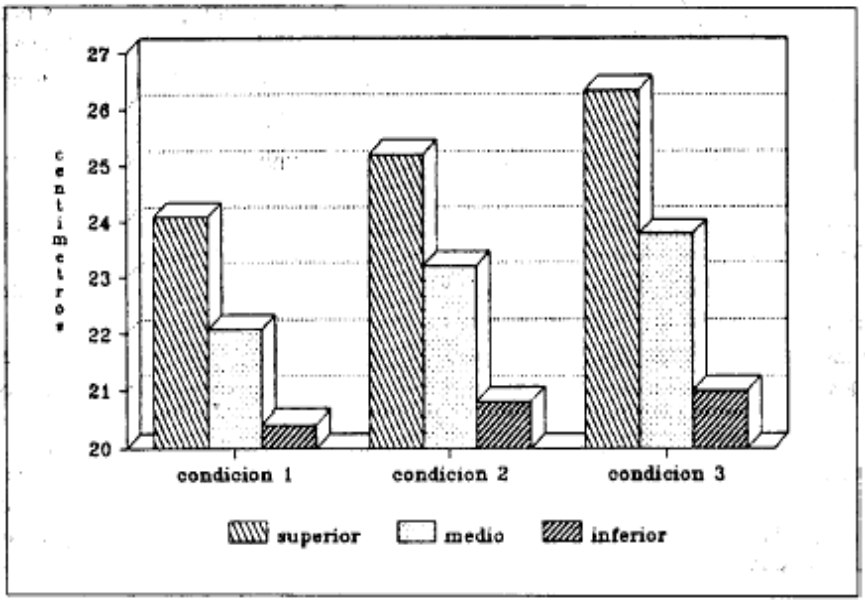


FIGURA 1.15 LONGITUD DE LOS DEDOS SUPERIOR, MEDIO E INFERIOR PARA DIFERENTES CONDICIONES DE DRENAJE.

Los datos expuestos nos permiten concluir que a mayor profundidad del nivel freático, mayor es la aireación a través del perfil del suelo. Este fenómeno estimula un buen desarrollo de raíces en todas las direcciones permitiéndole a la planta explorar un mayor volumen de suelo para la obtención de agua y nutrientes.

Para obtener un crecimiento continúo y rápido de la plantación y por ende buenos rendimientos, es necesario un buen sistema de drenaje y que el mismo sea capaz de eliminar los niveles freáticos altos ocasionados por lluvias excesivas en el menor tiempo posible, usualmente no más de 24 horas. Si la inundación permanece por 48 horas o más se producirá una pudrición total y las plantas morirán.

En resumen, el exceso de humedad causa pudrición en la raíz, la misma que influye directamente en el desarrollo de las hojas, las cuales mueren y caen, no produciéndose por este motivo la fotosíntesis completa en la planta, lo que a su vez produce un “envejecimiento” rápido del racimo (no se puede cosechar a las 13 semanas), y por tal motivo el proceso de maduración de la fruta comienza cuando el racimo aún no ha sido cortado y la pulpa se pone “crema” y no apta para la exportación.

1.4 Requerimientos para plan de contingencia

Identificación de los peligros.-

El problema principal se presenta cuando se requiere realizar un drenaje de emergencia; esto es, cuando se presenta la inundación y/o cuando se necesita ayudar a las estaciones de bombeo instaladas a desalojar el agua en el menor tiempo posible (no más de 24 horas), para mantener el nivel freático a 1,50 metros (m) por lo menos de la superficie del suelo y que las raíces no sufran daños.

Podemos considerar, basados en estadísticas existentes, que la cantidad de agua que podría caer en la zona donde esta ubicada la bananera sería 200 milímetros (mm) en una precipitación fuerte. Normalmente es menor pero para efectos de estar listos a afrontar imprevistos realizaremos nuestros cálculos apoyados en esa cantidad. Los 200 mm de agua podrían caer en una sola lluvia fuerte o en varios días de lluvias constantes. Normalmente estas lluvias fuertes se presentan en carnaval y en semana santa.

Identificación de los procesos a ejecutar.-

El primer paso es que los encargados de operar las bombas en cada sector, las hagan funcionar lo más rápido posible, apenas empieza a subir el nivel de agua en el colector principal.

Como mencionamos en 1.1, las áreas de los sectores que componen la hacienda San José son:

Sector A 24,06 Ha = 240.600 metros cuadrados (m^2)

Sector B 23,71 Ha = 237.100 m^2

Sector C 13,27 Ha = 132.700 m^2

Si tuviéramos una precipitación de 200 mm, entonces los volúmenes a desalojar serían:

Sector A: 240.600 m^2 x 0,20 m = 48.120 metros cúbicos (m^3)

$$48.120\ m^3 \times \frac{1.000\ l}{1\ m^3} \times \frac{1\ gal}{3{,}785\ l} = 12'713.342 \text{ galones}$$

Sector B: 237.100 m^2 x 0,20 m = 47.420 m^3

47.420 m^3 = 12’528.401 galones

Sector C: 132.700 m^2 x 0,20 m = 26.540 m^3

26.540 m^3 = 7’011.889 galones

El volumen total sería 32’253.632 galones, que se deberían desalojar en 24 horas (h) o menos, como ya dijimos antes para evitar daños en las raíces. Para darle rapidez a la evacuación del agua, muchas veces se recurre a pequeños equipos adicionales de bombeo, pero éstos elevan los costos y no aceleran significativamente el trabajo.

Establecer tiempos de acción para ejecutar procesos.-

Las estaciones de bombeo en los sectores A, B y C deben estar listas para operar.

El tiempo necesario para que cada una de estas estaciones empiece a trabajar es de aproximadamente 30 a 45 minutos, operada por un bombero y un ayudante.

El traslado del equipo portátil se realizará acoplando el mismo a un tractor agrícola Massey Ferguson (figura 1.16), que lo transportará por el muro perimetral de la hacienda hasta la ubicación donde trabajará.

FIGURA 1.16 TRACTOR AGRÍCOLA MASSEY FERGUSON

El tiempo de traslado desde la empacadora de la hacienda hasta el lugar de trabajo en el sector A y la puesta en marcha del equipo es de aproximadamente 1 hora. Para transportar el equipo al sector B, éste será nuevamente acoplado al tractor agrícola y luego de cruzar un puente sobre el estero Mojahuevo (figura 1.17) se accederá al lugar en no más de 30 minutos. En el nuevo sitio el proceso de instalación y luego de transporte al sector C es el mismo, tomando aproximadamente 1 hora en llegar.

FIGURA 1.17 PUENTE SOBRE EL ESTERO MOJAHUEVO

El tiempo para la puesta en marcha debe estar incluido en el que hemos mencionado antes para el transporte, ya que lo necesario es que el terreno donde asentará la estructura sea relativamente plano y como no hará falta cebar la bomba, ésta podrá empezar a trabajar inmediatamente. Para sacar la bomba del canal y dejarla al nivel del

suelo para ser transportada al siguiente punto se requiere de la ayuda de unos 6 hombres.

Considerar daños externos e internos.-

El transporte del equipo a los diferentes puntos podría tornarse difícil si las condiciones de los muros se vieran afectadas por las lluvias, en estos casos, las alternativas, dependiendo de las condiciones de los muros, serían: circular con cuidado el tractor agrícola; o si esto no fuera posible, también se podría acceder por un camino vecinal, de la Asociación Orense, paralelo al muro y al llegar al sector del puente sobre el estero Mojahuevo, subir al sitio e instalar el equipo. Para llegar al sector B no habría problemas mayores porque el terreno por el que habría que circular no es extenso. En el sector C el acceso sería por el muro o por otro sendero paralelo al mismo que también conduce hasta el muro de contención sobre el estero Mojahuevo y de esta forma es posible el acceso al sitio de bombeo.

Otro posible problema podría ser la falta de personal en el momento que se requiera de ellos. Los bomberos en cada sector están ubicados en sus lugares de trabajo permanentemente contando con lo necesario para empezar a bombear inmediatamente. El traslado e instalación del equipo portátil no necesita de más de 3 personas, lo

que da el tiempo suficiente para que con el bombeo de este equipo y los fijos se pueda conseguir más personal para continuar con el plan en los siguientes lugares.

Pruebas.-

Para garantizar el éxito del plan de contingencia es muy importante el realizar, por lo menos una vez al año, un simulacro del mismo, para que el personal se adiestre en las labores a realizar, sobre todo en el manipuleo y trabajo del equipo portátil, los pasos a seguir son:

1. Remolcar el equipo hasta el sitio de bombeo.

2. Usando la facilidad de rotar sobre las ruedas y el balanceamiento del peso de los equipos, se debe inclinar el chasis hasta que quede asentado en el suelo, con un ángulo de inclinación de 45 $\pm$ 10 grados, proporcionando la estructura necesaria para que el grupo de bombeo pueda entrar en funcionamiento. El manipuleo se lo realiza usando las agarraderas para el efecto y el tiro.

3. Conectar la tubería de descarga.

4. Cerciorarse que el nivel del agua cubra la hélice.

5. Proceder a bombear tomando las providencias (sobre todo el cuidado del motor) que se estilan para la operación de los grupos de bombeo convencionales.

1.5 Equipo mecánico existente

En la temporada lluviosa es cuando todo el conjunto de canales entran en funcionamiento, por lo que es esencial darles el mantenimiento respectivo, sobre todo en cuanto a limpieza se refiere, para que no hayan obstáculos que represen el agua en algún sector.

Se dispone de los equipos indicados en la tabla 3.

TABLA 3

CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS DE BOMBEO EXISTENTES

	Diámetro (pulg)	Motor (Marca-hp)	Caudal (gpm)	Poleas Bomba-Motor
Bomba A Hidrostal	16	MWM-60	7.000	450 – 180 mm
Bomba B Hidrostal	16	MWM-60	7.000	450 – 180 mm
Bomba C Hidrostal	12	VM-40	4.000	355 – 200 mm

Para calcular el caudal de las bombas A, B y C se efectuaron pruebas del tipo aproximado de campo, tal como se describe en Beck. En estas pruebas se establece, con una exactitud de entre el 85 y 100%, el caudal de descarga de una bomba usando el método de la trayectoria. Se requiere que el tubo de descarga esté lleno, se tiene la descarga horizontal y se estima el caudal partiendo que la descarga de agua sigue una trayectoria de tipo parabólico y en vez de medir el caudal se miden distancias, las mismas que pueden ser medidas en el campo.

De acuerdo a la figura 1.18, se necesita medir las distancias X, Y y el diámetro D del tubo.

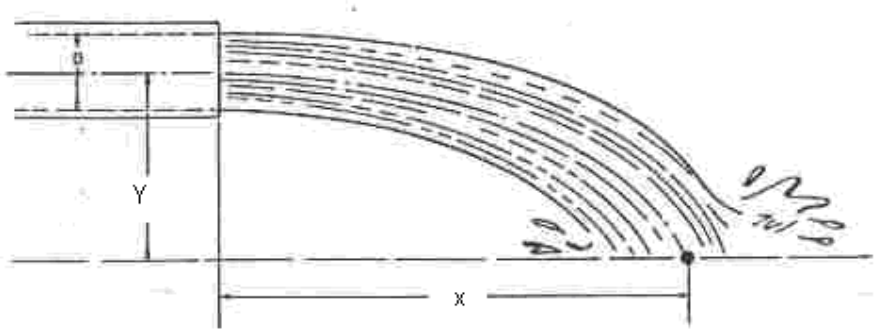


FIGURA 1.18 DISTANCIAS Y DIMENSIONES REQUERIDAS PARA PRUEBAS DE CAUDAL

El caudal se determina con la siguiente expresión:

$Q = 2,45\ D^2\ X\ /\ (2Y/32,16)^{½}$

Q = caudal en galones por minuto (gpm)

X = distancia horizontal en pies

Y = distancia vertical en pies

D = diámetro del tubo en pulgadas

Bomba A:

D = 16 pulgadas (pulg)

X = 1,65 m = 5,41 pies

Y = 1,07 m = 3,51 pies

QA = 7.262,61 gpm

Bomba B:

D = 16 pulg

X = 1,78 m = 5,84 pies

Y = 1,12 m = 3,67 pies

QB = 7.667,06 gpm

Bomba C:

D = 12 pulg

X = 1,38 m = 4,53 pies

Y = 0,74 m = 2,44 pies

QC = 4.102,75 gpm

Basados en estos resultados y teniendo en cuenta la posible inexactitud de este método, aproximamos los resultados a los valores indicados en la tabla 3.

Ahora calcularemos el tiempo aproximado en el cual cada equipo de bombeo drenaría el volumen de agua en cada sector.

Sector A:

12’713.342 gal / 7.000 gpm = 1.816,19 min

1.816,19 min / 60 = 30,27 horas (h)

Sector B:

12’528.401 gal / 7.000 gpm = 1.789,77 min

1.789,77 min / 60 = 29,83 h

Sector C:

7’011.889 gal / 4.000 gpm = 1.752,97 min

1.752,97 min / 60 = 29,22 h

Vemos que en los 3 sectores el tiempo de bombeo es mayor a 24 horas, tiempo que podría ser aún mayor si tomamos en cuenta que al ser centrífugas las bombas instaladas, es necesario cebarlas antes de empezar a trabajar.

Poleas.- Una posible solución podría ser el cambio de poleas en las bombas para aumentar las revoluciones de giro y de esta manera el caudal.

- Los equipos de bombeo A y B tienen poleas C-4.

  Bombas A y B: 450 milímetros (mm)

  Motores: 180 mm

  Potencia: 70 caballos de fuerza (hp)

  Relación de poleas, r: 2,5

  Motor: 1.800 revoluciones por minuto (rpm) aprox

  Bomba: 720 rpm

  En las curvas de las bombas Hidrostal de 16 pulgadas (pulg) I16DA-M (Apéndice A) vemos que para los datos anteriores y con una altura aproximada de 3,50 m corresponde lo siguiente:

  Caudal Q: 7.000 galones por minuto (gpm) aprox.

  Eficiencia: entre 70 y 75%

Potencia requerida: 30hp en curvas, equivale a 36hp real (20% más que en curvas)

- El caudal necesario para desalojar el volumen total en el sector A sería 8.828,71 gpm (12’713.342 gal en 24 h), lo aproximamos a 9.000 gpm, vamos a las curvas de rendimiento de la bomba I16DA-M (Apéndice A) y obtenemos:

  Potencia requerida: 45 caballos de fuerza (hp), real 54 hp

  Bomba: 840 rpm

  Eficiencia: menor a 65 %

  r : 1800 / 840 = 2,14

  180mm x 2,14 = 385,2mm, la polea sería de 400 mm(Apénd. C)

  Esta sería una posible solución pero la potencia necesaria debería ser de 54 hp, y considerando el tiempo de uso del motor y su desgaste natural no sería aconsejable correr el riesgo de exigir el motor y que haya un daño en el mismo que nos obligue a parar el drenaje.

- En el caso de la Bomba C, las poleas son C-3 de 200 mm.

  Bomba C: 200 milímetros (mm)

Motor: 355 mm

Potencia: 40 hp

Relación de poleas, r: 1,77

Motor: 1.800 revoluciones por minuto (rpm) aprox

Bomba: 1.016 rpm

Según las curvas de las bombas Hidrostal de 12 pulg H12DA-M (Apéndice B) vemos que para los datos anteriores y con una altura aproximada de 3,50 m corresponde lo siguiente:

Caudal Q: 4.000 galones por minuto (gpm)

Eficiencia: superior al 70%

Potencia real requerida: 24hp

- El caudal necesario para desalojar el volumen total en el sector C sería 4.869,36 gpm (7'011.889 gal en 24 h), lo aproximamos a 5.000 gpm, vamos a las curvas de rendimiento de la bomba H12DA-M (Apéndice B) y obtenemos:

  Potencia requerida: 25 hp, real 30 hp

  Bomba: 1.100 rpm

  Eficiencia: 60 % aprox.

  r : 1800 / 1.100 = 1,63

  200mm x 1,63 = 326 mm, la polea sería de 335 mm(Apénd. D)

Nuevamente, debemos concluir, que considerando el tiempo de uso de los motores y el desgaste natural en sus componentes que ocasionan una disminución de la potencia de fábrica, y que no es recomendable exigirlos hasta los límites, sería muy arriesgado tratar de elevar el caudal de bombeo con el peligro de que ocurra un daño mecánico grave que paralice las labores de bombeo en circunstancias críticas y producto de esto ocurran los daños ya mencionados al no poder bajar el nivel de la tabla de agua en la plantación.

(siempre ingeniosos pero sin conocimientos técnicos) las mal copiaran y en consecuencia se desprestigiaran, optando la industria por la bomba semiaxial (Hidrostal) o la de flujo mixto (Ideal, Heco, etc.), menos eficientes y más caras (por importadas), pero confiables. Se siguió importando bombas axiales (pero a un precio elevado) y pasado un tiempo se empezó a fabricar localmente una bomba de calidad (Aplitec, Delta), lo que recuperó la imagen de la bomba axial y de la capacidad de la producción nacional. La estrategia fue hacer una bomba económica a partir de modelos de hélices importadas, que permitieran garantizar rendimientos y eficiencias, ampliando la gama de tamaños a 16, 20, 24, 28, 32 y 36 pulgadas.

Para aplicaciones en las que se requiere bombear agua a grandes alturas se usan bombas de flujo mixto o centrífugas (fig 2.1). En una bomba centrífuga, como las utilizadas en los equipos de bombeo existentes en la Hacienda San José, el líquido es forzado a entrar por la presión atmosférica u otra presión, a un conjunto de aspas o álabes rotatorias que constituyen un impulsor que descarga el líquido a una presión superior. La mayor parte de la energía de velocidad es convertida en energía de presión por medio de una voluta o por un conjunto de aspas difusoras estacionarias que rodean la periferia del impulsor.

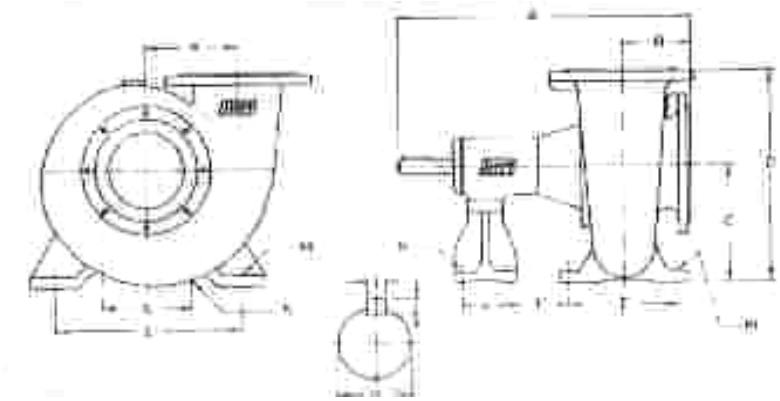


FIGURA 2.1 BOMBA CENTRIFUGA

Como ya mencionamos, en aplicaciones en las que no se requiere de grandes alturas de bombeo, en nuestro país es generalizado el uso de bombas centrífugas; este uso incorrecto causa un consumo mayor de combustible, lo que se debe a que la instalación de una bomba centrífuga incluye una válvula check en la succión, obstáculo que debe ser vencido por la bomba demandando mayor potencia del motor y por este motivo resultando un consumo mayor al que hubiera si se utilizara una bomba axial bien diseñada y construida. Para alturas pequeñas, esta carga puede llegar a ser una fracción significativa de la altura dinámica total, y se transforma en un consumo mayor de potencia como veremos a continuación:

En cuanto a las pérdidas hidráulicas, ya que las bombas axiales no utilizan válvula check ni codos de entrada, las mismas llegan a 0,75 m

(codo de salida = 0,25 m y tubos = 0,50 m), mientras que los otros tipos pueden llegar fácilmente a 2,00 m (check = 1,0 m, codos = 2x0,25 m y tubos = 0,50 m), por lo que éstos consumen aproximadamente 26% más de la potencia que las axiales.

$$\frac{\text{Potencia otras bombas}}{\text{Potencia bomba axial}} = \frac{Q \times (4Aest + 2{,}00Phid)ADT}{Q \ (4Aest + 0{,}75Phid)ADT} = 1{,}26 = 1 + 26\%$$

ADT = altura dinámica total

Aest = altura estática

Phid = pérdidas hidráulicas

Q = caudal

La velocidad especifica es un parámetro que se usa como un indicador tanto de las actuaciones como del rendimiento, es de interés para el diseñador y el usuario de la bomba porque todas las bombas geométricamente similares, sin importar su tamaño, tendrán velocidades especificas idénticas, pero no todas las bombas de la misma velocidad especifica serán por necesidad geométricamente similares. La figura 2.2 muestra una correlación del rendimiento optimo de las bombas en función de la velocidad especifica y del

caudal, también como la eficiencia de la bomba y el diseño del impulsor varían.

