

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA EVACUAR
1 000 m³/h DE EFLUENTES TRATADOS A TRAVÉS DE UN EMISARIO
SUBMARINO DE 13.77 KM HACIA LA BAHÍA DE PARACAS”**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO**

DAVID ANTONIO RIVERA ELÍAS

PROMOCIÓN 1991-I

LIMA-PERÚ

2014

ÍNDICE

Prólogo

1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes	1
1.2. Objetivo general	5
1.3. Objetivos específicos	5
1.4. Justificación	5
1.5. Alcances	6
1.6. Limitaciones	6

2. CAPÍTULO 2: GENERALIDADES SOBRE EL PROCESO PRODUCTIVO DE LAS PLANTAS PESQUERAS

2.1. Detalle del Proceso de Producción	8
2.2. Origen y Cuantificación de Efluentes	12
2.2.1. Agua de Bombeo.	12
2.2.2. Agua de Lavado de Planta.	14

3. CAPÍTULO 3: SISTEMA ACTUAL DE EVACUACIÓN DE EFLUENTES

3.1. Sistema de Evacuación	16
3.1.1. Capacidad de Almacenamiento.	17
3.1.2. Emisarios Submarinos de cada Planta.	18
3.1.3. Caudal Bombeado y Equipos de Bombeo Existentes.	19
3.1.4. Líneas de impulsión a Estación Central.	20
3.1.5. Estación Central de bombeo de Apropisco.	22

4. CAPÍTULO 4: ASPECTOS TEÓRICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO Y SU CONTROL

4.1. Conceptos Básicos de Hidráulica	23
4.2. Bombas Centrífugas	32

4.3. Bombas en Paralelo y en Serie.	40
4.3.1. Bombas en Paralelo.	40
4.3.2. Bombas en Serie.	43
4.4. Sistema de Bombeo	45
4.4.1. Altura Estática Variable.	46
4.4.2. Resistencia de Sistema Variable.	47
4.4.3. Tuberías.	48
4.4.3.1. Materiales de Tuberías.	49
4.4.3.2. Presión de Diseño en Tuberías.	49
4.4.3.3. Pérdida de Carga en Tuberías.	50
4.4.4. Accesorios.	50
4.4.4.1. Válvulas y Accesorios Estándar.	51
4.5. Sistemas de Control	52
4.5.1. Tipos de Sistema de Control.	52
4.5.2. Elementos Esenciales de Control.	53
4.5.2.1. Elementos Sensores o de Medición.	53
4.5.3. Válvulas.	54
4.5.3.1. Tipos de Válvulas y Operación.	54
4.5.4. Control de Flujo.	55
4.6. Consideraciones de Selección	55
4.6.1. Consideraciones para las Bombas.	55
4.6.1.1. Tipo de Fluido.	55
4.6.1.2. Curvas del Sistema.	56
4.6.1.3. Modos de Operación del Sistema.	56
4.6.1.4. Márgenes de Seguridad (Q y ADT)	56
4.6.1.5. Cambios Futuros en el Sistema	57
4.6.2. Consideraciones para las Tuberías.	57
4.6.2.1. Criterio Técnico de Selección del Diámetro de Tubería.	57
4.6.2.2. Criterio económico de Selección del Diámetro de Tubería ...	58
4.6.2.3. Características Técnicas de la Tubería.	59