Podemos observar que para obtener mayores caudales, la bomba de hélice es la más eficiente a altas velocidades espécificas.

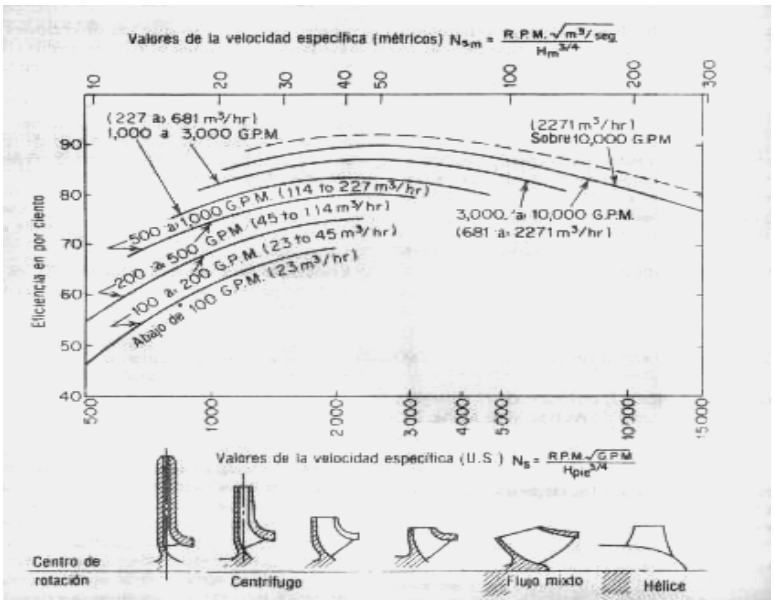


FIGURA 2.2- PERFILES APROXIMADOS DE LOS IMPULSORES Y VARIACIONES DE LA EFICIENCIA CON LA VELOCIDAD ESPECIFICA. Y DE LA VELOCIDAD ESPECIFICA.

De acuerdo a las curvas de rendimiento de las bombas centrífugas existentes en la hacienda (Apéndice A) y de otros modelos similares (fig. 2.3), podemos ver que las mismas alcanzan su máxima eficiencia a alturas superiores a las que tenemos en el sitio analizado (aprox. 3

metros), proporcionando un caudal mayor y un eficiente consumo de combustible.

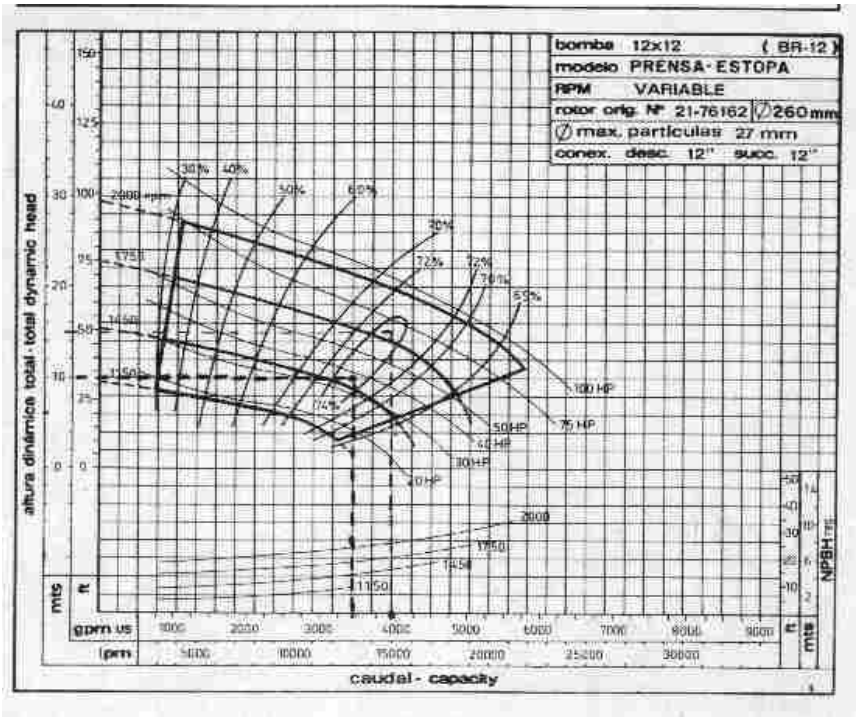


FIGURA 2.3 CURVA DE RENDIMIENTO DE BOMBA CENTRIFUGA DE 12 PULGADAS

Si observamos las curvas de las bombas axiales de diferentes diámetros (fig. 2.4), podemos comprobar que alcanzan su máxima eficiencia a alturas menores que las bombas centrífugas.

Por lo expuesto podemos concluir que las bombas axiales son las más adecuadas para el tipo de trabajo necesario en la Hacienda San José, esto es, bombeo de grandes caudales a baja altura, con las que

además obtendremos mayor eficiencia y menor consumo de combustible.

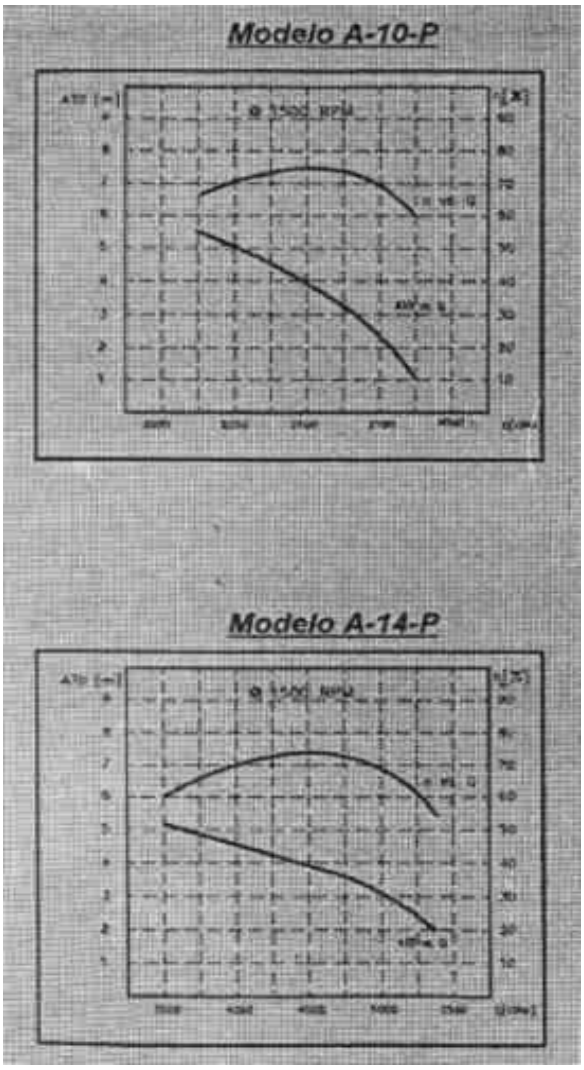


FIGURA 2.4 CURVAS DE RENDIMIENTO DE BOMBAS AXIALES APLITEC DE 10 Y 14 PULGADAS

Como el uso de equipo de bombeo adicional al existente no sería permanente sino sólo en casos de contingencia, resultaría muy oneroso el adquirir 3 equipos para suplir la falta de caudal cuando se presente la necesidad.

Con la compra de una bomba axial y un motor, y montando los mismos en un medio de transporte para darles el carácter de portátil y de esta manera poder acceder a los diferentes lugares donde se realizarían las labores de bombeo, se remediaría el problema. El montaje del conjunto lo veremos a continuación.

2.2 Montaje de bomba en transporte: Sistema “Listo para Usar”

Para darle al equipo de bombeo el carácter de portátil, recurrimos a la compañía Aplitec, con amplia experiencia en el diseño y construcción de equipos de bombeo fijos y móviles para diversas áreas y aplicaciones, para la construcción de un montaje móvil que permita su fácil y emergente transportación.

El chasis es construido con vigas de acero de acuerdo al peso de los componentes que va a soportar, la geometría del diseño es la mostrada en la figura 2.5, el acabado es con pintura anticorrosiva.

El conjunto consta de 2 ruedas aro 14 y sirve de estructura pivotante (fig. 2.6) donde se montan la bomba axial y el motor con su respectiva transmisión en un espacio reducido. La distribución del peso de los componentes, pues su centro de gravedad coincide sobre el eje de las ruedas, hace manejable su manipuleo y transporte (fig. 2.7), logrando de esta forma una instalación realizada en pocos minutos y su rápido cambio a otro sitio si es necesario.

La bomba axial es fijada en la base de anclaje, soldada al chasis, por medio de pernos, y el motor sobre un pequeño chasis para contrarrestar los efectos de la vibración y para facilitar la correcta alineación entre poleas del motor y la bomba.

En el extremo de la bomba se le instala el tiro para facilitar su remolque y transportación.

El diseño del chasis permite la ubicación del tubo de descarga (fig. 2.8) para que éste sea empernado a la brida de la bomba, quedando suficiente espacio para lo colocación del tanque de combustible y la batería.

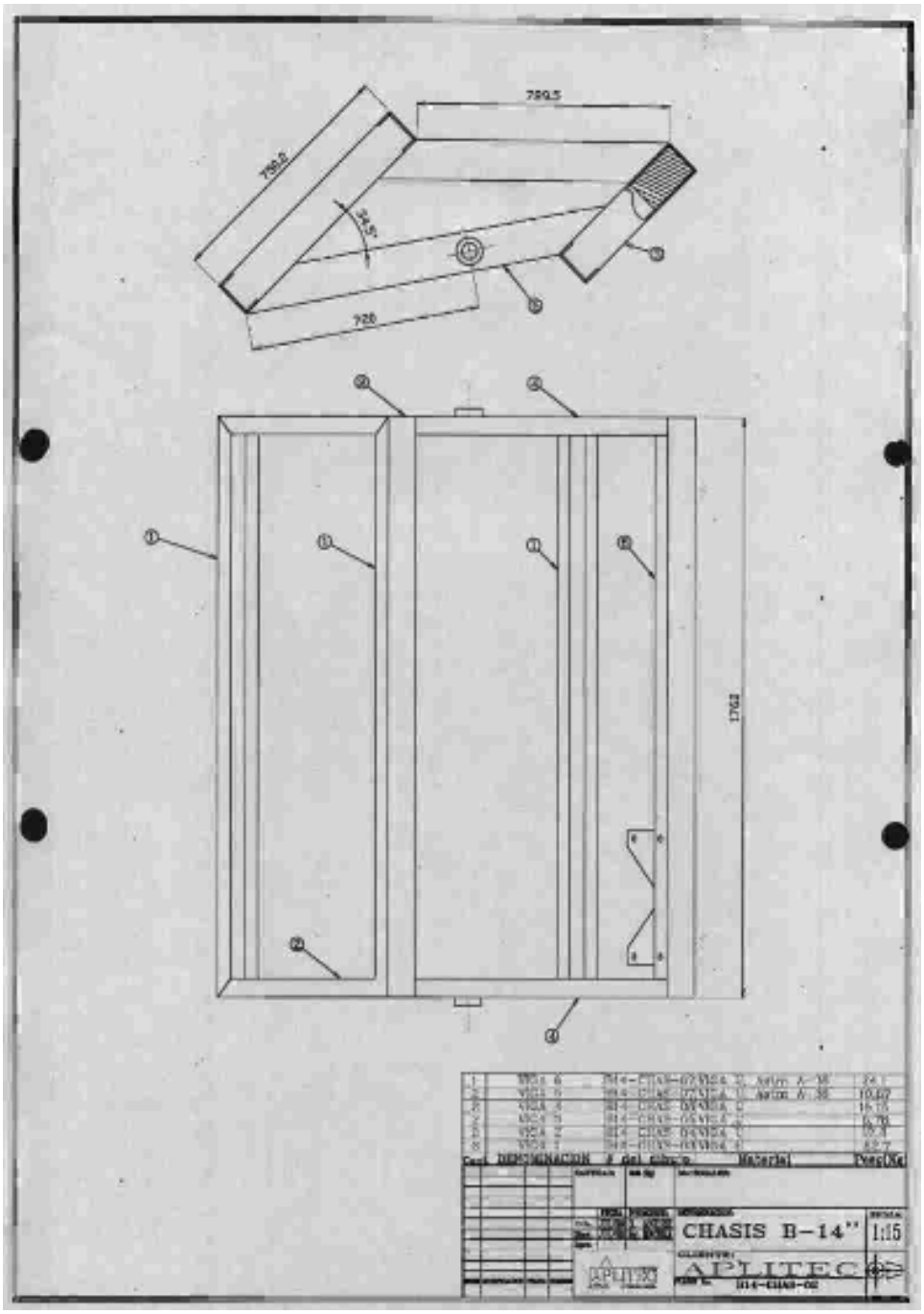


FIGURA 2.5 CHASIS PARA EQUIPO DE BOMBEO PORTÁTIL

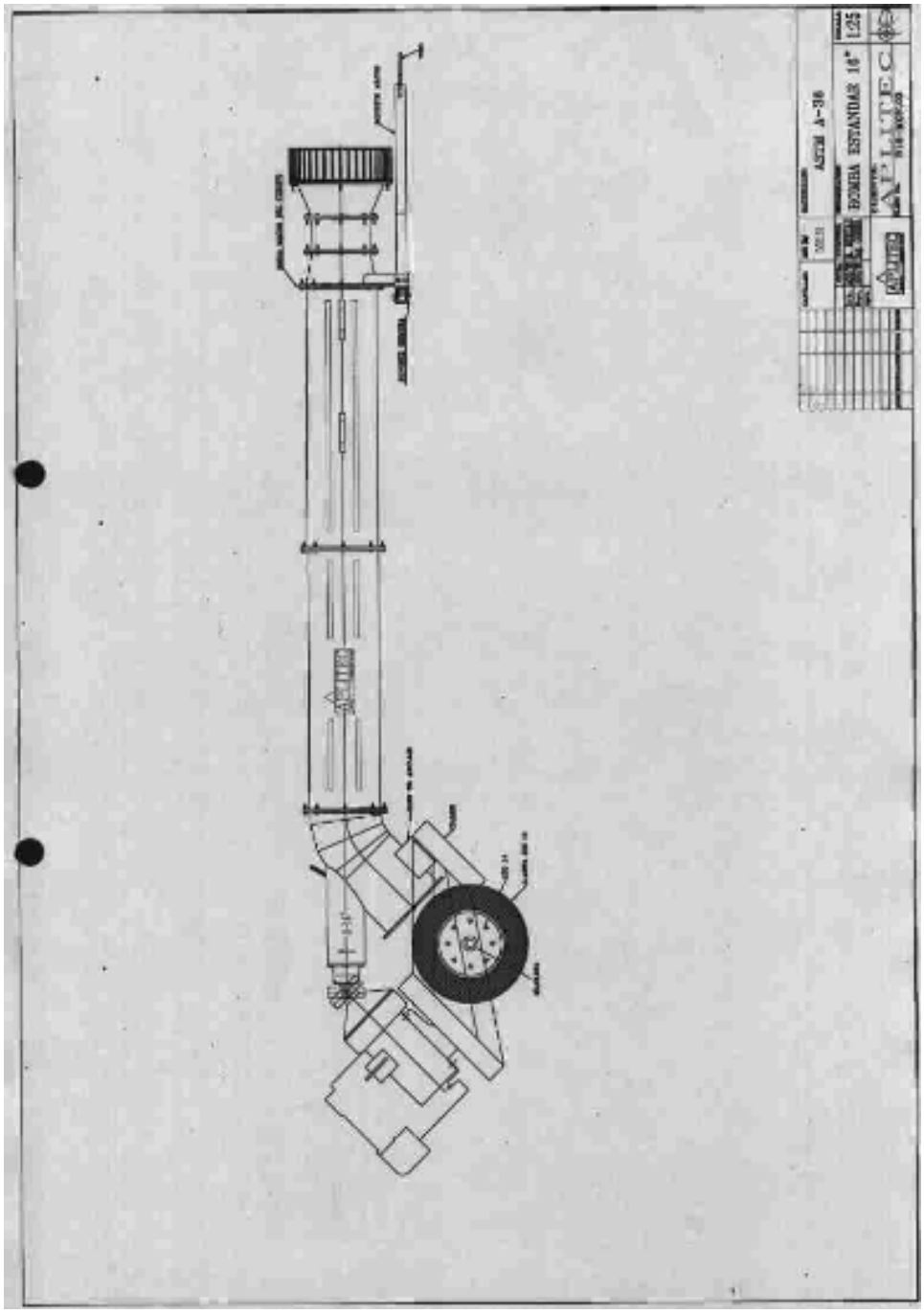


FIGURA 2.6 ESQUEMA DEL EQUIPO DE BOMBEO MONTADO EN EL CHASIS

.

FIGURA 2.7 EQUIPO DE BOMBEO EN REMOLQUE

FIGURA 2.8 VISTA DEL EQUIPO DE BOMBEO SIN MOTOR EN EL CHASIS

FIGURA 2.9 VISTA DEL EQUIPO DE BOMBEO COMPLETO MONTADO EN EL CHASIS

2.3 Selección del tamaño de la bomba requerida

Como vimos en 1.4, los volúmenes que se deben desalojar son:

Sector A: 48.120 m³ = 12’713.342 galones

Sector B: 47.420 m³ = 12’528.401 galones

Sector C: 26.540 m³ = 7’011.889 galones

- La Bomba A tiene una capacidad de 7.000 gpm

$$7.000 \frac{\text{gal}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} = 420.000 \frac{\text{gal}}{\text{hora}} \times 24 \text{ h} =$$

10’080.000 galones desaloja por día la bomba A

El volumen a desalojar del sector A es 12’713.342 galones menos 10’080.000 galones, volumen máximo que drena bomba A en 24 horas (h), nos queda un volumen por desalojar de 2’633.342 galones.

- La Bomba B tiene una capacidad de 7.000 gpm 10’080.000 galones desaloja por día

  El volumen a desalojar del sector B es 12’528.401 galones menos 10’080.000 galones volumen máximo que drena bomba B en 24 h, nos queda un volumen por desalojar de 2’448.401 galones.

- La Bomba C tiene una capacidad de 4.000 gpm 5’760.000 galones desaloja por día

  El volumen a desalojar del sector C es 7’011.889 galones menos 5’760.000 galones volumen máximo que drena bomba C en 24 h, nos queda un volumen por desalojar de 1’251.889 galones.

El déficit total es de 6’333.632 galones que deben ser drenados en 24 h. Lo que significa que ese exceso lo podríamos desalojar con una bomba con caudal igual o mayor a 4.398,36 gpm.

Ahora analizamos las curvas de rendimiento de las bombas axiales Aplitec (Apéndice E) y vemos que la que cumple con las exigencias necesarias para solucionar nuestro problema es la bomba axial de 16 pulg (Figura 2.10). Asumimos una altura dinámica total de 3 m y nos da un caudal de 6.500 gpm igual a 390.000 galones por hora (gph) (figura 2.11).