5. CAPÍTULO 5: CÁLCULO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS DE BOMBEO Y TUBERÍAS DE IMPULSIÓN

5.1. Consideraciones Iniciales	60
5.1.1. Propiedades del Fluido a Bombear.	61
5.1.2. Cálculo de Caudal a Bombear por Planta.	62
5.1.2.1. Volúmenes Totales de Generación de Efluentes.	63
5.1.2.2. Cálculo de los Caudales de Agua de Bombeo (AB) y Lavado de Planta (LP) a Tanques Pulmón.	64
5.1.2.3. Capacidad Mínima de Tanques Pulmón (V_{mintp}).	66
5.1.3. Diferencia de cotas de cada planta con respecto a Estación Central.	67
5.1.4. Recorrido de tuberías.	69
5.1.4.1. Tubería de succión o aspiración.	69
5.1.4.2. Tubería de descarga o impulsión.	70
5.1.4.2.1. Tubería de descarga interna (LTDi).	70
5.1.4.2.2. Tubería de descarga externa (LTDe).	70
5.2. Evacuación de Efluentes de Plantas a Estación Central	71
5.2.1. Consideraciones Previas.	71
5.2.2. Cálculo y Selección de Tuberías.	71
5.2.2.1. Selección de Material de Tubería.	71
5.2.2.2. Selección Diámetro Óptimo Tubería de Succión o Aspiración.	72
5.2.2.3. Selección Diámetro Óptimo Tubería de Descarga o Impulsión.	76
5.2.2.3.1. Tubería de Descarga Interna.	76
5.2.2.3.2. Tubería de Descarga Externa.	78
5.2.3. Cálculo de las Pérdidas.	79
5.2.3.1. Pérdidas en la Línea de Succión.	80
5.2.3.1.1. Pérdidas de Carga por Fricción o Primarias.	80
5.2.3.1.2. Pérdidas Locales o Secundarias.	81
5.2.3.2. Pérdidas en la Línea de Descarga.	83

5.2.3.2.1. Pérdidas de Carga por Fricción o Primarias.	83
5.2.3.2.2. Pérdidas Locales o Secundarias.	83
5.2.4. Cálculo de la Sumergencia Mínima.	86
5.2.5. Cálculo de la Altura Dinámica Total.	87
5.2.6. Curva del Sistema.	88
5.2.7. Cálculo de la Altura Neta Positiva de Succión (NPSHd).	92
5.2.8. Cálculo de la Velocidad Específica (Ns).	93
5.2.9. Selección de los Equipos de Bombeo.	95
5.2.9.1. Selección de la Curva Característica.	95
5.2.9.2. Cálculo de la Potencia del Motor.	97
5.2.9.3. Selección de la Ejecución Metalúrgica.	98
5.2.9.4. Selección del Tipo de Sellado.	99
5.2.9.5. Selección del Acoplamiento Flexible.	99
5.2.9.6. Selección de la Base Metálica.	100
5.2.9.7. Denominación del Equipo de Bombeo.	101
5.3. Evacuación de Efluentes de Estación Central a Emisor Submarino.	105
5.3.1. Consideraciones Iniciales.	105
5.3.2. Cálculo del Caudal a Bombear por Apropisco.	105
5.3.3. Secuencia de Trabajo de la Estación Central.	106
5.3.4. Diferencia de Cotas de Estación Central con respecto a Línea de Marea.	106
5.3.5. Recorrido de Tuberías.	107
5.3.5.1. Tubería de Succión o Aspiración Apropisco (LTSapro).	107
5.3.5.2. Tubería de Descarga o Emisario Submarino.	107
5.3.6. Cálculo y Selección de Tuberías.	107
5.3.6.1. Selección Diámetro Óptimo Tubería de Succión o Aspiración.	107
5.3.6.2. Selección Diámetro Óptimo Tubería de Descarga o Impulsión.	109
5.3.7. Cálculo de las Pérdidas.	111
5.3.7.1. Pérdidas en la Línea de Succión.	112
5.3.7.1.1. Pérdida de Carga por Fricción o Primarias.	112

5.3.7.1.2. Pérdidas Locales o Secundarias.	112
5.3.7.2. Pérdidas en la Línea de Descarga.	114
5.3.7.2.1. Pérdida de Carga por Fricción o Primarias.	114
5.3.7.2.2. Pérdidas Locales o Secundarias.	115
5.3.8. Cálculo de Sumergencia Mínima.	117
5.3.9. Cálculo de la Altura Dinámica Total.	118
5.3.10. Curva del Sistema.	120
5.3.11. Cálculo de la Altura Neta Positiva de Succión Disponible (NPSHd).	122
5.3.12. Cálculo de Velocidad Específica (Ns).	122
5.3.13. Selección del Equipo de Bombeo.	123
5.3.13.1. Selección de la Curva Característica.	123
5.3.13.2. Cálculo de la Potencia del Motor.	125
5.3.13.3. Selección de la Ejecución Metalúrgica.	126
5.3.13.4. Selección del Tipo de Sellado.	126
5.3.13.5. Selección del Acoplamiento Flexible.	126
5.3.13.6. Selección de la Base Metálica.	127
5.3.13.7. Denominación del Equipo de Bombeo.	128

6. CAPÍTULO 6: COSTOS

6.1. Consideraciones Generales	131
6.2. Costos Totales	131
6.2.1. Costos Sistema de Bombeo Plantas	131
6.2.1.1. Costo de Adquisición (CA)	132
6.2.1.2. Costo de Instalación (CI).	132
6.2.1.3. Costo de Operación (CO).	133
6.2.1.4. Costo de Mantenimiento Esperado (CM).	134
6.2.2. Costos Sistema de Bombeo Estación Central	135
6.2.2.1. Costo de Adquisición (CA).	135
6.2.2.2. Costo de Instalación (CI).	136
6.2.2.3. Costo de Operación (CO).	136

6.2.2.4. Costo de Mantenimiento Esperado (CM).	137
--	-----

Conclusiones

Bibliografía

Planos

Anexos

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1. Capacidad de Procesamiento de Pescado vs. Producción de Agua de Bombeo por Planta	14
Tabla 3.1. Capacidad de Tanques Pulmón para Agua de Bombeo y Agua de Lavado de Planta	18
Tabla 3.2. Características de Emisarios Submarinos Existentes.....	19
Tabla 3.3. Datos Hidráulicos Bomba Agua de Bombeo (emisario propio)	19
Tabla 3.4. Datos Hidráulicos Bomba Agua de Lavado de Planta (vertimiento hacia Estación Central de Apropisco)	20
Tabla 3.5. Detalle Tramos Internos de cada Planta para el Bombeo de Agua de Lavado de Planta (vertimiento hacia Estación Central de Apropisco)	21
Tabla 3.6. Detalle Tramos Internos de cada Planta para el Bombeo de Agua de Lavado de Planta (vertimiento hacia Estación Central de Apropisco).....	21
Tabla 4.1. Coeficientes de Hazen-Williams de Diferentes Tipos de Materiales	31
Tabla 4.2. Velocidades Recomendadas para Diseño Óptimo Sistema de Bombeo ..	58
Tabla 5.1. Propiedades del Fluido a Bombear (Agua de mar + sólidos en suspensión + grasas).....	62
Tabla 5.2. Volúmenes Totales Generados por Planta por Día.....	63
Tabla 5.3. Caudal de Bombeo a Estación Central Apropisco de cada Planta.....	64
Tabla 5.4. Caudal (AB) y (LP) a enviar a Tanques Pulmón.....	65
Tabla 5.5. Capacidad de Tanques en m ³	67
Tabla 5.6. Diferencia de Cotas ($\Delta H_{\text{tanques}}$).....	69
Tabla 5.7. Longitudes de Tuberías por Planta.....	70
Tabla 5.8. Comparación entre Acero Sch40 y hdpe.....	72
Tabla 5.9. Línea de Succión Sipesa.....	75

Tabla 5.10. Líneas de Succión Plantas.....	75
Tabla 5.11. Línea de Descarga Interna Sipesa.....	77
Tabla 5.12. Líneas de Descarga Interna Plantas.....	78
Tabla 5.13. Líneas de Descarga Externa Plantas.....	78
Tabla 5.14. Accesorios en la Línea de Succión de Plantas.....	81
Tabla 5.15. Pérdidas Totales en Línea de Succión.....	82
Tabla 5.16. Accesorios en la Línea de Descarga de Plantas – 1.....	84
Tabla 5.17. Accesorios en la Línea de Descarga de Plantas – 2.....	84
Tabla 5.18. Pérdidas Totales en Línea de Descarga.....	86
Tabla 5.19. Sumergencia Mínima.....	87
Tabla 5.20. Valores de Q y ADT.....	88
Tabla 5.21. Valores de ADT para Diversos Caudales – Sipesa.....	89
Tabla 5.22. Valores de ADT para Diversos Caudales – Prisco.....	90
Tabla 5.23. Valores de ADT para Diversos Caudales – Pesquera Diamante.....	91
Tabla 5.24. Valores de ADT para Diversos Caudales – Austral Group.....	91
Tabla 5.25. Valores de ADT para Diversos Caudales – Tecnológica de Alimentos	91
Tabla 5.26. Valores de ADT para Diversos Caudales – Epesca.....	92
Tabla 5.27. Valores de ADT para Diversos Caudales – Consorcio Malla.....	92
Tabla 5.28. NPSH disponibles.....	93
Tabla 5.29. Valores de Ns.....	94
Tabla 5.30. Ejecuciones Metalúrgicas.....	98
Tabla 5.31. Bases Metálicas.....	100
Tabla 5.32. Datos de Bomba Seleccionada para Sipesa.....	101