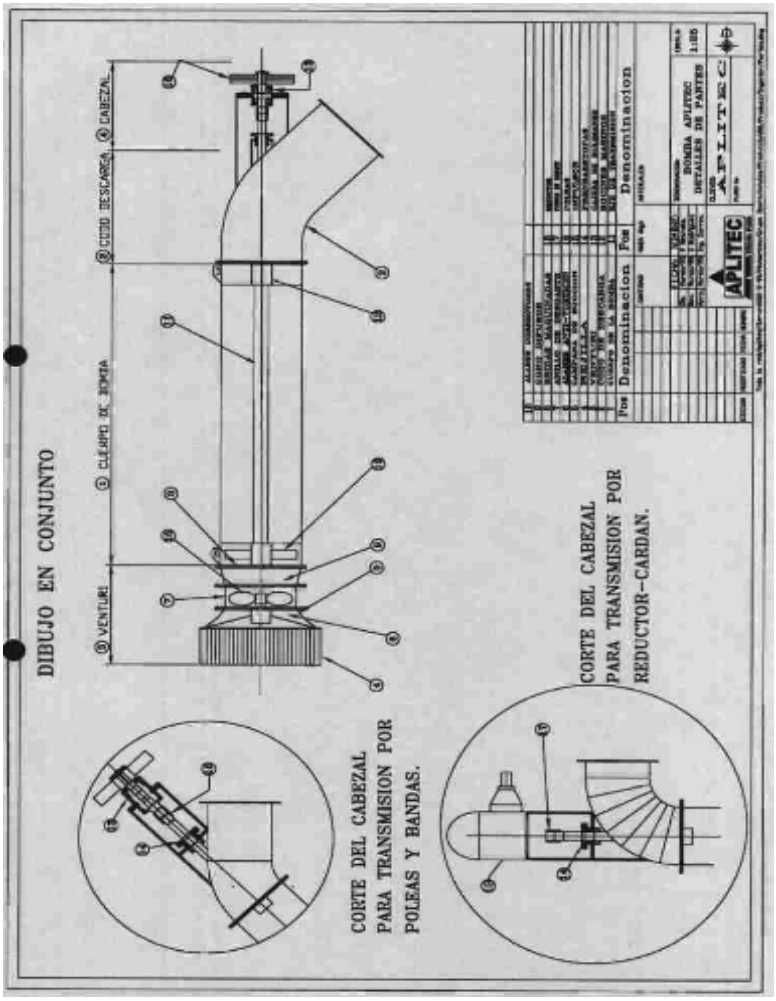


FIGURA 2.10 BOMBA AXIAL APLITEC

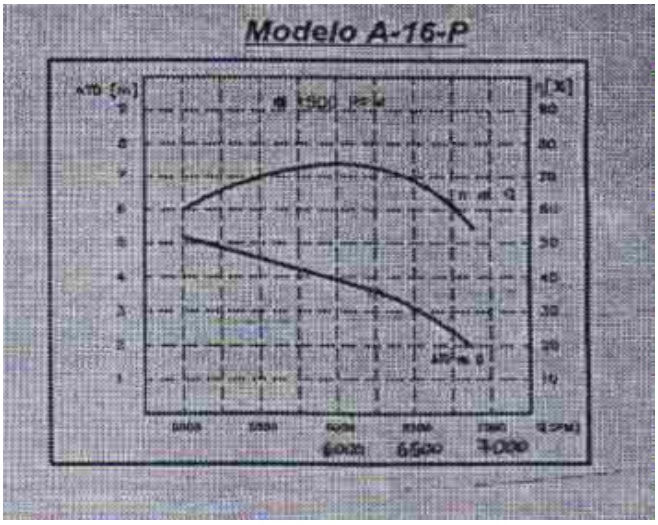


FIGURA 2.11 CURVAS BOMBA AXIAL DE 16 PULGADAS

Sector A:

Volumen a desalojar	12’713.342 gal
Volumen que drena bomba A en 24 h	10’080.000 gal
Volumen a drenar por equipo portátil	2’633.342 gal
Tiempo operación equipo portátil en A	6,75 h

Sector B:

Volumen a desalojar	12’528.401 gal
Volumen que drena bomba B en 24 h	10’080.000 gal
Volumen a drenar por equipo portátil	2’448.401 gal
Tiempo operación equipo portátil en B	6,28 h

Sector C:

Volumen a desalojar	7’713.342 gal
Volumen que drena bomba C en 24 h	5’760.000 gal
Volumen a drenar por equipo portátil	1’251.889 gal
Tiempo operación equipo portátil en C	3,21 h

Sumando los 3 tiempos nos da 16,24 h, le añadimos 2,5 h que estimamos se necesitarán para movilizar el equipo de un sitio a otro y tenemos 18,74 h, valor inferior a 24 h, lo que nos daría tiempo adicional de bombeo con el equipo escogido.

Pérdidas.- A continuación calcularemos las pérdidas del equipo de bombeo en el lugar de trabajo para, por curvas, establecer el caudal real del mismo.

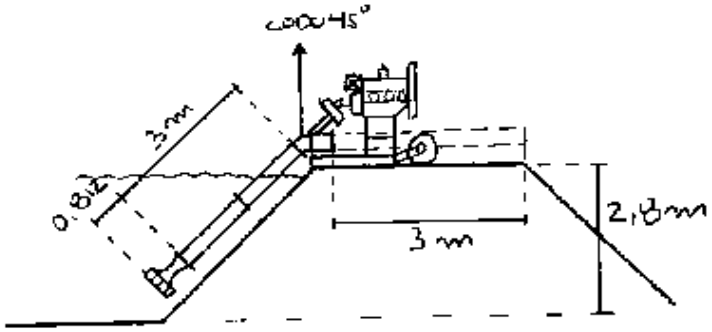


FIGURA 2.12 DIAGRAMA DEL EQUIPO INSTALADO EN EL CANAL

ADT = altura dinámica total = Aest+Hd+Hf

Aest = altura estática = 2,80 m

Hd = perdidas dinámicas

Hf = perdidas por fricción

Ltub = longitud total de tubería

L45 = long. equivalente por codo 45º = 16 (Apéndice F)

g = aceleración de la gravedad = 9,81 m/ seg²

L = Ltub + L45

F = factor de fricción, diagrama de Moody (Apéndice G)

ν = viscosidad cinemática del agua = 9 exp-6

Re = número de Reynolds

A = área del tubo

π = pi = 3,14159

D = diámetro del tubo = 16 pulg

Q = caudal = 6.500 galones por minuto (gpm) aprox.

V = Q / A

V = 3,178 m / seg

Hd = V² / 2g = (3,178)² / 2 x 9,81 = 0,51 m

L = 3 + 3,812 + 16 = 22,812 m

Hf = f L V² / (D 2 g)

Para hallar f:

Re = V D / ν = (3,178 x 0,406) / 9 exp-6 = 1,43 exp5

Con Re vamos a diagrama de Moody y obtenemos:

f = 0,017

Hf = 0,017 x 22,812 (3,178)² / (0,406 x 2 x 9,81) = 0,49 m

ADT = 2,80 + 0,51 + 0,49

ADT = 3,80 m

Con ADT = 3,8 m, buscamos en curvas para bombas de 16 pulg a 1.500 rpm(Apéndice E) y obtenemos el caudal:

Q = 6.100 galones por minuto (gpm)

y la eficiencia de la bomba:

η = 73%

Valor de caudal con el que queda confirmado que el equipo escogido, bomba axial Aplitec de 16 pulgadas, es suficiente para la solución del problema. El valor de la bomba axial escogida es de US$6.400,00 más US$250,00 por un tubo de 16 pulg de 3 metros de largo para la descarga de agua. El peso de la bomba es 550 kilogramos (kg).

Potencia del motor.- Obtuvimos que para las condiciones dadas, el caudal de la bomba axial Aplitec de 16 pulg (a 1.500 rpm) sería 6.100 gpm y η = 73%.

Mediante la siguiente fórmula podremos hallar la potencia requerida:

$P = Q \times ADT / \eta\ 75$

donde:

P en hp

Q en litros por segundo (lps)

ADT en metros (m)

P = 384,80 x 3,80 / 0,73 x 75 = 26,70 hp

Al resultado obtenido le aumentamos un 20% como factor de seguridad y tendremos 34,02 hp.

P = 23,89 kilowatts (kW)

Analizamos la curva del motor VM3105 (fig 2.13)y vemos que para 1.800 rpm el motor genera una potencia de 33kW igual a 44hp, valor suficiente para cubrir nuestra necesidad.

El motor elegido es el VM3105, cuyas especificaciones se encuentran en el Apéndice H y su valor en el mercado es de US$8.200,00.

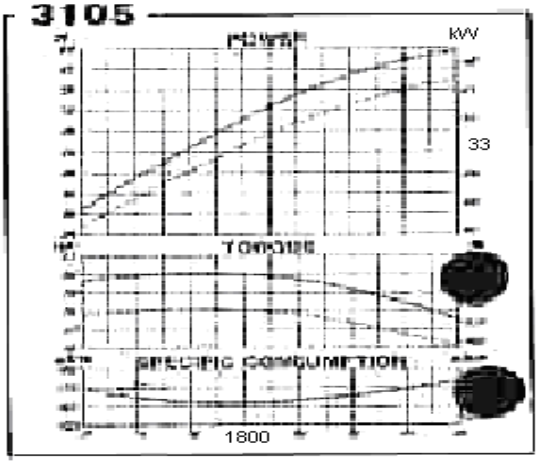


FIGURA 2.13 CURVAS DEL MOTOR VM3105

Selección de poleas y bandas.- Como se indica en el "Optibelt Technical Manual" (Apéndice I), procedemos a hallar los tamaños de poleas y bandas necesarios para cubrir nuestras necesidades

En las siguientes figuras 2.14 y 2.15 observamos las diferentes variables y abreviaturas a utilizar en los cálculos.

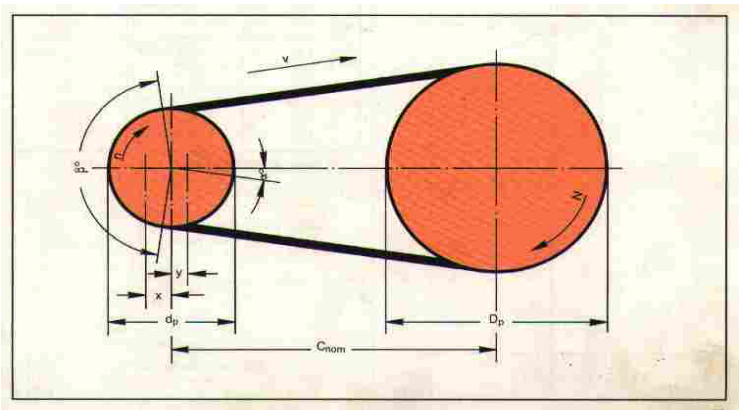


FIGURA 2.14 ABREVIATURAS PARA CÁLCULO DE POLEAS

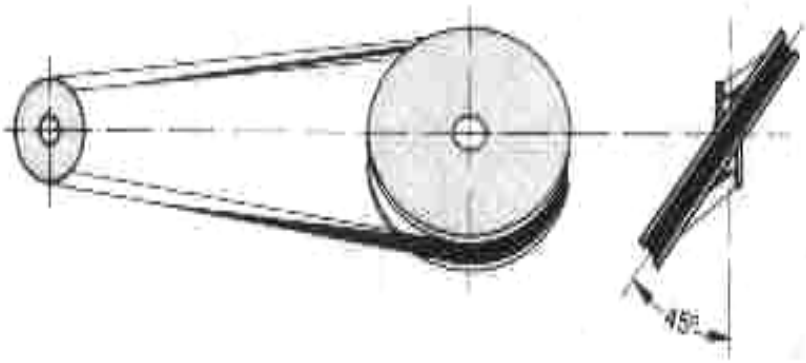


FIGURA 2.15 DISPOSICIÓN DE POLEAS EN NUESTRO EQUIPO DE BOMBEO

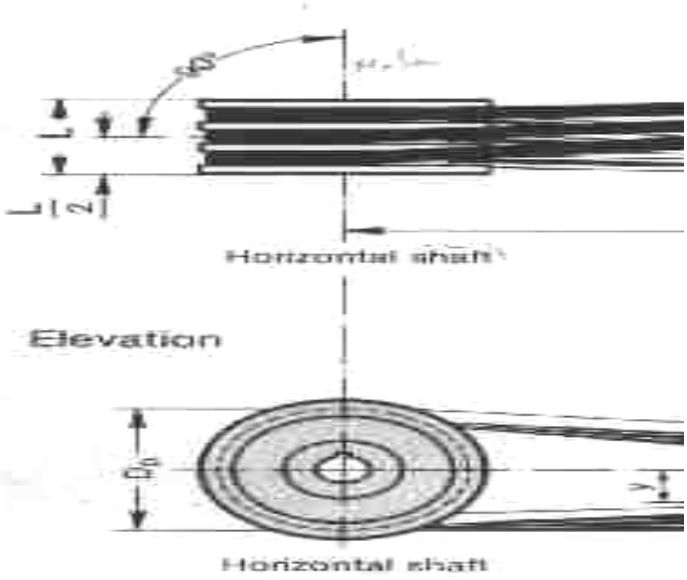


FIGURA 2.16 VARIABLES PARA CÁLCULO DE CMIN

MOTOR	**BOMBA**
P = 33 kW n1 = 1.800 rpm	n2 = 1.500 rpm
Factor de Potencia c2 (de tabla 2 en Apéndice I)	c2 = **1,2**
Potencia de diseño PB = P x c2	PB = 33 x 1,2 = 39,6 kW
Selección tipo de banda SPB modelo comercial	**SPB**
Ratio r = n1/n2 = dp2/dp1	r = 1.800/1.500 = 1,2
Selección diámetro de poleas dp1 (de tabla 52 en Ap. I) dp2 = dp1 x r	dp1 = **200 mm** seleccionada dp2 = 200 x 1,2 = 240 dp2 = **224 mm** (T.52 Ap.I)
Cálculo rpm real en bomba r real = dp2/dp1 n2 real = n1/r real	 r real = 224/200 = **1,12** n2real=1.800/1,12=**1.607 rpm**
Dist. C entre centros las poleas están como en fig.2.15, Cmin=4(Dp+L), donde L asumimos de poleas C-3 (Apéndice D)	Cmin = 4(224 + 90) Cmin = 1.256 mm C = 1.300 mm sugerido
Largo de la banda Lpth ≈ 2C+1,57(Dp+dp)+ (Dp-dp)² / 4C Dp = polea grande dp = polea pequeña	 Lpth ≈ 2x1.300 + 1,57(424) + (24)² / (4x1.300) ≈ 3.265 mm (de pág. 8 en Ap.I) Lpst = **3.350 mm**
Dist. real entre centros Cnom ≈ C + (Lpst-Lpth)/2	Cnom ≈ 1.300 + (3.350-3.265)/2 ≈ **1.342,50 mm**
Factor de corrección del arco contacto c1	para bandas cruzadas como en fig. 2. c1 = **1,00**
Factor de corrección del largo de la banda c3 (de tabla 3 en Ap. I)	 c3 = **0,99**
Potencia por banda PN: dp= 200 mm r = 1,2 n1 = 1.800 rpm	 (de tabla 15 en Ap. I) PN = 14,64 + 0,85 = **15,49 kW**
Número de bandas Z = P c2 / PN c1 c3	Z = (33 x 1,2) / (15,49 x 1 x 0,99) = 2,58 **3 bandas**

De los cálculos anteriores tenemos que necesitaremos poleas C-3 de 3 canales de 200 y 224 mm de diámetro y 3 bandas SPB 3350 marca Optibelt u otra marca que haya en mercado. El precio de estos accesorios es de aproximadamente US$500,00.

De acuerdo a tamaño de las poleas elegidas tenemos que a 1.800 rpm del motor, la bomba girará a 1.600 rpm, por lo tanto, el caudal Q será mayor a los 6.100 gpm determinados según las curvas cuando hallamos la ADT.

Para encontrar el caudal producido a 1.600 rpm hacemos uso de las **Leyes de Similitud Dinámica**:

Caudales.- Los caudales impulsados por las bombas serán proporcionales al número de revoluciones por minuto (N), puesto que el caudal Q es función solamente de las velocidades y las áreas, el tamaño se mantiene constante; por lo tanto las áreas serán invariables, el caudal Q variará sólo en la proporción en que lo hagan las velocidades:

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{N}{N'}$$

Alturas.- Todas las alturas (ADT) son proporcionales al cuadrado del número de revoluciones por minuto (N):

$$\frac{ADT}{ADT'} = \frac{N^2}{N'^2}$$

$$\frac{ADT}{3,8} = \frac{1.500^2}{1.607^2}$$

ADT = 3,31 metros, según curvas (Apéndice E) obtenemos un caudal aproximado de 6.400 gpm.

$$\frac{Q}{6.400} = \frac{1.607}{1.500}$$

Caudal Q = 6.856,53 gpm => **6.850 gpm**

La potencia requerida del motor variará muy poco con relación al aumento del caudal, ya que la ADT no cambia, además hemos considerado un rango de seguridad que nos permite concluir que el motor elegido entregará la potencia necesaria para las condiciones dadas, según la curva, éste provee una potencia de 33 kW a 1.800 rpm.

2.4 Pruebas en campo

Para la siguiente prueba partimos del supuesto que la hacienda se encuentra en una situación de emergencia después de haber recibido una lluvia fuerte de 200 mm, que como ya mencionamos

anteriormente excede por mucho los niveles normales de una precipitación en una temporada lluviosa dura.

Debemos tener seleccionado un lugar firme y con una inclinación de aprox. 45°, la bomba se introducirá en el agua ayudándose con las agarraderas de los costados hasta que el chasis quede completamente fijo en el suelo.

Al arrancar se debe acelerar rápidamente la bomba para que los bocines que se lubrican con agua no trabajen en seco. En la succión se debe evitar la presencia de arena, palos y demás objetos sólidos que pudieran erosionar o dañar los componentes de la bomba, es recomendable colocar una malla que impida el paso de estos objetos.

Las tres estaciones de bombeo de los sectores A, B y C se ponen a funcionar al mismo tiempo, cada una operada por su bombero designado.

- En el sector A tenemos que desalojar 12’713.342 gal. De acuerdo a los cálculos realizados en 2.3, la bomba A evacua máximo 10’080.000 gal en 24 horas lo que nos da 420.000 galones por hora (gph).

Suponemos que para cuando el equipo portátil llegue al sitio de bombeo en A, habrá transcurrido aproximadamente una hora, por lo que la bomba A ya habrá desalojado 420.000 gal. Según 2.3, el equipo portátil debe trabajar 7 h, tiempo en el cual el caudal desalojado será aumentado en 411.000 gph.

Luego de 7 h de trabajo, el equipo portátil será trasladado al sector B (aprox. 30 min), y el resto de agua será drenada sólo con la bomba A en 15,42 h. El desalojo total será realizado en **23,42 horas**.

FIGURA 2.17 EQUIPO OPERANDO

- En el sector B tenemos que desalojar 12’528.401 gal. De acuerdo a los cálculos realizados en 2.3, la bomba B evacua máximo 10’080.000 gal en 24 h lo que nos da 420.000 gph.

  Cuando el equipo portátil llegue al sitio de bombeo en B, habrán transcurrido aproximadamente 8,5 h, por lo que la bomba B ya habrá desalojado 3’570.000 gal (420.000 gph). Según 2.3, el equipo portátil debe trabajar 7 h en sector B, tiempo en el cual el caudal desalojado será aumentado en 411.000 gph. Luego de 7 h de trabajo, el equipo portátil será trasladado al sector C (aprox. 1 h), y el resto de agua será drenado sólo con la bomba B en 7,48 h. El desalojo total será realizado en **22,98 horas**.

- En el sector C tenemos que desalojar 7’011.889 gal. De acuerdo a los cálculos realizados en 2.3, la bomba C evacua máximo 5’760.000 gal en 24 h lo que nos da 240.000 gph.

  Al llegar al sitio de bombeo en C, habrán transcurrido aproximadamente 16,5 h, por lo que la bomba C ya habrá desalojado 3’960.000 gal (240.000 gph). Según 2.3, el equipo portátil debe trabajar 4 h en sector C, tiempo en el cual el caudal

desalojado será aumentado en 411.000 gph. Luego de 4 h de trabajo del equipo portátil, quedará una cantidad de agua que será drenada sólo con la bomba C en 1,87 h. El desalojo total será realizado en **22,37 horas**.

Hemos drenado los 3 sectores en un promedio de **22,92 horas**. El equipo portátil trabajó por 20,5 horas (18 horas de bombeo más 2,5 horas de transporte y puesta en marcha) por lo que sí lo hacemos trabajar más tiempo, el promedio podría bajar todavía más. A medida que avanzan las horas de bombeo, la tabla de agua va disminuyendo a niveles que poco a poco van dejando de ser peligrosos para la plantación.

En la figura 2.18 y 2.19 se puede apreciar las diferencias de tamaño entre un racimo afectado por exceso de agua y otro bien desarrollado gracias a un buen drenaje.

Se deben tener en cuenta los procesos normales de mantenimiento de bombas:

- Inspecciones diarias que comprenden la observación del funcionamiento del equipo y cualquier cambio en el sonido de la bomba en funcionamiento, cambios bruscos en la temperatura o fugas o fugas de lubricantes o combustible.

FIGURA 2.18 RACIMO PEQUEÑO AFECTADO POR EXCESO DE AGUA

FIGURA 2.19 RACIMO BIEN DESARROLLADO

- Mantener la alineación y temple apropiado de las poleas y bandas, el tensado debe verificarse después de hacer girar las poleas con el propósito que las bandas se asienten correctamente en las poleas y no haya vibración.
- Los rodamientos de la bomba deben engrasarse cada 50 horas para evitar el contacto metálico entre los elementos rodantes. Los retenedores de los rodamiento se deben cambiar cada año, así como la limpieza e inspección de los rodamientos y sus componentes.
- Periódicamente revisar el estado de las empaquetaduras.

gran caudal, obteniendo muy buenos rendimientos en el tiempo de trabajo y abarcando la totalidad de la bananera (tres canales colectores principales) gracias a la estructura del equipo, que con su chasis con ruedas, lo hacen muy manejable, fácil de transportar e ideal para drenajes de emergencia en casos de inundaciones.

En cuanto a la puesta en marcha, a las estaciones de bombeo más comunes y no axiales, hay que sumarle que una vez que el equipo ha sido instalado, es necesario prepararlo para empezar a bombear (cebar la bomba), lo que toma un cierto tiempo y puede resultar dificultoso si hay objetos sólidos en suspensión que obstruyan el sellado de la válvula de pie.

Para cebar la bomba se necesita otra bomba pequeña, y si no se dispone de una, se necesitaran algunas personas para que mediante baldes puedan llevar el agua a la bomba desde el canal o desde algún otro lugar. Los problemas de puesta en marcha se reducen drásticamente con el equipo portátil, el mismo que como ya hemos mencionado antes, por el uso de bomba axial, soluciona el problema de la demora en empezar a bombear, ya que al no utilizar las válvulas de pie no es necesario cebarlas y es posible ponerlas en funcionamiento inmediatamente después de colocarse en el sitio.

Anteriormente los tiempos para desalojar el volumen total en cada sector era mayor que cuando se instaló el equipo portátil como vemos en la tabla 4:

TABLA 4

COMPARACIÓN DEL TIEMPO DE DRENAJE EN HORAS

	Con equipo anterior	Equipo anterior más portátil
Sector A	30,27	23,42
Sector B	29,83	22,98
Sector C	29,22	22,37

Se obtuvo una mejora en el tiempo de bombeo del **22,63%** en el sector A, **22,96%** en el sector B y **23,44%** en el sector C.

El promedio de horas de bombeo antes de la solución era 29,77, utilizando el equipo portátil es de **22,92** y el promedio de la mejora en el tiempo es del **23,01%**.

3.2 Con relación a los costos

En la tabla 5 vemos la diferencia entre las producciones cuando el drenaje era deficiente (años 1998 y 1999) y cuando se realizo un buen drenaje y a tiempo (año 2000).

TABLA 5

PRODUCCIÓN PROMEDIO EN CAJAS POR HECTÁREA POR MES, AÑOS 98, 99 Y 2000.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1998	202	161	165	207	138	118
1999	169	172	209	171	142	147
2000	170	168	203	182	184	205

	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1998	123	102	126	129	147	208
1999	97	95	116	118	142	203
2000	153	178	129	157	218	179

Como vimos en 1.1, en el año 1998 tenemos un promedio anual de 34,45 cajas por hectárea por semana y un total de cajas de 111.449,88 en el año.

En el año 1999 tenemos un promedio anual de 34,25 cajas por hectárea por semana y un total de cajas de 108.712,24 en el año.

Con la producción del año 2000 llegamos a los siguientes resultados: 2.126 cajas por hectárea por año, divididas entre 52 semanas de corte nos da un promedio anual **de 40,88 cajas por hectárea por semana**. La producción anual de las 61,04 hectáreas es de **129.756,39 cajas**.

El incremento del año 1998 al 2000 es del **16,43 %** y del año 1999 al 2000 es del **19,36%**.

En el año 2000 se produjeron 21.044,15 cajas más que en el año 1999, si hacemos el calculo con un precio por caja promedio de US$2,00, que es un valor bajo que a propósito tomamos como referencia por los problemas a los que esta sometida esta actividad en los últimos años, obtenemos un ingreso mayor al percibido en el año 1999 por un valor de US$42.088,30, cantidad superior a los US$16.700,00 que fue el costo del equipo portátil.

Logramos conseguir una solución relativamente económica ya que con el ensamblado del equipo portátil pudimos aumentar el caudal de bombeo y la producción sin tener que cambiar las estaciones ya existentes.

Otra consideración por la que es conveniente el uso del equipo portátil es que si se afectara el área baja de la plantación, aproximadamente el 20% de la bananera, 12,21 hectáreas, un valor estimado para rehabilitarla sería, también aproximadamente, US$3.000,00 por cada hectárea, esto es, US$36.630,00. Este valor es más del doble de lo que costó la solución aplicada.

2. Analizar la posibilidad de cambiar las bombas centrífugas por bombas axiales para obtener un mejor rendimiento y ahorro de combustible.

3. Realizar mantenimiento de rutina y preventivo en todos los equipos de drenaje para que éstos estén siempre listos cuando sea necesario usarlos.

BIBLIOGRAFIA

1. **ARROBA SALVADOR ERNESTO,** “La teoría del ciclo económico bananero y el Fenómeno de El Niño: el caso del Ecuador desde 1948 al 2000”, Centro de Investigaciones de la UEES

2. **BECK, WESLEY,** “Pruebas de Bombas” en Manual de Bombas, Karassik, Krutzsch, Fraser, Messina. Editorial McGraw Hill

3. **BRAVO CORDOVA EDUARDO,** “Diseño de un prototipo de bomba de flujo axial y su modelo”, Tesis ESPOL 1989

4. **DUQUE RIVERA JORGE,** Reporte Peritaje No. 144-96, Juzgado 30 de lo Civil de Durán

5. **FERNANDEZ HOLGUIN ANTONIO,** El Banano en Ecuador. Cultivo, plagas y enfermedades. 1980

6. **GALLO FERNANDEZ OSCAR,** “Aspectos Ecológicos del banano”, Centro de Investigaciones de la UEES

7. **HUMAN RIGHTS WATCH,** New York, Boletín 2002

8. **MARKS,** Manual del Ingeniero Mecánico, Baumeister, Avallone, Baumeister III. Editorial McGraw Hill

9. **McNAUGHTON KENNETH**, Bombas Selección, Uso y Mantenimiento. Editorial McGraw Hill

10. **MINISTERIO DE AGRICULTURA,** Unidad de Banano, "Catastro de Productores a Diciembre 2000" mayo 2001

11. **NUÑEZ ALVAREZ REMIGIO,** El Cultivo del Banano. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Programa Nacional del Banano. Sección Cooperativas. 1989

12. **OPTIBELT.** The Optibelt Technical Manual. Segunda Edición

13. **SANCHO VARGAS HERNAN,** "Efectos del mal drenaje y su control sobre la productividad del cultivo del banano" II Congreso de Suelos 1996. Costa Rica

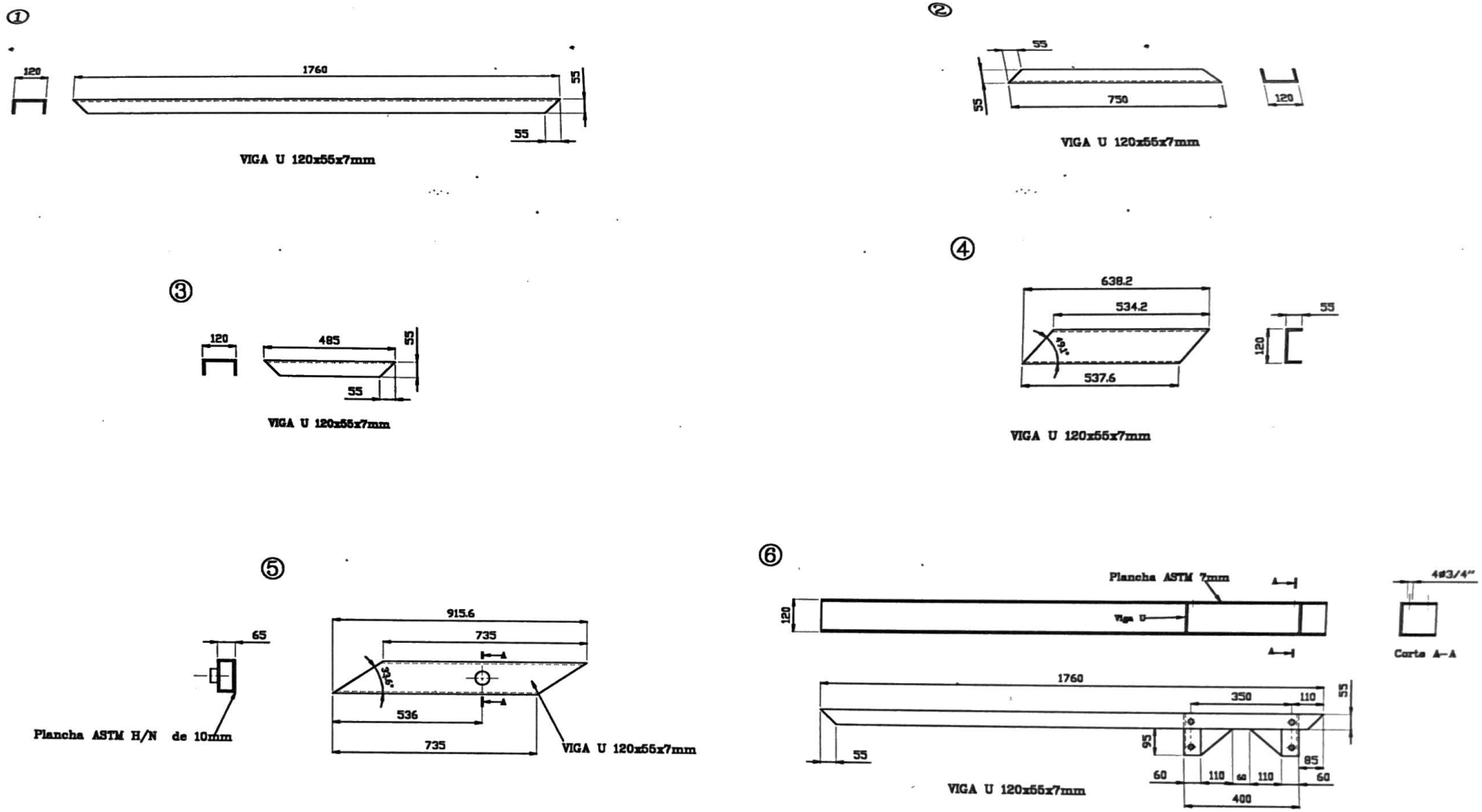
14. **TOBAR PAULINA,** "Efectos económicos y financieros del fenómeno de "El Niño" 2002", Superintendencia de bancos y seguros

15. **VICUÑA IZQUIERDO LEONARDO,** Ecuador Siglo XXI Realidad Nacional (ESPOL, ICHE, 2000)

16. **WHITE FRANK M.,** Mecánica de Fluidos, Editorial McGraw Hill

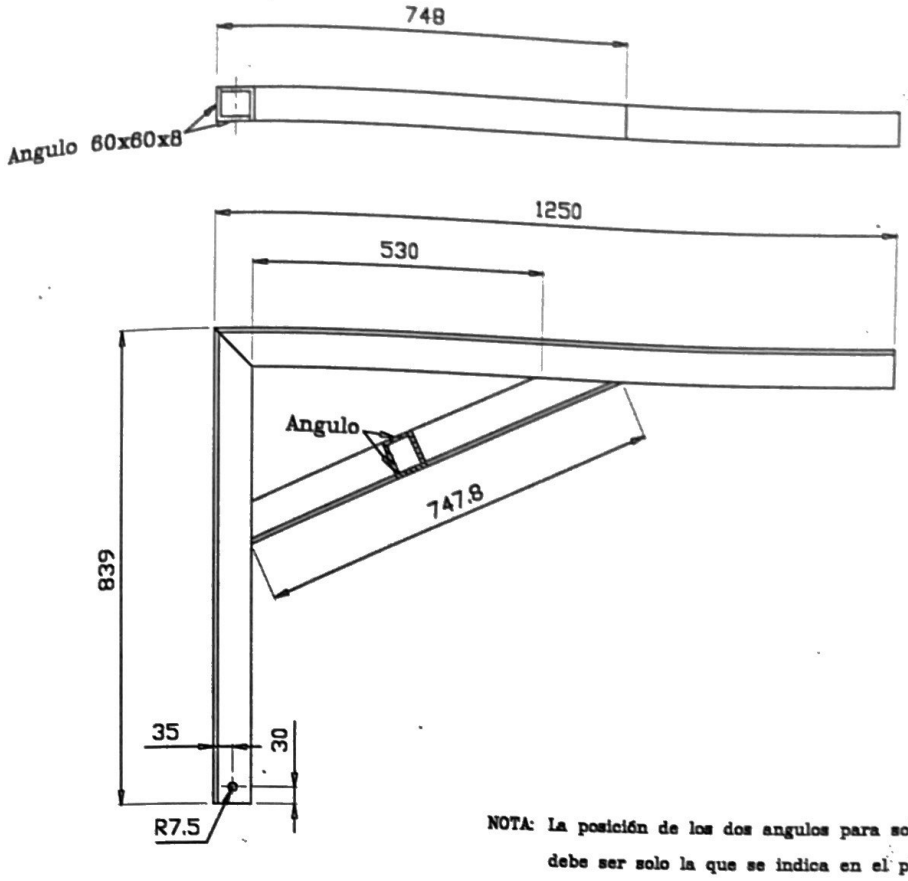
APENDICES

PLANOS



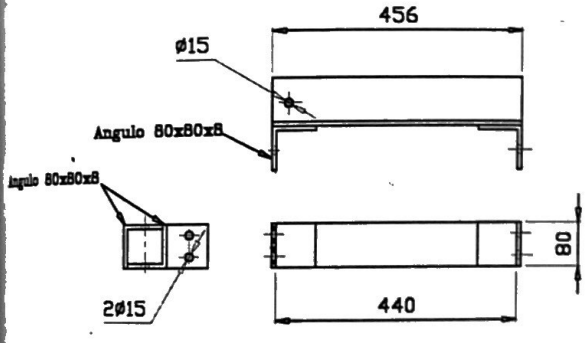
ESPOL
1953
ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"
F.I.M.C.P.

				TOLERANCIA:	HOJA (Dm.)	MATERIALES:
				FECHA	NOMBRE:	DENOMINACION: VIGAS PARA CHASIS — ESCALA: 1:20
				Dib. JUL/99	O. ANDRE	
				Rev. JUL/99	Ing. MINCHALA	
				Apro.		CLIENTE:
DIBUJO	MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	APLITEC		PLANO No. B14-CHAS-02

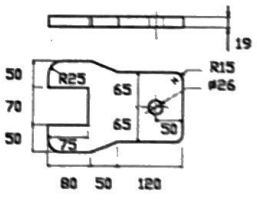


NOTA: La posición de los dos angulos para soldar debe ser solo la que se indica en el plano.

SOPORTE MACHO



SOPORTE HEMBRA

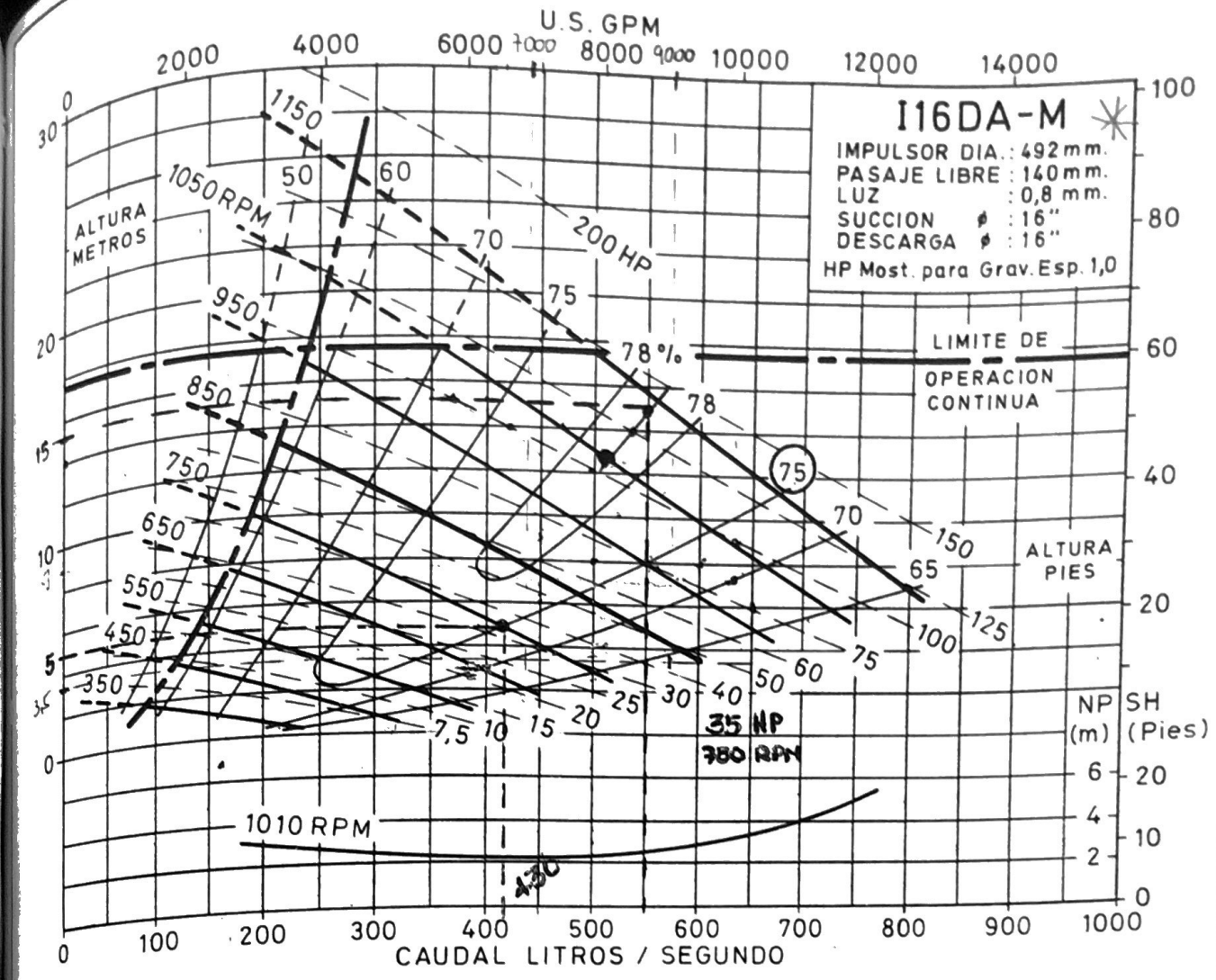


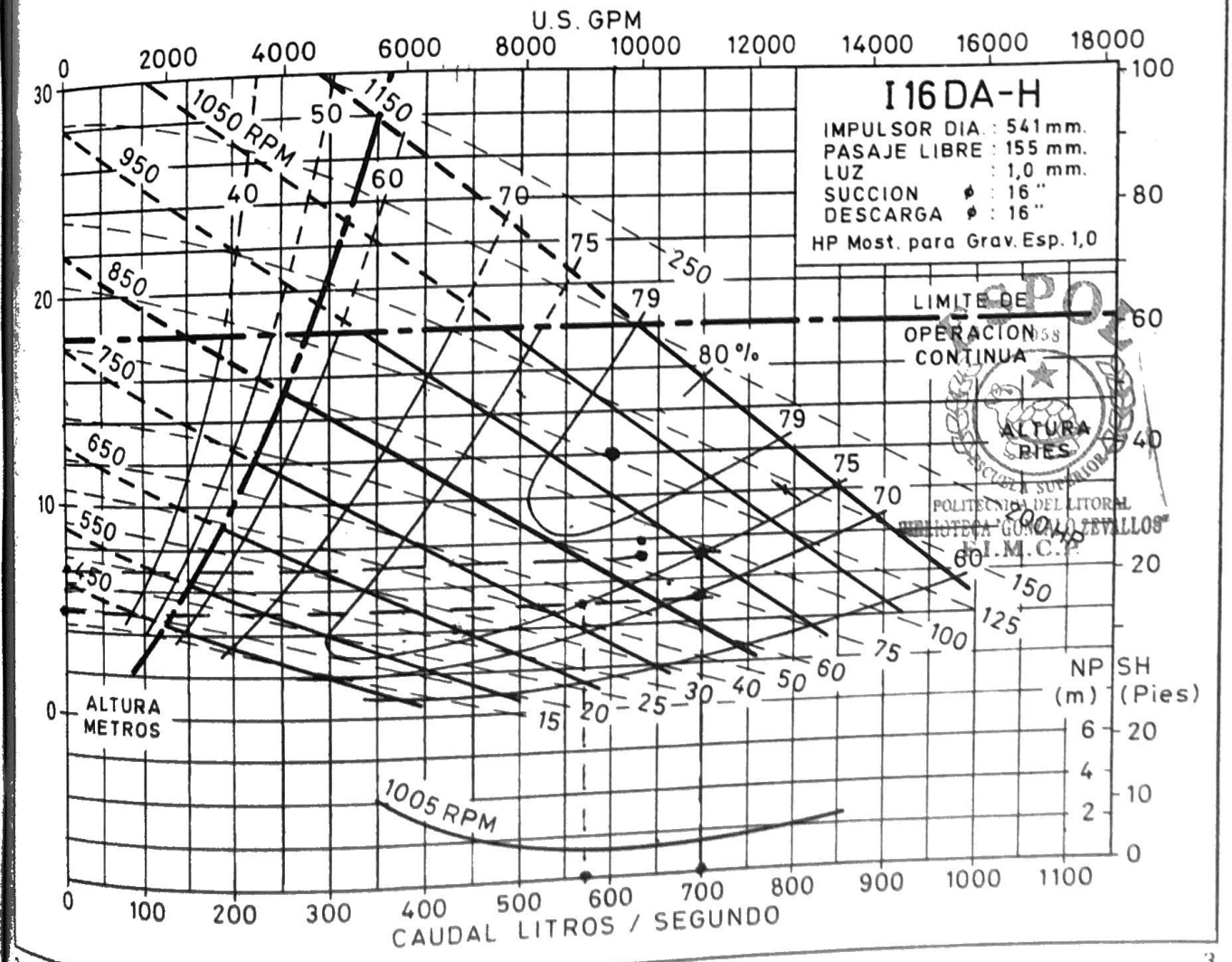
TIRO

ESPOL
1958
ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"
F.I.M.C.P.