Tabla 5.33. Datos de Bomba Seleccionada para Prisco.....	102
Tabla 5.34. Datos de Bomba Seleccionada para Pesquera Diamante.....	102
Tabla 5.35. Datos de Bomba Seleccionada para Austral Group.....	103
Tabla 5.36. Datos de Bomba Seleccionada para Tecnológica de Alimentos.....	103
Tabla 5.37. Datos de Bomba Seleccionada para Epesca.....	104
Tabla 5.38. Datos de Bomba Seleccionada para Consorcio Malla.....	104
Tabla 5.39. Línea de Succión Apropisco.....	109
Tabla 5.40. Posibles Casos para Tubería de Impulsión de Apropisco (6770 m restantes)	111
Tabla 5.41. Accesorios en la Línea de Succión de Apropisco.....	113
Tabla 5.42. Accesorios en la Línea de Descarga de Apropisco.....	116
Tabla 5.43. Valores para el Cálculo del ADT.....	118
Tabla 5.44. Valores de ADT para Diversos Caudales – Apropisco.....	121
Tabla 5.45. Bases Metálicas.....	127
Tabla 5.46. Datos de Bomba Seleccionada para Apropisco.....	128
Tabla 6.1. Costo de Adquisición de Sistema de Bombeo Plantas.....	132
Tabla 6.2. Costo de Instalación de Sistema de Bombeo Plantas.....	133
Tabla 6.3. Costo de Operación de Sistema de Bombeo Plantas.....	134
Tabla 6.4. Costo de Mantenimiento Preventivo Anual de Sistema de Bombeo Plantas.....	135
Tabla 6.5. Costo de Adquisición de Sistema de Bombeo Plantas Apropisco.....	135
Tabla 6.6. Costo de Instalación de Sistema de Bombeo Plantas Apropisco.....	136
Tabla 6.7. Costo de Operación de Sistema de Bombeo Plantas Apropisco.....	136

Tabla 6.8. Costo de Mantenimiento Preventivo Anual de Sistema de

Bombeo Apropisco 137

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1. Mapa de Ica indicando Reserva y Bahía de Paracas.....	02
Figura 1.2. Bahía y Reserva de Paracas denotando ubicación de Plantas Pesqueras	03
Figura 2.1. Proceso Productivo de una Planta Pesquera.....	11
Figura 3.1. Situación Inicial de Disposición de Efluentes.....	22
Figura 4.1. Curva de un Sistema de Bombeo.....	28
Figura 4.2. Curva Característica de una Bomba Centrifuga de una sola etapa con Impulsor Cerrado.....	33
Figura 4.3. Variación de la Velocidad Específica con el tipo de Bomba.....	34
Figura 4.4. Punto de Operación.....	38
Figura 4.5. Trabajo de dos Bombas en Paralelo.....	41
Figura 4.6. Curva Conjugada trabajo en Paralelo.....	42
Figura 4.7. Curva Conjugada vs Curva del Sistema – Trabajo en Paralelo.....	42
Figura 4.8. Trabajo de dos Bombas en Serie.....	43
Figura 4.9. Curva Conjugada trabajo en Serie.....	44
Figura 4.10. Curva Conjugada vs Curva del Sistema – Trabajo en Serie.....	44
Figura 4.11. Sistema con Altura Estática Variable.....	46
Figura 4.12. Curva del Sistema con Altura Estática Variable vs Curva de la Bomba.....	47
Figura 4.13. Curva del Sistema con Diferentes Aperturas de Válvula a la Descarga.....	48

Figura 5.1. Disposición de Tanques según sus cotas con respecto a Tanque Apropisco.....	68
Figura 5.2. Curva del Sistema Sipesa.....	90
Figura 5.3. Curva de Operación de la Bomba Centrífuga F04S vs Curva del Sistema.....	96
Figura 5.4. Curva del Sistema Apropisco.....	121
Figura 5.5. Curva de Operación de la Bomba Centrífuga H05S vs Curva del Sistema.....	124
Figura 5.6. Nuevo Sistema de Evacuación de Efluentes.....	129

DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a mi Madre, quien mediante su esfuerzo, su amor y paciencia permitió que mi vida enrumbara en el camino correcto. Todo lo que he conseguido en la vida se lo debo a ella y a su eterna presencia en mi corazón. No hay ni habrá nunca palabras que puedan expresarle todo mi agradecimiento, ni acciones que puedan saldar la deuda inmensa que le tengo.
Para ti Madre, esta pequeña parte de mí, con todo mi amor.*

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mi esposa por entender y aceptar el poco tiempo que pude brindarle durante la realización de este trabajo. Su cariño y paciencia me sirvieron de aliciente para culminarlo.