TOLERANCIA:		MATERIALES:		
	FECHA	NOMBRE:	DENOMINACION:	ESCALA:
Dib.	JUL/99	O. ANDRE	Elementos del tiro del chasis	1:15
Rev.	JUL/99	Ing. MICHEL		
Apro.			CLIENTE:	
APLITEC			PLANO No. B14-CHAS-03	

APENDICE A: CURVAS DE RENDIMIENTO Y EFICIENCIA DE BOMBA CENTRIFUGA DE 16 PULGADAS

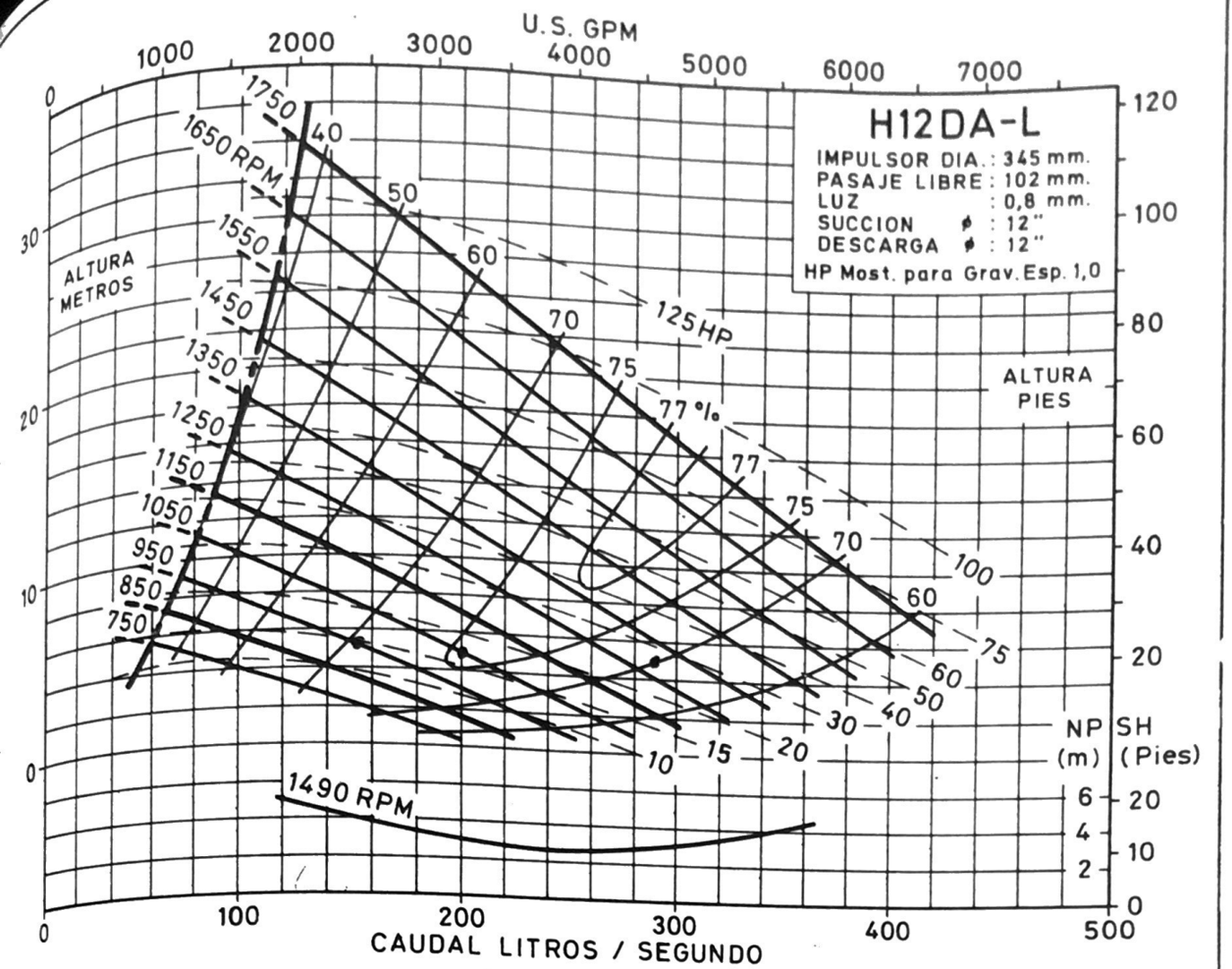


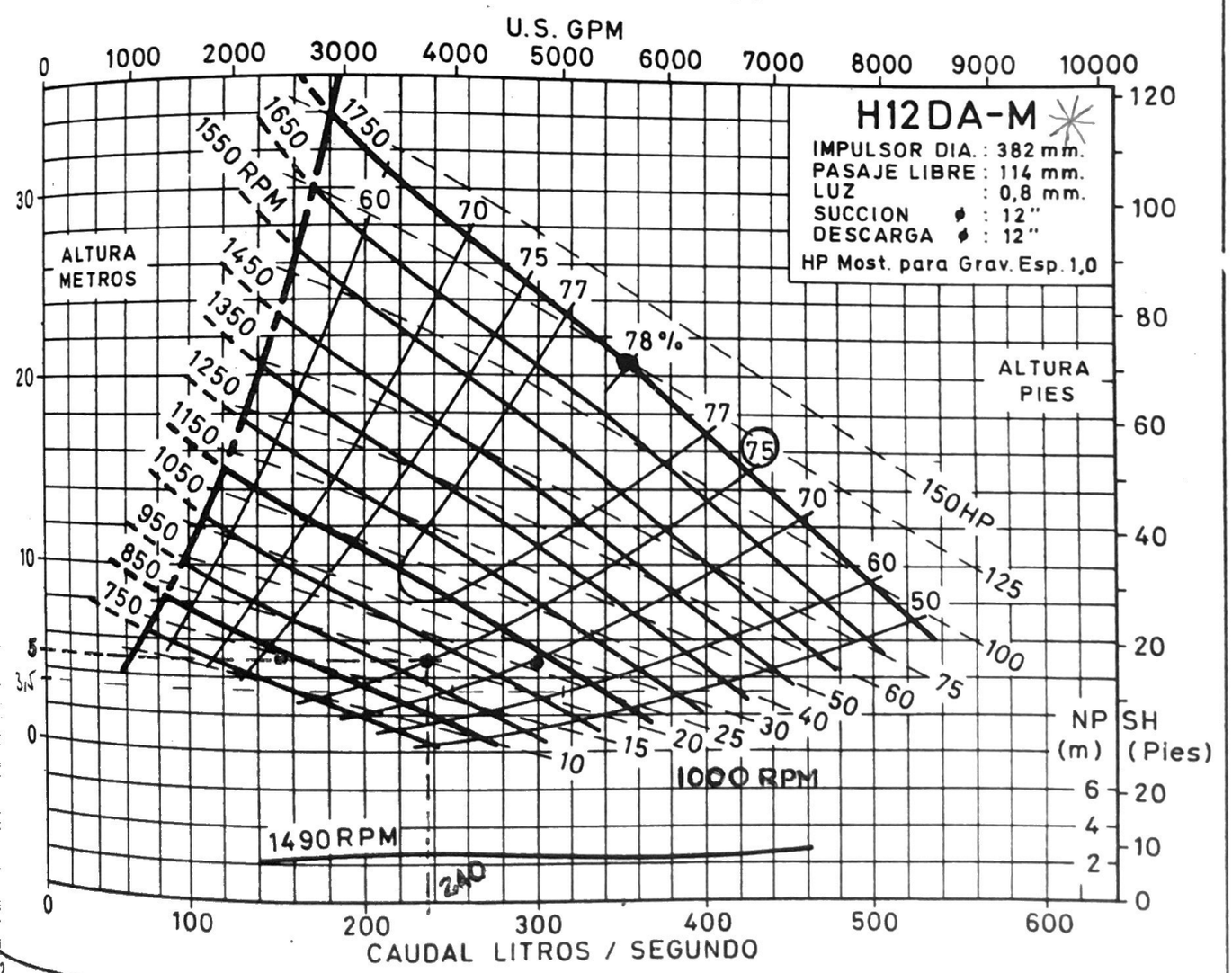


ESPOL
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"
F.I.M.C.P.

1-220-11 5 85

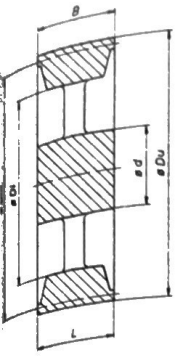
APENDICE B: CURVAS DE RENDIMIENTO Y EFICIENCIA DE BOMBA CENTRIFUGA DE 12 PULGADAS


U.S. GPM
1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000
H12DA-L
IMPULSOR DIA. : 345 mm.
PASAJE LIBRE : 102 mm.
LUZ : 0,8 mm.
SUCCION ϕ : 12"
DESCARGA ϕ : 12"
HP Most. para Grav. Esp. 1,0
ALTURA METROS
ALTURA PIES
1750
1650 RPM
1550
1450
1350
1250
1150
1050
950
850
750
40
50
60
70
75
77 %
77
75
70
60
50
40
30
20
15
10
125 HP
100
75
60
1490 RPM
NP SH (m)
NP SH (Pies)
0 100 200 300 400 500
CAUDAL LITROS / SEGUNDO


U.S. GPM
0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000
H12DA-M
IMPULSOR DIA. : 382 mm.
PASAJE LIBRE : 114 mm.
LUZ : 0,8 mm.
SUCCION ϕ : 12"
DESCARGA ϕ : 12"
HP Most. para Grav. Esp. 1,0
ALTURA METROS
ALTURA PIES
1650
1750
1550 RPM
1450
1350
1250
1150
1050
950
850
750
60
70
75
77
78 %
77
75
70
60
50
40
30
25
20
15
10
150 HP
125
100
75
60
50
1000 RPM
1490 RPM
NP SH (m)
NP SH (Pies)
0 100 200 300 400 500 600
CAUDAL LITROS / SEGUNDO

APENDICE C: TABLA PARA ELECCION DE POLEAS TYPE 7Ox

C-3



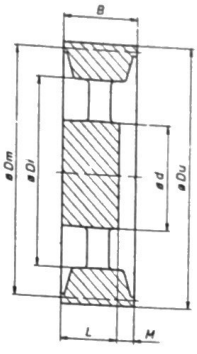
TYPE 7○×
= 90 mm

CODE	Dm	Du	Bore Bohrung Udboring Alesage Taladra	TYPE[1]	d	L	Unbalance Unwucht Ubalance Déséquilibrage Desequilibrado	Weight Gew. Vægt Poids Peso	Di	M	N	M Meehanite
Ref.	mm	mm	mm Max.	Ref.	mm	mm	gcm Max.	Kg	mm	mm	mm	Ref.
34.0180.03	**180**	199	**50**	7○	80	90	118,0	9,2	143	-	-	GD
34.0200.03	**200**	219	**53**	7×	85	90	136,0	10,1	163	-	-	GD
34.0225.03	**225**	244	**56**	7×	90	90	180,0	11,7	188	-	-	GD
34.0236.03	**236**	255	**56**	7×	90	90	174,0	11,7	198	-	-	GD
34.0250.03	**250**	269	**56**	7×	90	90	219,0	12,7	213	-	-	GD
34.0265.03	**265**	284	**56**	7×	90	90	242,0	13,6	328	-	-	GD
34.0280.03	**280**	299	**60**	7×	95	90	280,0	14,6	243	-	-	GD
34.0300.03	**300**	319	**60**	7×	95	90	317,0	15,7	264	-	-	GD
34.0315.03	**315**	334	**60**	7×	95	90	330,0	15,6	278	-	-	GD
34.0335.03	**335**	354	**60**	7×	95	90	392,0	17,2	298	-	-	GD
34.0355.03	**355**	374	**69**	7×	110	90	479,0	20,0	318	-	-	GD
34.0400.03	**400**	419	**69**	7×	110	90	594,0	22,0	363	-	-	GD
34.0450.03[2]	**450**	469	**75**	7×	120	90	798,0	26,2	411	-	-	GD
34.0500.03[2]	**500**	519	**75**	7×	120	90	955,0	28,3	461	-	-	GD
34.0560.03[2]	**560**	579	**75**	7×	120	90	1175,0	31,0	620	-	-	GD
34.0630.03[2]	**630**	649	**81**	7×	130	90	1625,0	38,5	591	-	-	GD
34.0710.03[2]	**710**	729	**81**	7×	130	90	1859,0	39,1	671	-	-	GD
34.0800.03[2]	**800**	819	**88**	7×	140	90	2844,0	53,3	759	-	-	GD

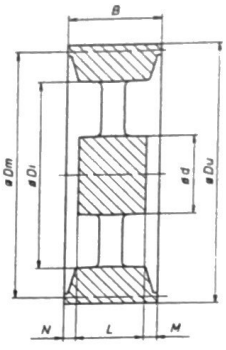
[1] ● - Solid Pulley — Vollscheibe — Massiv skive — Poulie Pleine — Polea Llena
○ - Plate Pulley — Bodenscheibe — Kropskive — Poulie á Toile — Polea Tela
× - Arm Pulley — Armscheibe — Egerskive — Poulie á Bras — Polea con Brazos
[2] Non stock

APENDICE D: TABLA PARA ELECCION DE POLEAS TYPE 5Ox – 8 x

C-4



TYPE 5○×
B = 116 mm



TYPE 8 ×
B = 116 mm

CODE	Dm	Du	Bore Bohrung Udboring Alesage Taladra	TYPE[1]	d	L	Unbalance Unwucht Ubalance Déséquilibrage Desequilibrado	Weight Gew. Vægt Poids Peso	D_i	M	N	Meehanite
Ref.	mm	mm	mm Max.	Ref.	mm	mm	gcm Max.	Kg	mm	mm	mm	Ref.
34.0180.04[2]	**180**	199	**53**	5○	85	92	126,0	10,0	143	24	-	GD
34.0200.04[2]	**200**	219	**56**	5×	90	92	160,0	12,2	163	24	-	GD
34.0225.04[2]	**225**	244	**60**	5×	95	92	216,0	14,3	188	24	-	GD
34.0236.04[2]	**236**	255	**60**	5×	95	92	230,0	14,3	199	24	-	GD
34.0250.04[2]	**250**	269	**60**	5×	95	92	263,0	15,4	213	24	-	GD
34.0265.04[2]	**265**	284	**60**	5×	95	92	288,0	16,3	228	24	-	GD
34.0280.04[2]	**280**	299	**63**	5×	100	92	324,0	17,1	243	24	-	GD
34.0300.04[2]	**300**	319	**63**	5×	100	92	394,0	19,5	264	24	-	GD
34.0315.04[2]	**315**	334	**63**	5×	100	92	405,0	19,3	278	24	-	GD
34.0335.04[2]	**335**	354	**63**	5×	100	92	493,0	22,0	298	24	-	GD
34.0355.04[2]	**355**	374	**69**	5×	110	92	522,0	22,2	318	24	-	GD
34.0400.04[2]	**400**	419	**69**	8×	110	90	677,0	25,4	363	13	13	GD
34.0450.04[2]	**450**	469	**75**	8×	120	90	912,0	30,0	411	13	13	GC
34.0500.04[2]	**500**	519	**75**	8×	120	90	1128,0	33,6	461	13	13	GD
34.0560.04[2]	**560**	579	**75**	8×	120	90	1425,0	38,0	521	13	13	GD
34.0630.04[2]	**630**	649	**81**	8×	130	90	2024,0	47,6	591	13	13	GC
34.0710.04[2]	**710**	729	**81**	8×	130	90	2489,0	52,5	671	13	13	GD
34.0800.04[2]	**800**	819	**88**	8×	140	90	3168,0	59,0	759	13	13	GD
34.0900.04[2]	**900**	919	**88**	8×	140	100	3936,0	65,0	859	8	8	GD
34.1000.04[2]	**1000**	1019	**94**	8×	150	100	5014,0	74,6	959	8	8	GD

ESPOL
1958
ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"
F.I.M.C.P.