Agradezco a mi hijo porque fue la razón por la que esta empresa tantas veces postergada llegue a buen fin y así poder enseñarle que todo lo que se empieza se debe terminar.

Agradezco a mi asesor, el Ing. Duilio Aguilar, que con sus valiosos consejos me permitió elaborar este trabajo de la mejor manera.

Agradezco finalmente a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron con sus aportes a la realización de este trabajo.

PRÓLOGO

El presente informe de suficiencia está basado en la necesidad de implementar un sistema de bombeo que permita evacuar los efluentes provenientes de las plantas de harina y aceite de pescado, hacia la bahía de Paracas-Pisco.

A raíz de regulaciones ambientales que prohibían continuar utilizando emisarios submarinos individuales por cada empresa, se hizo necesario replantear el sistema de evacuación de los efluentes tratados de cada planta.

El proceso de producción de harina y aceite de pescado involucra el tratamiento de gran cantidad de agua que debe ser desplazada y evacuada a través de sistemas de bombeo. Esto implica su cálculo, selección e implementación para que la operatividad del sistema sea confiable y permita el trabajo continuo de las unidades de producción, evacuando al mismo tiempo la totalidad de efluentes hacia una Estación Central y de ahí a la bahía de Paracas a través de un emisario submarino único.

El objetivo del presente informe de suficiencia es describir la situación actual, analizar el problema, plantear la solución e implementarla. Para cumplir con este objetivo el presente informe se ha dividido en seis capítulos, a saber:

En el capítulo 1 se presentan los antecedentes, objetivos, justificación y alcances que brindarán un panorama claro del desarrollo del informe.

En el capítulo 2 se dan las generalidades del proceso productivo de una planta de harina y aceite de pescado, y se describe en forma detallada el origen de los efluentes así como su cuantificación.

En el capítulo 3 se detalla la situación inicial de traslado de efluentes tratados, a partir de la cual se planteará el nuevo sistema de evacuación adecuado al cumplimiento de la normativa vigente.

En el capítulo 4 se presentan los conceptos teóricos necesarios y los criterios para poder efectuar el cálculo y selección de los equipos de bombeo materia del presente informe.

En el capítulo 5 se establecen los parámetros tanto técnicos como económicos necesarios, en base a los cuales se procederá a calcular y seleccionar los equipos de bombeo y tuberías de impulsión hacia la Estación Central así como los equipos y tuberías de la Estación Central hacia el emisor submarino único.

En el capítulo 6 se presentan a manera de información y en forma resumida los costos que involucraron el presente proyecto

De acuerdo a los temas tratados anteriormente el presente informe permitirá proveer las herramientas necesarias para resolver el problema suscitado y permitir que las empresas productoras de harina y pescado puedan continuar operando.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La Bahía de Paracas es una bahía poco profunda de la costa del Perú localizada en el extremo sur de la bahía de Pisco. Constituye un entrante del Océano Pacífico en el litoral de la provincia de Pisco, dentro del departamento de Ica. Su área es de aproximadamente 36 km², y se extiende desde la playa Media Luna hasta la punta Pejerrey. Es una bahía semicerrada que se encuentra ubicada entre los paralelos 13°47'48" y 13°51'58" de latitud sur, limita al oeste y al sur con la península de Paracas, y al este con tierra firme; tiene una extensión aproximada del borde costero de 24 km. Presenta una longitud de 8 km de norte a sur y de unos 6,5 km de este a oeste, con una profundidad máxima aproximada de 14 m; sin embargo, la mayor parte de la bahía se encuentra a menos de 5 metros de profundidad.

La bahía de Paracas, se caracteriza por sus aguas tranquilas y mansas, pues en ella no se producen bravezas de mar y tiene casi la quietud de una laguna; el fondo de la bahía está cubierto de grava, arena y fango.



Figura 1.1- Mapa de Ica indicando Reserva y Bahía de Paracas

Fuente: <http://www.publitours.com/nazca-paracas-ica/img/mapa-de-ica2.jpg>

La **Reserva Nacional de Paracas** es una zona protegida del Perú ubicada en la Provincia de Pisco, dentro del departamento de Ica. La Reserva Nacional de Paracas fue declarada como tal el 25 de septiembre del año 1975 a través del Decreto Supremo N° 1281-75-AG. Fue creada con el fin de conservar una muestra representativa de los ecosistemas marinos del mar frío de la Corriente Peruana o Corriente de Humboldt, considerado por los especialistas como el más productivo de la Tierra, además de mantener los ambientes utilizados por una amplia variedad de especies migratorias para su alimentación y refugio durante sus largas travesías anuales. La península de Paracas está situada en una zona marítima

excepcionalmente rica, cuyos afloramientos de aguas extremadamente frías producen una gran abundancia de plancton que nutre a peces, crustáceos y moluscos.

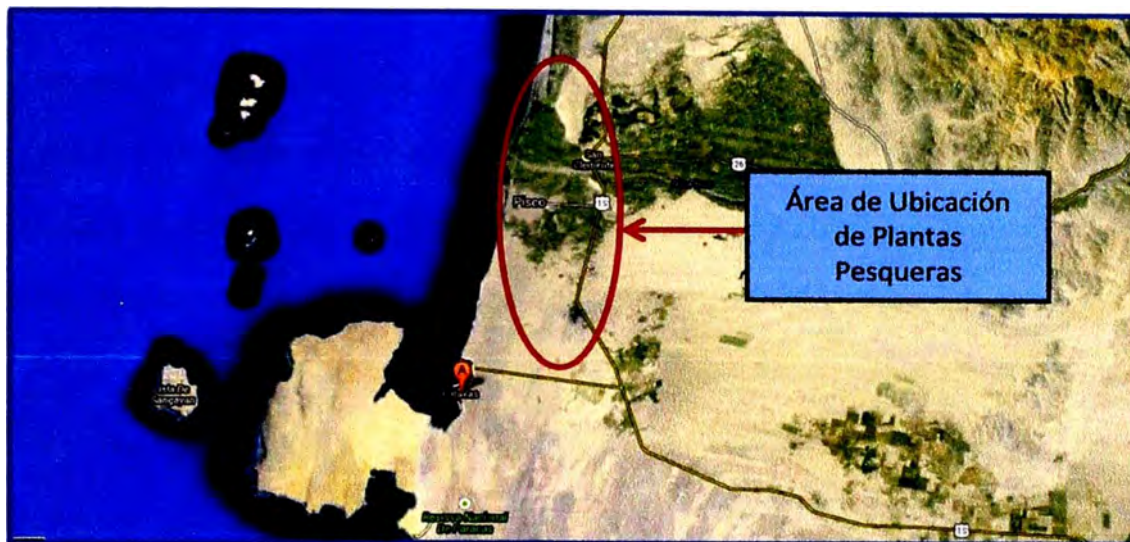


Figura 1.2 Bahía y Reserva de Paracas denotando Ubicación de Plantas Pesqueras.

Fuente: Google Maps Zona Bahía de Paracas

En 1999, las siete plantas procesadoras de harina y aceite de pescado de la Bahía de Paracas: Austral Group, Tasa, Sipesa, Pesquera Diamante, Epesca, Prisco y Consorcio Malla, conformaron APROPISCO S.A.C. (Asociación de Productores de Pisco S.A.C.). Como consecuencia de esta asociación, las empresas pesqueras estaban comprometidas a una serie de actividades de carácter ambiental algunas de las cuales significaban inversiones de considerable magnitud, como la construcción de un sistema de manejo y disposición final de efluentes.

Para este fin se construyó en un terreno cedido por la empresa Consorcio Malla una planta de recepción de los efluentes (mayormente provenientes del lavado de planta) de producción de harina y aceite que serían descargados en la zona de

amortiguamiento de la Bahía de Paracas a una distancia de 12 km de la planta y a una profundidad de 26 m y a través de una tubería de fierro de 10" de diámetro.