[1] ●-Solid Pulley
○-Plate Pulley
×-Arm Pulley
[2] Non stock

Vollscheibe	Massiv skive	Poulie Pleine	Polea Llena
Bodenscheibe	Kropskive	Poulie à Toile	Polea Tela
Armscheibe	Egerskive	Poulie à Bras	Polea con Brazos

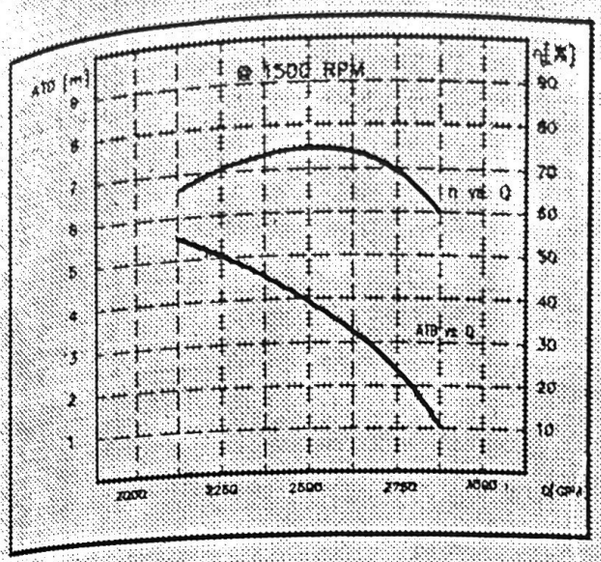
APENDICE E: CURVAS CARACTERISTICAS DE BOMBAS AXIALES APLITEC

BOMBAS APLITEC PORTATILES

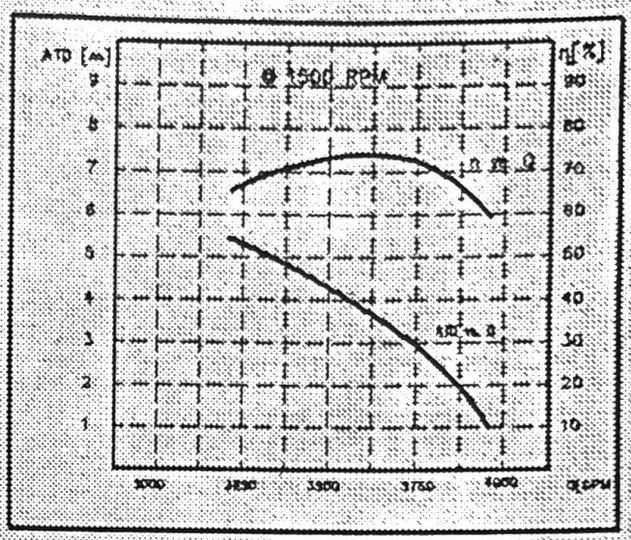
"Ready to Use Pumps" ® de baja presión

CURVAS CARACTERISTICAS

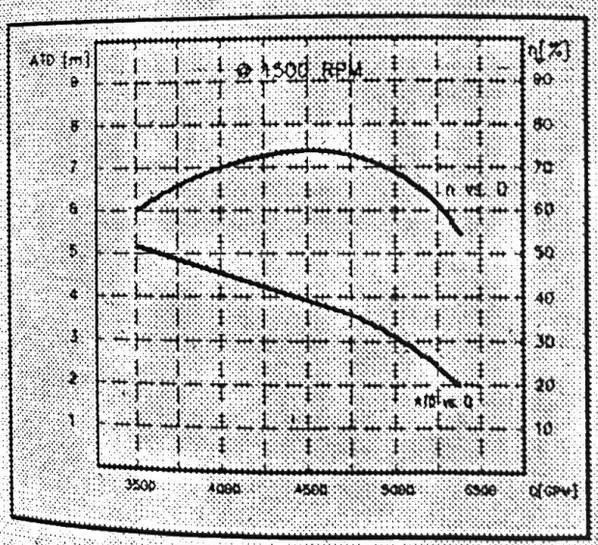
Modelo A-10-P



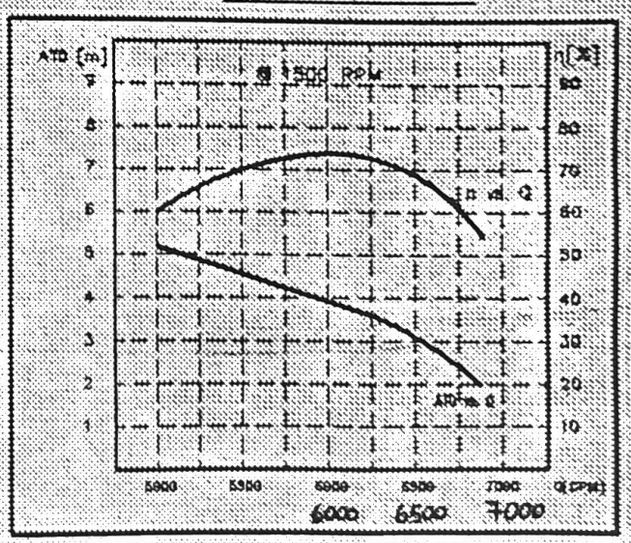
Modelo A-12-P



Modelo A-14-P



Modelo A-16-P



PROYECTOS Y MAQUINARIAS AGROINDUSTRIALES
OFICINAS Y PLANTA: KM. 2 VIA DURAN-TAMBO; TELF: (593)(4)809845-55; FAX: 800825; CASILLA 09-04-117-P
GUAYAQUIL-ECUADOR

APENDICE F: TABLA DE LONGITUDES EQUIVALENTES

TABLA 8a Longitud equivalente representativa en diámetros de tubería (L/D) de diversas válvulas y conexiones. (Del Crane Co. Technical Paper 410, Flow of Fluids through Valves, Fittings and Pipe. Copyright 1969.)

Descripción del producto				Longitud equivalente en diámetros de tubería, L/D
Válvulas de globo	Barra perpendicular a la carrera	Sin obstrucción en asientos de tipo plano, cónico o de tapón	Compl. abier.	340
		Con ala o disco guiado con pasador	Compl. abier.	450
	Patrón Y	(Sin obstrucción en asientos de tipo plano, cónico o de tapón) Con varilla a 60° con respecto a la carrera de la tubería	Compl. abier.	175
		Con varilla a 45° con respecto a la carrera de la tubería	Compl. abier.	145
Válvulas angulares		Sin obstrucción en asientos de tipo plano, cónico o de tapón	Compl. abier.	145
		Con ala o disco guiado con pasador	Compl. abier.	200
Válvulas de compuerta	De cuña, de disco, de doble disco o de disco y tapón		Completamente abiertas	13
			Abierta tres cuartos	35
			Abierta a la mitad	160
			Abierta un cuarto	900
	De pasta		Completamente abiertas	17
			Abierta tres cuartos	50
			Abierta a la mitad	260
			Abierta un cuarto	1200
Válvulas de compuerta, de bola y de tapón en tubería conductora			Compl. abier.	3*
Válvulas de retención	Convencionales, de charnela		0.5† Compl. abier.	135
	De charnela de paso libre		0.5† Compl. abier.	50
	De globo ascendente o tope; varía perpendicular a la carrera o patrón Y		2.0† Compl. abier.	Igual que para la del globo
	De ángulo de elevación o tope		2.0† Compl. abier.	Igual que la angular
	De bola en línea	2.5 vertical y 0.25 horizontal†	Compl. abier.	150
Válvulas de pie con cedazo		Con disco de tipo orquilla de movimiento ascendente	0.8† Compl. abier.	420
		Con disco de bisagra de cuero	0.4† Compl. abier.	75
Válvulas de mariposa (8 pulg y mayores)			Compl. abier.	40
Llaves	De paso recto h	El área del orificio del tapón rectangular igual al 100% del área de la tubería	Compl. abier.	18
	De 3 pasos	El área del orificio del tapón rectangular igual al 80% del área de la tubería (completamente abierta)	Flujo directo	44
			Flujo a través del ramal	140
Conexiones	Codo estándar a 90°			30
	Codo estándar a 45°			16
	Codo de radio largo a 90°			20
	Codo de servicio a 90°			50
	Codo de servicio a 45°			26
	Codo en escuadra			57
	T estándar	Con flujo a lo largo de la carrera		20
		Con flujo a través de un ramal		60
	Doblez de retorno de patrón cerrado			50

APENDICE G: DIAGRAMA DE MOODY

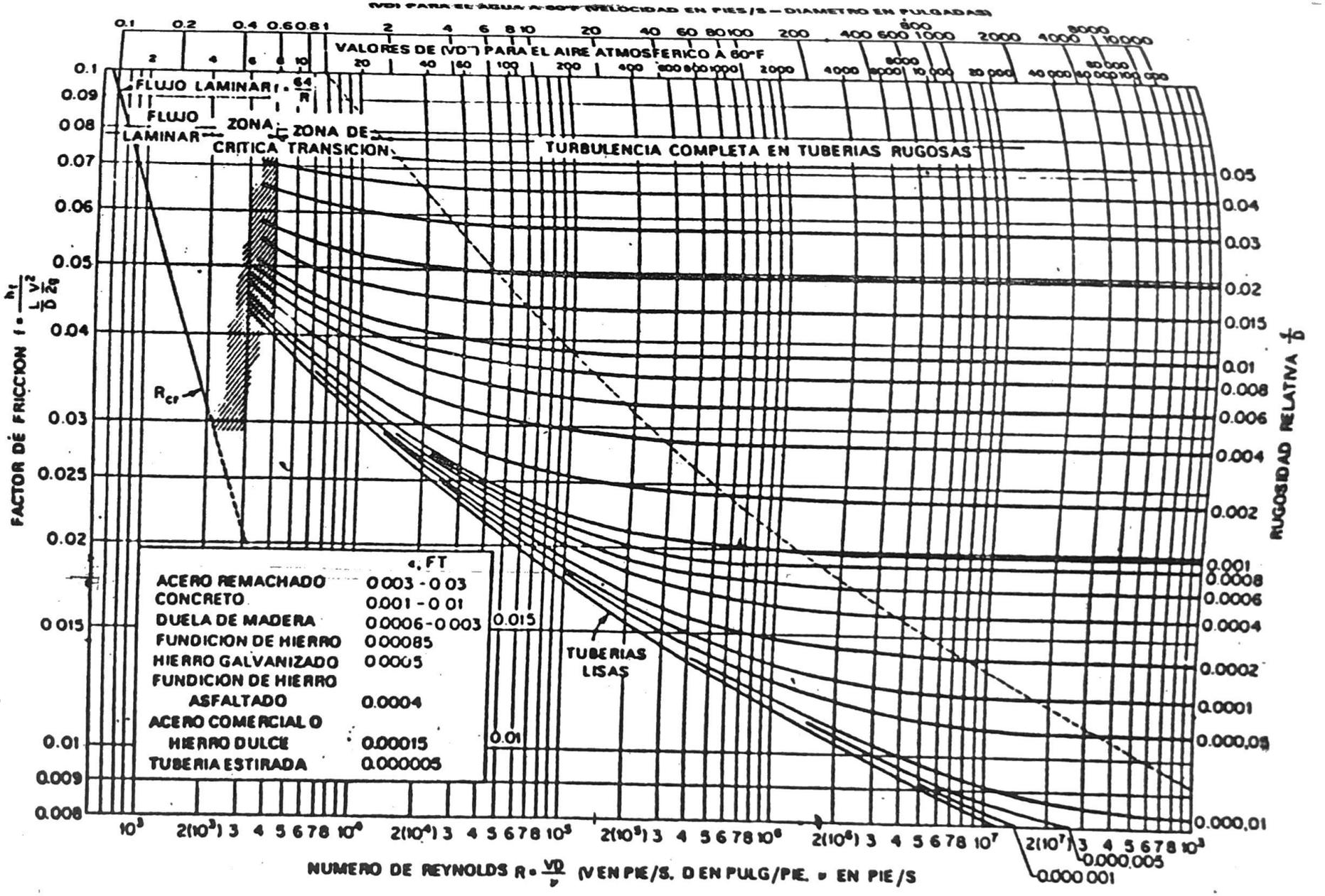


Fig. 28 Diagrama de Moody (V. L. Streeter, "Fluid Mechanics", 5a. ed., Copyright 1971 por McGraw-Hill Book Company, Nueva York.)

APENDICE H: ESPECIFICACIONES DEL MOTOR VM 3105

... for a cleaner and quieter environment

Construction technology

Modular Structure: the same cross section (module) that is a single assembly consisting of head, liner, piston, connecting rod and crank arm-is common to the whole series. The advantages of this structure are rationalization, production economy, reduced costs, easy maintenance.

Valve timing: the camshaft is located in side position and driven by a single pair of gears. This is the most appropriate solution to guarantee accuracy, quietness and reliability. In addition, it enables a large number of P.T.O.'s to be operated without belt drive.

Injection System: 4 and 6 cyl. models are equipped with rotary, gear-driven, injection pumps. The other, 1, 2 and 3 cylinder, models have single injection pumps fitted into the crankcase, directly operated by the camshaft and high-precision speed governor (VM type).

Crankshaft: made of nitrided forged steel.

Piston: made of hipereutectic aluminium alloy to ensure higher stability in presence of different thermal coefficients.

Piston Rings: three seal rings and one chromed scraper ring with tangential load studied for prolonged running at low speed; this peculiarity reduces oil consumption during no-load operation.

Cooling: air-cooling by means of one-piece die cast axial fan, characterized by high efficiency (high air flow with low power absorption) and reduced noise (accurate study of resonance frequency). The air flow is sufficient to cool also the oil of a possible hydraulic drive.

Lubrification: a newly designed lubricating system for cooling pistons by means of a pressure oil jet. Internal and external channels have been specially designed to ensure maximum protection and working safety.

Power take-off: 1) front side of crankshaft. This is a take-off suitable for fitting tandem pumps. - 2) Front side on the left side of the cover. - 3) Front side on the right side of the cover (available for 4 and 6 cylinder).
Provision for P.T.O. on front cover is suitable for simple and direct fitting on internal gears, without the use of expensive couplings.

Technical data
4 Stroke diesel engines, cylinders in line, direct injection. Air cooled.

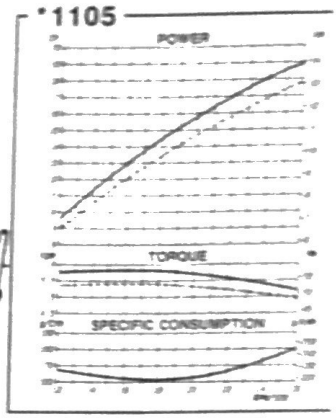
Engine model	Asp.	cyl. n°	Bore x Stroke mm	Displac. l	Power "F" DIN 70020 kW	CV	"B" DIN 6271 kW	CV	"A" DIN 627 kW	CV
*1105	N	1	105 x 115	0.996	16 2600 rpm	22	14 2600rpm	19	13 2600 rpm	18
2105	N	2	105 x 115	1.992	34 2600 rpm	46	31 2600 rpm	42	28 2600 rpm	38
3105	N	3	105 x 115	2.987	51 2600 rpm	69	47 2600 rpm	64	43 2600 rpm	58
3105 T	T	3	105 x 115	2.987	59 2400 rpm	80	53 2400 rpm	73	49 2400 rpm	67
4105 e	N	4	105 x 115	3.984	64 2400 rpm	87	58 2400 rpm	79	52 2400 rpm	71
4105 Te	T	4	105 x 115	3.984	86 2400 rpm	117	77 2400 rpm	105	69 2400 rpm	94
4105 Ie	I	4	105 x 115	3.984			75 1500 rpm	102	68 1500 rpm	93
6105 e	N	6	105 x 115	5.976	97 2400 rpm	132	88 2400 rpm	120	80 2400 rpm	109
6105 Te	T	6	105 x 115	5.976	128 2400 rpm	174	116 2400 rpm	158	106 2400 rpm	144
6105 Ie	I	6	105 x 115	5.976	138 2300 rpm	188	125 2300 rpm	170	113 2300 rpm	154

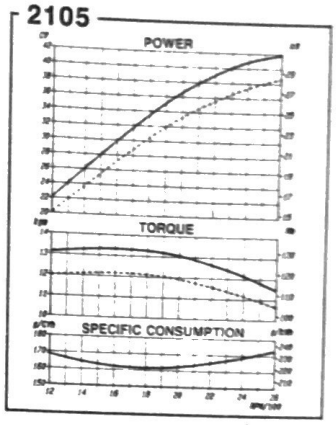
ASPIRATION: N - natural T - turbocharged I -

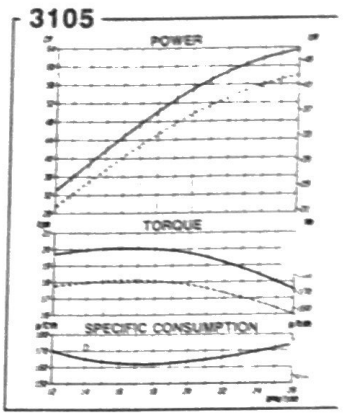
Performances

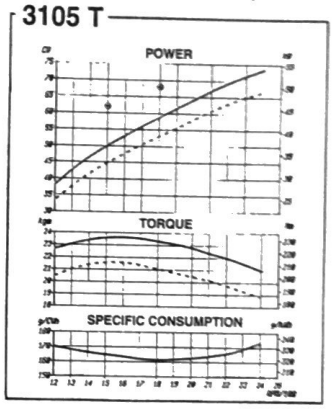
after 50 hours running in

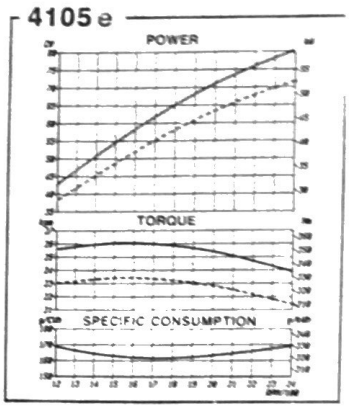
—— Cont. power "B"
------ Cont. power "A"

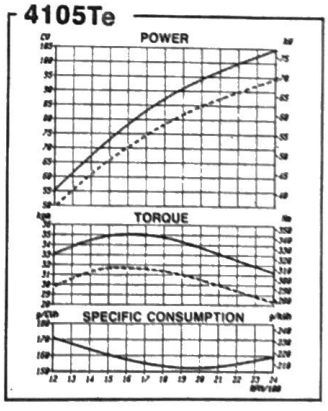


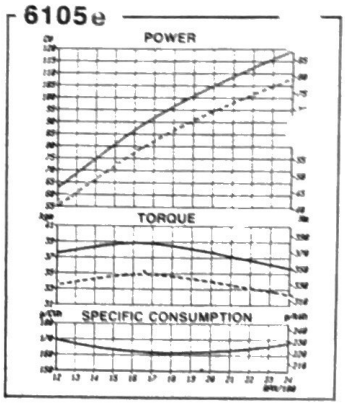


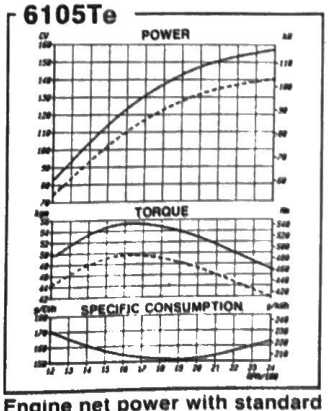


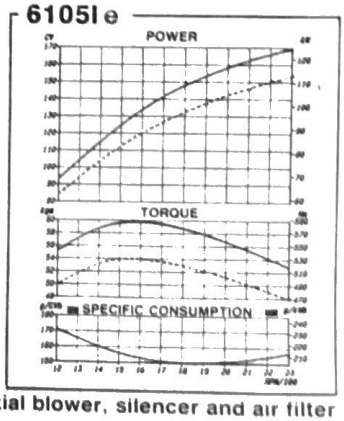












Standard equipment

- Starter handle (1105)
- 12V electric equipment (without instrument panel)
- Alternator with W
- Oil bath air filter (fitted dry air cleaner supplied loose for 6 cyl and turbocharged engines)
- Oil filter
- Accelerator control lever
- Independent stop lever (2 and 3 cyl)
- Automatic supplement
- Electrostop valve (4 and 6 cy)
- Oil pressure switch
- Flywheel housing SAE4 (SAE3 for 4105 Ie and 6105 Ie)
- Flat face flywheel
- Flywheel SAE for 4105 Ie and 6105 Ie
- Exhaust counterflange
- Transportation brackets
- Paint
- Tool kit and instruction manual

Optional equipment

- Starter handle (2 and 3 cyl)
- 24 V electric equipment
- Electronic speed governor (GE)
- Instrument panel with hourmeter tachometer and alarm
- Accelerating lever and hand-operated stop
- 30 and 50 litres fuel tank
- Thermostarter for cold climates
- Duplex type fuel filter
- Warm air duet
- Automatic stop device for LOP/HOT
- Oil sump for steep slope
- Oil suction pump for draining the sump
- Electric shut-down (2 and 3 cyl)
- Oil radiator for hydraulic transmission (not for 4105 Ie and 6105 Ie)
- Special brackets and flexible supports
- Exhaust gas silencer
- Belt guard
- Air filter with cyclone precleaner (2-3-4 cyl)
- Dry air cleaner (2-3-4 cyl)
- Fitted air compressor
- Front and rear hydraulic pump adaptors
- Rear gearbox adaptor
- Industrial clutch (load and free position)
- Generating set flywheel
- Flexible coupling on the flywheel
- Flywheel housing SAE3

Torque DIN 6271 Kgm	Spec. Consumption "B" DIN 6271 g/kWh	g/CVh	Dimensions (L x W x h) mm	Dry Weight Kg
6 1800 rpm	230	169	543x580x733	175
14 1600 rpm	222	163	643x568x768	245
20 1600 rpm	220	162	798x568x750	312
24 1800 rpm	220	162	798x546x750	322
26 1700 rpm	220	162	961x594x798	385
35 1900 rpm	210	155	928x670x786	398
	214	158	1052x806x728	431
39 1800 rpm	222	163	1271x693x856	567
56 1900 rpm	211	155	1271x726x856	580
60 1900 rpm	208	153	1381x726x861	613
	1600 rpm			

Engine net power with standard axial blower, silencer and air filter
Tolerance ± 5%

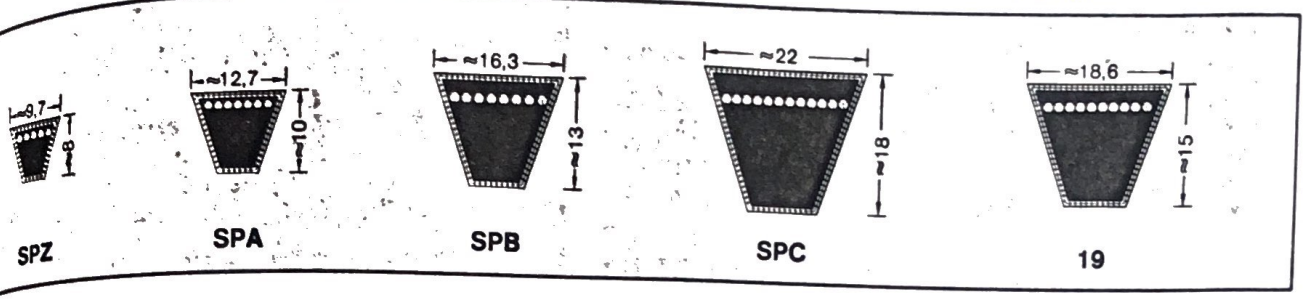
APENDICE I: INFORMACION PARA SELECCIÓN DE BANDAS

optibelt

Sections and Sizes

optibelt-SK Wedge Belts to BS 3790 and DIN 7753 Part 1

ESPOL 1958
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"
E.I.M.C.P.



Section SPZ	Section SPA	Section SPB	Section SPC	Section 19
Pitch length (mm)	Pitch length (mm)	Pitch length (mm)	Pitch length (mm)	Pitch length (mm)
487	732	1250	2000	1175
512	757	1320	2120	1475
562	782	1400	2240	1600
587	800	1500	2360	1675
612	807	1600	2500	1700
630	832	1700	2650	1775
637	850	1800	2800	1800
662	857	1900	3000	1900
670	882	2000	3150	1975
687	900	2120	3350	2000
710	907	2240	3550	2075
722	932	2360	3750	2120
737	950	2500	4000	2175
750	957	2650	4250	2240
762	982	2800	4500	2275
772	1000	3000	4750	2360
787	1007	3150	5000	2375
800	1032	3350	5300	2475
812	1060	3550	5600	2500
825	1082	3750	6000	2575
837	1107	4000	6300	2625
850	1120	4250	6700	2650
862	1132	4500	7100	2800
875	1157	4750	7500	3000
887	1180	5000	8000	3075
900	1207	5300	8500	3150
912	1232	5600	9000	3175
925	1250	6000	9500	3350
937	1257	6300	10000	3550
950	1272	6700	10600	3675
962	1282	7100	11200	3750
987	1307	7500	12500	4000
1000	1320	8000		4250
1012	1332			4375
1024	1357			4500
1037	1382			
1047	1400			
1060	1407			
1077	1432			
1087	1457			
1112	1482			
1120	1500			
1137	1507			
1162	1532			
1180	1557			
1187	1582			
1202	1600			
1212	1607			
1237	1632			
1250	1657			
1262	1682			
1287	1700			
1312	1707			
1320	1732			
1337	1757			
1347	1782			
1362	1800			
1387	1807			
1400	1832			
1412	1857			
1437	1882			
1462	1900			
1487	1907			
1500	1932			
1512	1957			
1537	1982			
1562	2000			
1587	2032			
1600	2057			
1612	2082			
1637	2120			
1662	2132			
1687	2182			
1700	2207			
1737	2232			
1762	2240			
1787	2282			
1800	2300			
1812	2307			
1837	2332			
	2360			
	2382			
	2432			
	2482			
	2500			
	2532			
	2582			
	2607			
	2632			
	2650			
	2682			
	2732			
	2782			
	2800			
	2832			
	2847			
	2882			
	2932			
	2982			
	3000			
	3032			
	3082			
	3150			
	3182			
	3282			
	3350			
	3382			
	3550			
	3750			
	4000			
	4250			
	4500			

Maximum manufacturing length: 10 000 mm
Minimum production quantity: 60 pieces for non standard lengths above 1800 mm
Belt weight: ≈ 0.070 kg/m

Maximum manufacturing length: 10 000 mm
Minimum production quantity: 54 pieces for non standard lengths above 1800 mm
Belt weight ≈ 0.119 kg/m

Maximum manufacturing length: 30 000 mm
Minimum production quantity: 45 pieces for non standard lengths above 1800 mm
Belt weight: ≈ 0.194 kg/m

Maximum manufacturing length: 30 000 mm
Minimum production quantity: 36 pieces for non standard lengths above 2000 mm
Belt weight: ≈ 0.360 kg/m

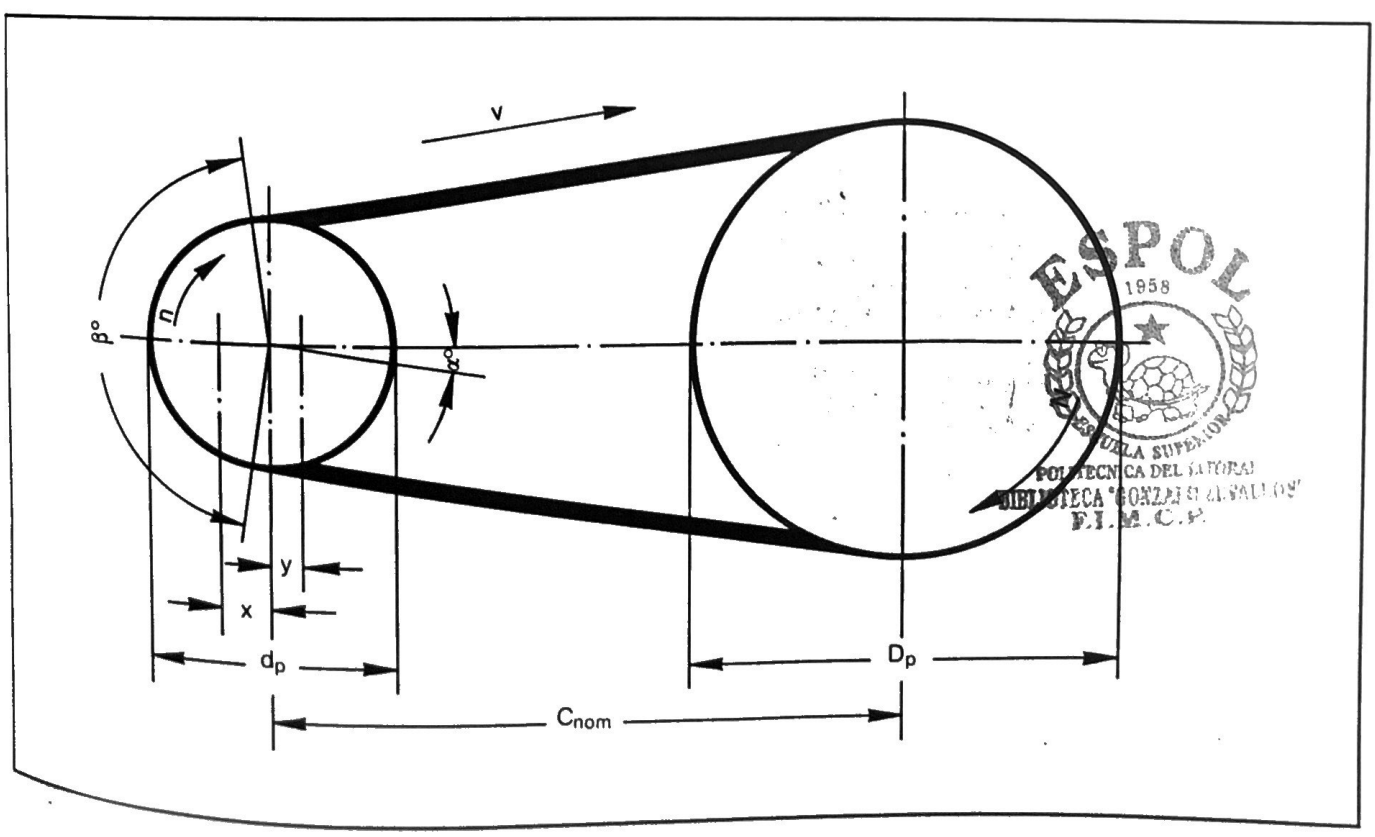
Maximum manufacturing length: 18 000 mm
Minimum production quantity: 42 pieces for non standard lengths above 1800 mm
Belt weight: ≈ 0.250 kg/m

Lengths in bold print are in the S=C plus range.

Drive Design
Abbreviations used in Formulae

C	= Drive centre distance provisional	(mm)
C_{nom}	= Drive centre distance actual	(mm)
c_1	= Arc of contact correction factor	
c_2	= Drive service factor	
c_3	= Belt length correction factor	
D_p	= Pitch diameter of the larger pulley	(mm)
d_p	= Pitch diameter of the smaller pulley	(mm)
d_{p1}	= Pitch diameter of the driver pulley	(mm)
d_{p2}	= Pitch diameter of the driven pulley	(mm)
E	= Belt deflection per 100 mm span length	(mm)
E_a	= Belt deflection for a given span length	(mm)
f	= Load used to set belt tension	(Newton)
f_B	= Flexing rate	(per sec.)
k	= Constant for calculation of centrifugal force	
L	= Pulley face width	
L_a	= Belt outside length	(mm)
L_i	= Belt inside length	(mm)
L_{pth}	= Calculated belt pitch length	(mm)
L_{pSt}	= Standard belt pitch length	(mm)
N	= Speed of larger pulley	(r.p.m.)
n	= Speed of smaller pulley	(r.p.m.)
n_1	= Speed of driver pulley	(r.p.m.)
n_2	= Speed of driven pulley	(r.p.m.)
P	= Motor or normal running power	(kW*)
P_B	= Design power	(kW*)
P_N	= Power rating per belt	(kW*)
r	= Speed ratio	
S	= Drive span length	(mm)
S_a	= Static shaft loading	(Newton)
T	= Static belt tension	(Newton)
v	= Belt speed	(m/s)
x	= Allowance above centre distance C_{nom} for belt stretch and wear	(mm)
y	= Allowance below centre distance C_{nom} for belt installation and tensioning	(mm)
z	= Number of belts	
α	= Angle of belt drive = $90° - \frac{\beta°}{2}$	(degrees)
β	= Arc of contact on small pulley	(degrees)

* 1 kW = 1 kNm/s



ESPOL 1958 ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS" F.I.M.C.P.

Design
Power Ratings P_N

power ratings P_N shown in tables 11 to 35 are based Internationally recognised formulae and a theoretical of 25,000 hours under ideal conditions. These formulae into account the quality of the raw materials and make for production methods and performances. Whilst V-Belts utilise similar materials to those of their com- the production methods used, perfected over many of research and development, are generally superior. Optibelt power ratings P_N are considerably higher those in the British and German Standards for the same belt life.

rating tables refer to the smallest loaded pulley in the The belt power ratings from the tables are given for:

The pitch diameter of the smaller pulley d_p
The speed of the smaller pulley n
The speed ratio r
The arc of contact of the belt on the smaller pulley $\beta = 180°$
reference belt length for the particular belt section.

the given drive data the P_N can be found which must be modified by application of the arc of contact and correction factors c_1 and c_3. When applied to the drive, under ideal conditions, the theoretical life of 25,000 hours be achieved.

values can be found by linear interpolation.

required, drive calculations can be provided based on any belt life, as specified by the customer.

Arc of Contact Correction Factor c_1

The arc of contact correction factor c_1 corrects the power rating P_N when the arc of contact of the belt around the smaller pulley is lower than $\beta = 180°$.

Table 1

$\frac{D_p - d_p}{C_{nom}}$	$\beta \approx$	c_1
0	180°	1.00
0.05	177°	1.00
0.10	174°	1.00
0.15	171°	1.00
0.20	168°	0.99
0.25	165°	0.99
0.30	162°	0.99
0.35	160°	0.99
0.40	156°	0.99
0.45	153°	0.98
0.50	150°	0.98
0.55	147°	0.98
0.60	144°	0.98
0.65	141°	0.97
0.70	139°	0.97
0.75	136°	0.97
0.80	133°	0.96
0.85	130°	0.96
0.90	126°	0.96
0.95	123°	0.95
1.00	119°	0.94
1.05	115°	0.94
1.10	112°	0.93
1.15	109°	0.93
1.20	106°	0.92
1.25	103°	0.91
1.30	100°	0.91
1.35	96°	0.90
1.40	92°	0.88
1.45	88°	0.87
1.50	84°	0.86
1.55	80°	0.84
1.60	77°	0.83

Intermediate values should be linearly interpolated!

ESPOL 1958 ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS" F.I.M.C.P

The service factor c_2 takes into account the length of time the drive is operational in a 24 hour period and the type of driver and driven units. Other working conditions, such as adverse ambient temperatures, high humidity, the use of an idler pulley, etc., are not considered due to the obvious difficulties in creating factor tables to cater for every eventuality. The table given below should be regarded as a guideline for drive design, and adverse conditions, not covered in the table, which may result in an increase in the value of c_2, should be referred to our engineers.

Table 2

		Types of Prime Mover					
		"Soft" starts Electric motors: AC Star delta start; DC Shunt wound. Internal combustion engines with 4 or more cylinders. All prime movers fitted with centrifugal clutches, dry or fluid couplings.			"Heavy" starts Electric motors: AC Direct-on-line start; DC Series and compound wound. Internal combustion engines with less than 4 cylinders.		
		Hours per day duty					
Types of Driven Machine		10 and under	Over 10 to 16	Over 16	10 and under	Over 10 to 16	Over 16
Light Duty	Agitators (uniform density). Blowers, exhausters and fans (up to 7.5 kW). Centrifugal compressors and pumps. Belt conveyors (uniformly loaded).	1.1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Medium Duty	Agitators and mixers (variable density). Blowers, exhausters and fans (over 7.5 kW). Rotary compressors and pumps (other than centrifugal). Belt conveyors (not uniformly loaded). Generators and exciters. Laundry machinery. Lineshafts. Machine tools. Printing machinery. Sawmill and woodworking machinery. Screens (rotary).	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Heavy Duty	Brick machinery. Bucket elevators. Compressors and pumps (reciprocating). Conveyors (heavy duty). Hoists. Mills (hammer). Pulverisers. Punches, presses, shears. Quarry plant. Rubber machinery. Screens (vibrating). Textile machinery.	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Extra Heavy Duty	Crushers (gyratory-jaw-roll). Mills (ball-rod-tube).	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

Drive Design
Belt Length Correction Factor c_3 for **optibelt** Wedge Belts

The belt length factor c_3 takes account of the stresses associated with flex rate by comparing the selected belt with a belt of reference length.

When:
The belt length > the length. $c_3 > 1.0$
The belt length = the length. $c_3 = 1.0$
The belt length < the length. $c_3 < 1.0$

Section SPZ, XPZ		Section SPA, XPA		Section SPB, XPB		Section SPC, XPC		Section 19	
Belt length (mm)	c_3	Pitch length (mm)	c_3	Pitch length (mm)	c_3	Pitch length (mm)	c_3	Pitch length (mm)	c_3
530	**0.83**	800	**0.81**	1250	**0.83**	2000	**0.85**	1600	**0.85**
560	**0.84**	850	**0.82**	1320	**0.84**	2120	**0.86**	1700	**0.86**
600	**0.85**	900	**0.83**	1400	**0.85**	2240	**0.86**	1800	**0.87**
630	**0.86**	950	**0.84**	1500	**0.86**	2360	**0.87**	1900	**0.88**
670	**0.87**	1000	**0.85**	1600	**0.87**	2500	**0.88**	2000	**0.89**
710	**0.88**	1060	**0.86**	1700	**0.88**	2650	**0.89**	2120	**0.90**
750	**0.89**	1120	**0.86**	1800	**0.89**	2800	**0.90**	2240	**0.91**
800	**0.90**	1180	**0.87**	1900	**0.90**	3000	**0.91**	2360	**0.92**
850	**0.91**	1250	**0.88**	2000	**0.91**	3150	**0.91**	2500	**0.93**
900	**0.92**	1320	**0.89**	2120	**0.92**	3350	**0.92**	2650	**0.94**
950	**0.93**	1400	**0.90**	2240	**0.93**	3550	**0.93**	2800	**0.94**
1000	**0.94**	1500	**0.91**	2360	**0.93**	3750	**0.94**	3000	**0.95**
1060	**0.95**	1600	**0.92**	2500	**0.94**	4000	**0.95**	3150	**0.96**
1120	**0.96**	1700	**0.93**	2650	**0.95**	4250	**0.96**	3350	**0.97**
1180	**0.98**	1800	**0.94**	2800	**0.96**	4500	**0.97**	3550	**0.97**
1250	**0.99**	1900	**0.95**	3000	**0.97**	4750	**0.98**	3750	**0.98**
1320	**1.00**	2000	**0.96**	3150	**0.98**	5000	**0.98**	4000	**0.98**
1400	**1.01**	2120	**0.97**	3350	**0.99**	5300	**0.99**	4250	**0.99**
1500	**1.02**	2240	**0.98**	**3550**	**1.00**	**5600**	**1.00**	**4500**	**1.00**
1600	**1.03**	2360	**0.99**	3750	**1.01**	6000	**1.01**	4750	**1.01**
1700	**1.04**	**2500**	**1.00**	4000	**1.02**	6300	**1.02**	5000	**1.03**
1800	**1.05**	2650	**1.01**	4250	**1.03**	6700	**1.03**	5300	**1.04**
1900	**1.06**	2800	**1.02**	4500	**1.04**	7100	**1.04**	5600	**1.05**
2000	**1.07**	3000	**1.03**	4700	**1.05**	7500	**1.04**	6000	**1.06**
2120	**1.08**	3150	**1.04**	5000	**1.05**	8000	**1.05**	6300	**1.07**
2240	**1.09**	3350	**1.05**	5300	**1.06**	8500	**1.06**	6700	**1.08**
2360	**1.10**	3550	**1.06**	5600	**1.07**	9000	**1.07**	7100	**1.09**
2500	**1.11**	3750	**1.07**	6000	**1.08**	9500	**1.08**	7500	**1.10**
2650	**1.12**	4000	**1.08**	6300	**1.09**	10000	**1.09**	8000	**1.10**
2800	**1.13**	4250	**1.09**	6700	**1.10**	10600	**1.09**	8500	**1.11**
3000	**1.15**	4500	**1.10**	7100	**1.11**	11200	**1.10**	9000	**1.12**
3150	**1.16**	4750	**1.11**	7500	**1.12**	11800	**1.11**	9500	**1.13**
3350	**1.17**	5000	**1.12**	8000	**1.13**	12500	**1.12**	10000	**1.14**
3550	**1.18**	5300	**1.13**	8500	**1.14**	13200	**1.13**		
3750	**1.19**	5600	**1.14**	9000	**1.15**	14000	**1.14**		
		6000	**1.15**	9500	**1.16**	15000	**1.15**		
				10000	**1.17**				

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA 'GONZALO ZEVALLOS'
F.I.M.C.P.

ibelt

Section SPB, 5V/15N, 5V/15J

Power rating P_N (kW) for $\beta = 180°$ and $L_p = 3550$ mm

n (r.p.m.)	Pitch diameter of the smaller pulley d_p (mm)															Additional power (kW) per belt for speed ratio r			
	140	150	160	180	190	200	212	224	236	250	280	315	355	375	400	1,01 to 1,05	1,06 to 1,26	1,27 to 1,57	>1,57
700	3,45	4,04	4,62	5,77	6,34	6,91	7,58	8,25	8,92	9,69	11,33	13,20	15,30	16,32	17,59	0,05	0,33	0,47	0,58
950	4,41	5,18	5,94	7,45	8,20	8,94	9,82	10,69	11,56	12,55	14,65	17,03	19,66	20,94	22,49	0,07	0,45	0,64	0,78
1450	6,09	7,20	8,29	10,44	11,49	12,53	13,75	14,96	16,14	17,50	20,29	23,36	26,58	28,08	29,83	0,11	0,69	0,97	1,20
2850	9,07	10,83	12,53	15,70	17,18	18,57	20,13	21,56	22,86	24,21	26,40	27,68				0,21	1,35	1,92	2,35
100	0,66	0,75	0,85	1,04	1,13	1,23	1,34	1,45	1,56	1,69	1,97	2,29	2,66	2,84	3,06	0,01	0,05	0,07	0,08
200	1,20	1,38	1,57	1,93	2,11	2,29	2,51	2,72	2,93	3,18	3,71	4,32	5,01	5,36	5,78	0,01	0,09	0,13	0,16
300	1,70	1,97	2,23	2,76	3,03	3,29	3,60	3,91	4,23	4,59	5,35	6,24	7,24	7,74	8,36	0,02	0,14	0,20	0,25
400	2,17	2,52	2,87	3,56	3,90	4,24	4,65	5,06	5,46	5,93	6,93	8,08	9,38	10,02	10,82	0,03	0,19	0,27	0,33
500	2,62	3,05	3,47	4,32	4,74	5,16	5,66	6,16	6,65	7,23	8,45	9,85	11,43	12,21	13,18	0,04	0,24	0,34	0,41
600	3,04	3,55	4,05	5,06	5,55	6,05	6,64	7,22	7,81	8,48	9,91	11,56	13,40	14,31	15,44	0,04	0,28	0,40	0,49
700	3,45	4,04	4,62	5,77	6,34	6,91	7,58	8,25	8,92	9,69	11,33	13,20	15,30	16,32	17,59	0,05	0,33	0,47	0,58
800	3,85	4,51	5,16	6,46	7,10	7,74	8,50	9,25	10,00	10,87	12,70	14,78	17,11	18,24	19,64	0,06	0,38	0,54	0,66
900	4,23	4,96	5,69	7,13	7,84	8,54	9,39	10,22	11,05	12,00	14,01	16,30	18,83	20,06	21,57	0,07	0,43	0,61	0,74
1000	4,59	5,40	6,20	7,77	8,55	9,33	10,24	11,15	12,06	13,10	15,28	17,75	20,47	21,78	23,38	0,07	0,47	0,67	0,82
1100	4,95	5,82	6,69	8,40	9,25	10,08	11,08	12,06	13,03	14,15	16,49	19,13	22,01	23,39	25,07	0,08	0,52	0,74	0,91
1200	5,29	6,23	7,17	9,01	9,92	10,81	11,88	12,93	13,97	15,16	17,65	20,44	23,45	24,89	26,61	0,09	0,57	0,81	0,99
1300	5,62	6,63	7,63	9,59	10,56	11,52	12,65	13,77	14,87	16,13	18,75	21,67	24,79	26,26	28,02	0,10	0,62	0,87	1,07
1400	5,94	7,01	8,07	10,16	11,19	12,20	13,39	14,57	15,73	17,05	19,79	22,82	26,01	27,51	29,26	0,10	0,66	0,94	1,15
1500	6,24	7,38	8,50	10,71	11,79	12,85	14,11	15,34	16,55	17,93	20,77	23,88	27,12	28,61	30,35	0,11	0,71	1,01	1,24
1600	6,53	7,73	8,91	11,23	12,36	13,47	14,79	16,07	17,33	18,76	21,69	24,85	28,11	29,58	31,26	0,12	0,76	1,08	1,32
1700	6,81	8,07	9,31	11,73	12,91	14,07	15,43	16,77	18,07	19,54	22,54	25,74	28,96	30,39	31,99	0,12	0,81	1,14	1,40
1800	7,08	8,39	9,69	12,21	13,43	14,64	16,05	17,42	18,76	20,27	23,31	26,52	29,68	31,04	32,53	0,13	0,85	1,21	1,48
1900	7,33	8,70	10,05	12,66	13,93	15,17	16,63	18,04	19,40	20,94	24,02	27,20	30,25	31,53	32,86	0,14	0,90	1,28	1,57
2000	7,57	9,00	10,39	13,10	14,40	15,68	17,17	18,61	20,00	21,56	24,64	27,77	30,68	31,84	32,99	0,15	0,95	1,34	1,65
2100	7,80	9,28	10,72	13,50	14,85	16,15	17,67	19,14	20,55	22,11	25,19	28,24	30,94	31,96	32,89	0,15	0,99	1,41	1,73
2200	8,02	9,54	11,02	13,88	15,26	16,59	18,14	19,62	21,04	22,61	25,65	28,58	31,05	31,90	32,57	0,16	1,04	1,48	1,81
2300	8,22	9,78	11,31	14,24	15,64	17,00	18,56	20,06	21,48	23,04	26,02	28,81	30,98	31,63	32,00	0,17	1,09	1,55	1,90
2400	8,41	10,01	11,58	14,57	15,99	17,37	18,95	20,45	21,87	23,41	26,31	28,91	30,74	31,16	31,18	0,18	1,14	1,61	1,98
2500	8,58	10,23	11,83	14,87	16,32	17,70	19,29	20,79	22,20	23,72	26,50	28,88	30,31	30,47	30,11	0,18	1,18	1,68	2,06
2600	8,74	10,42	12,05	15,15	16,60	18,00	19,59	21,08	22,46	23,95	26,60	28,71				0,19	1,23	1,75	2,14
2700	8,88	10,60	12,26	15,39	16,86	18,26	19,84	21,31	22,67	24,11	26,60	28,41				0,20	1,28	1,82	2,23
2800	9,01	10,76	12,44	15,61	17,08	18,48	20,05	21,49	22,82	24,19	26,49	27,96				0,21	1,33	1,88	2,31
2900	9,12	10,90	12,61	15,79	17,27	18,65	20,20	21,62	22,90	24,20	26,28	27,36				0,21	1,37	1,95	2,39
3000	9,22	11,02	12,75	15,95	17,42	18,79	20,31	21,69	22,91	24,13	25,96	26,61				0,22	1,42	2,02	2,47
3100	9,30	11,12	12,86	16,07	17,53	18,88	20,37	21,70	22,85	23,98						0,23	1,47	2,08	2,56
3200	9,36	11,20	12,95	16,16	17,60	18,93	20,38	21,64	22,72	23,74						0,23	1,52	2,15	2,64
3300	9,41	11,27	13,02	16,21	17,63	18,93	20,33	21,53	22,52	23,42						0,24	1,56	2,22	2,72
3400	9,44	11,31	13,07	16,23	17,63	18,89	20,22	21,35	22,25	23,01						0,25	1,61	2,29	2,80
3500	9,45	11,33	13,08	16,22	17,58	18,80	20,06	21,10	21,90	22,51						0,26	1,66	2,35	2,89
3600	9,44	11,32	13,07	16,16	17,49	18,66	19,84	20,78								0,26	1,71	2,42	2,97
3700	9,42	11,30	13,04	16,08	17,36	18,47	19,57	20,40								0,27	1,75	2,49	3,05
3800	9,38	11,25	12,98	15,95	17,18	18,22	19,23	19,94								0,28	1,80	2,55	3,13
3900	9,31	11,18	12,89	15,78	16,95	17,93	18,83	19,41								0,29	1,85	2,62	3,21
4000	9,23	11,09	12,77	15,58	16,68	17,58	18,36	18,81								0,29	1,89	2,69	3,30
4100	9,13	10,97	12,62	15,33	16,36	17,17										0,30	1,94	2,76	3,38
4200	9,01	10,82	12,44	15,04	16,00	16,71										0,31	1,99	2,82	3,46
4300	8,86	10,65	12,23	14,71	15,58	16,19										0,32	2,04	2,89	3,54
4400	8,70	10,46	11,99	14,33	15,11	15,62										0,32	2,08	2,96	3,63
4500	8,51	10,24	11,72	13,92	14,60	14,98										0,33	2,13	3,03	3,71
4600	8,30	9,99	11,42	13,45												0,34	2,18	3,09	3,79
4700	8,07	9,71	11,08	12,94												0,34	2,23	3,16	3,87
4800	7,82	9,41	10,72	12,39												0,35	2,27	3,23	3,96
4900	7,54	9,08	10,31	11,78												0,36	2,32	3,29	4,04
5000	7,24	8,72	9,87	11,13												0,37	2,37	3,36	4,12
5100	6,92	8,33	9,40													0,37	2,42	3,43	4,20
5200	6,57	7,91	8,89													0,38	2,46	3,50	4,29
5300	6,19	7,46	8,35													0,39	2,51	3,56	4,37
5400	5,79	6,98	7,76													0,40	2,56	3,63	4,45
5500	5,37	6,47	7,14													0,40	2,61	3,70	4,53

ESPOL
1958
ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA CENTRAL

When v > 42 m/s consult our engineers!

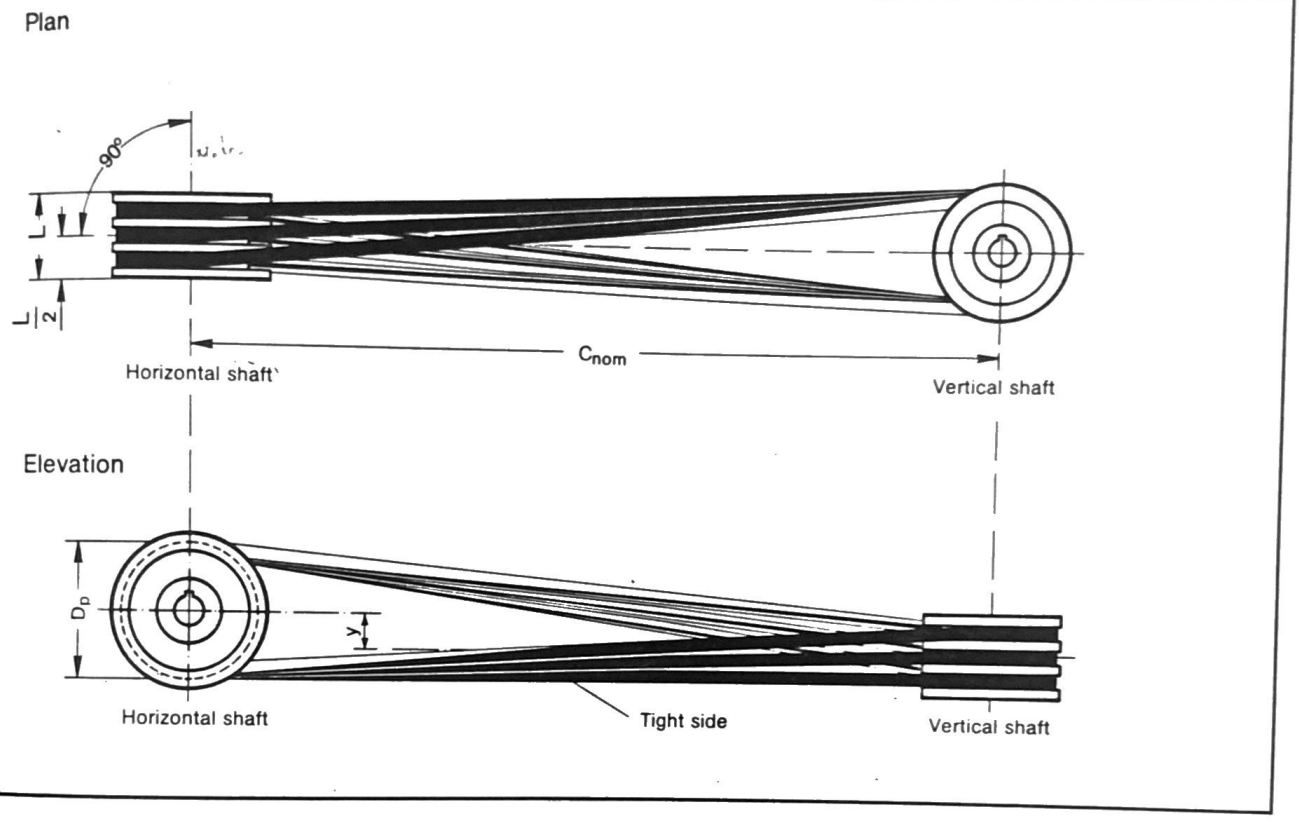
v (m/s)

Pulleys

dynamically balanced

Special Drives
Twist Drives

Design Guidelines for Quarter Twist Drives



$C_{min} = 5.5\ (D_p + L)$

1. The drive must be arranged so that a straight line is formed from the centre of the vertical shaft and through the centre of the face "L" of the horizontal shaft pulley (plan). The horizontal shaft must be at a right angle to this straight line.

2. The horizontal pulley centre line on the horizontal shaft must be higher by a distance "y" than the centre line of the vertical shaft pulley (elevation). The value "y" changes with the drive centre distance "C_{nom}".

Page 47

Drive centre distance (mm)	y (mm) V-Belts	y (mm) Wedge Belts
1200 ≤ 1500	5	–
> 1500 ≤ 2000	8	5
> 2000 ≤ 2500	12	8
> 2500 ≤ 3000	17	10
> 3000 ≤ 3500	25	15
> 3500 ≤ 4000	35	25
> 4000 ≤ 4500	45	30
> 4500 ≤ 5000	55	40
> 5000 ≤ 5500	65	45
> 5500 ≤ 6000	80	55
> 6000	100	65

4. The direction of rotation must be selected so that the tight side S_1 is in the lower position.

5. With single V-Belts, wherever possible deep groove pulleys should be used. A better entry and exit of the belt is obtained and belt turnover is avoided.

6. Deep groove pulleys should not be used with Kraftbands, only Kraftband pulleys. In all cases, however, we recommend that advice be taken from our Applications Engineering Department.

7. In determining the number of belts for a given drive, the method of calculation as shown in the example given on pages 41 to 43 should be followed. An arc of contact correction factor $c_1 = 1.0$ should be used.

8. The static belt tension "T" should be calculated using the formula given on page 97.

9. Drives must be adjustable to enable the belts to be fitted without force, the required tension to be introduced into the belt, and belt stretch and wear to be taken up during the service life.

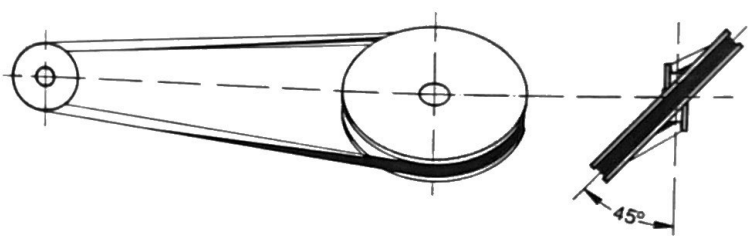
Eighth Twist Drives

Eighth twist drives are seldom required. The shafts in this drive system are at an angle of 45° relative to each other.

Design Guidelines

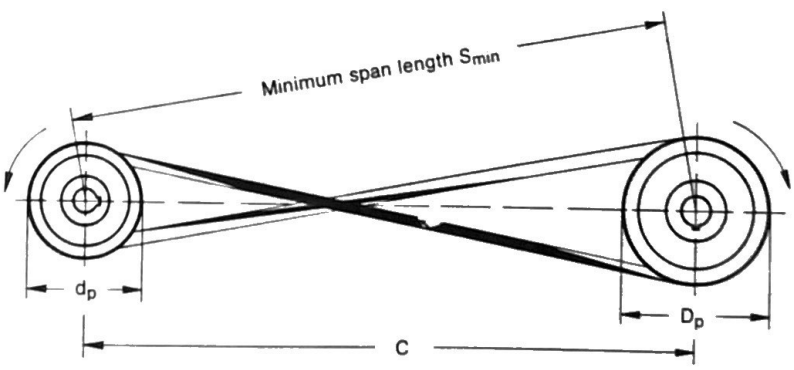
1. $C_{min} = 4\ (D_p + L)$

2. Otherwise the design guidelines for quarter twist drives are applicable.



Drives with 180° Twist

The drive and driven shafts are, as with normal drives, parallel to each other. The belt is twisted 180° so that both spans cross. A change in the direction of rotation is thus obtained at very low cost.



Design Guidelines

1. In order to guarantee the perfect running of the belts in the pulley grooves, the belt span length used must not be less than the minimum detailed in the following table.

Table 48

Section	Minimum span length S_{min} (mm)
SPZ, 3V/9N	350
SPA	400
SPB, 5V/15N	450
SPC	600
8V/25N	700
A/13	460
B/17	560
C/22	720
D/32	940
E/40	1150

2. As far as possible, the crossing point of the belt should be in the centre of the belt spans. The rubbing of the belt spans against each other is at a minimum at this point. In order to completely avoid contact, it is recommended that a guide pulley be placed in the slack side S_2 in the region of the cross-over point.

3. Length calculation

$$L_p \approx 2\,C + 1.57\,(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4\,C}$$

4. Otherwise the design guidelines as detailed in points 4 to 9 for quarter twist are applicable.

When designing full twist drives, please take advantage of the service offered by our Applications Engineering Department. Our specialist engineers will undertake the necessary calculations on your behalf.

V-Pulleys
Pulleys for V-Belts

Table 52

V-Belt Section: ISO and BS 3790 designation	-	Y	-	Z	A	B	-	-	C	-	D	E	Pitch diameter tolerance d_p		Side wobble and run out
V-Belt Section: DIN 2215 designation	5	6	8	10	13	17	19	20	22	25	32	40			
Wedge Belt Section: ISO, BS 3790 and DIN 7753 Pt 1 Designation	-	-	-	SPZ	SPA	SPB	-	-	SPC	-	-	-	min	max	
Pitch diameter d_p	20	20											20	20.4	0.2
	25	25											25	25.4	
	28	28											28	28.4	
	31.5	31.5											31.5	32.0	
	35.5	35.5											35.5	36.1	
	40	40	40										40	40.6	
	45	45	45										45	45.7	
	50	50	50	50*									50	50.8	
	56	56	56	56*									56	56.9	
				60									60	61.0	
	63	63	63	**63**									63	64.0	
	71	71	71	**71**	71*								71	72.1	
				75	75								75	76.2	
	80	80	80	**80**	**80***								80	81.3	
		90	90	**90**	**90**								90	91.4	
		100	100	**100**	**100**								100	101.6	
		112	112	**112**	**112**	112*)							112	113.8	0.3
		125	125	**125**	**125**	**125***							125	127.0	
					132	**132***							132	134.1	
			140	**140**	**140**	**140**							140	142.2	
				150	**150**	**150**							150	152.4	
			160	**160**	**160**	**160**		160					160	162.6	
					170	**170**							170	172.7	
			180	**180**	**180**	**180**	180	180	180*				180	182.9	0.4
					190	**190**	190						190	193.0	
			200	**200**	**200**	**200**	200	200	200*				200	203.2	
				224	**224**	**224**	212	224	**224**				224	227.6	
				250	**250**	**250**		250	**250**	250			250	254.0	
					280	**280**		280	**280**	280			280	284.5	0.5
					300	300			**300+**				300	304.8	
					315	**315**		315	**315**	315			315	320.0	
					355	**355**		355	**355**	355	355		355	360.7	
						375			375		375		375	381.0	
					400	**400**		400	**400**	400	400		400	406.4	
					450	450		450	**450**	450	450		450	457.2	0.6
					500	**500**		500	**500**	500	500	500	500	508.0	
						530			530		530		530	538.5	
					560	560		560	**560**	560	560	560	560	569.0	
											600		600	609.6	
					630	**630**		630	**630**	630	630	630	630	640.1	
					710	710		710	710	710	710	710	710	721.4	0.8
											750		750	762.0	
					800	**800**		800	**800**	800	800	800	800	812.8	
								900	900	900	900	900	900	914.4	
						1000		1000	**1000**	1000	1000	1000	1000	1016.0	
								1120	1120	1120	1120	1120	1120	1137.9	1.0
								1250	**1250**	1250	1250	1250	1250	1270.0	
								1400	1400	1400	1400	1400	1400	1422.4	
								1600	1600	1600	1600	1600	1600	1625.6	
								1800		1800	1800	1800	1800	1828.8	1.2
								2000		2000	2000	2000	2000	2032.0	
Groove pitch diameter variations relative for one another	0.3			0.4				0.6					-		

* Only for V-Belts to BS 3790 or DIN 2215 + Minimum pulley diameters for Super TX Wedge Belts

Pulley pitch diameters **in heavy print** are as actual pulley range