La planta constaba de dos tanques de recepción de 1,150 m³, con un sistema lavador de gases, y debía disponer de 250 m³/h a través de dos bombas de 75 hp con capacidad de bombeo de 250 m³/h trabajando alternadamente. Este efluente tratado de las plantas, se derivaba a la Planta de APROPISCO a través de una tubería de fierro de 10" tendida a lo largo de la carretera a Paracas de uso común para las siete plantas. Asimismo cada planta contaba con sus emisarios submarinos propios para disponer directamente hacia la Bahía de Paracas de las aguas de bombeo y aguas claras.

En mayo del 2004 el directorio de APROPISCO S.A.C. se enfrentó con la necesidad de modificar todo sus sistema de disposición de efluentes debido a la obligatoriedad de la implementación de PAMA's (Programas de Adecuación e Impacto Ambiental) en las empresas pesqueras de la zona, lo cual les impedía verter sus efluentes tratados en forma individual a la Bahía de Paracas.

El nuevo sistema usaría los tanques pulmón existentes de 1150 m³ de capacidad cada uno y debía considerar el cálculo de los equipos de bombeo para transportar un caudal máximo de 1000 m³/h un emisor submarino de 13.770 km de extensión hasta una profundidad de 51 m, en donde en base a los estudios oceanográficos, las fuertes corrientes marinas existentes permitirían su dispersión, dilución y posterior remineralización. El cálculo y selección debía incluir, asimismo, los equipos de

bombeo y tuberías desde cada planta pesquera hacia APROPISCO mediante líneas de impulsión individuales que permitiría un mejor control y manejo.

1.2 Objetivo General

El objetivo principal del presente informe es calcular y seleccionar los equipos de bombeo requeridos para poder evacuar eficientemente los efluentes tratados provenientes de las plantas pesqueras productoras de harina y aceite de pescado hacia la Bahía de Paracas a través de un emisario submarino único.

1.3 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos son en primer lugar dimensionar los equipos de bombeo de cada planta para poder enviar los efluentes tratados hacia la Estación Central de APROPISCO en base a las horas previstas de bombeo, a la capacidad de los tanques pulmón, y a la correcta selección de las tuberías de impulsión. En segundo lugar debemos seleccionar los equipos de bombeo que permitirán evacuar todo el caudal recibido hacia la Bahía de Paracas a través de los 13,77 km de emisario submarino, de tal manera que podamos hacerlo de manera eficiente.

1.4 Justificación

La industria pesquera brinda unos 12 mil puestos de trabajo entre directos e indirectos los cuales no sólo dan mano de obra sino servicios varios, desarrollando de esa manera la pequeña industria afín al sector pesquero. Sin embargo, también es sabido que la industria pesquera a través de los años ha sido una gran fuente contaminante que ha influido negativamente en el medio ambiente de las zonas en

donde ha estado presente. Es por esto que las regulaciones ambientales cada vez más estrictas han permitido un mejor y mayor control de las actividades de esta industria que se ha visto obligada a mejorar el tratamiento de sus efluentes mediante la implementación de PAMA's, los cuales a la vez que reducen el impacto ambiental, recuperan sólidos y grasas del proceso que antes se perdían y hoy son un ingreso adicional para las empresas.

Es por esto que la adecuación a la normativa de vertimiento de efluentes tratados a la bahía de Paracas se convirtió en un asunto de gran importancia económica, ambiental y social.

1.5 Alcances

El presente informe pretende durante su desarrollo, dimensionar y calcular los equipos de bombeo para evacuar 1000 m³/h de efluentes tratados desde las plantas pesqueras hacia la Estación Central de Apropisco y desde ahí hasta la bahía de Paracas a través de un emisario submarino único. Este informe asimismo involucra el dimensionamiento de las tuberías de impulsión para cumplir tal fin. A pesar que la implementación del nuevo sistema de bombeo considera sistemas electrónicos de control, estudios oceanográficos para la ubicación del emisario submarino, lanzamiento del mismo, instalaciones electromecánicas y obras civiles, el espíritu de este informe no los trata y de mencionarse sólo es de manera informativa.

1.6 Limitaciones

La implementación del nuevo sistema de evacuación de efluentes tratados se ha realizado con los aportes de las empresas que conforman APROPISCO, a saber

CONSORCIO MALLA (esta planta fue adquirida por PESQUERA DIAMANTE y cambió su nombre a DIAMANTE NORTE), PESQUERA DIAMANTE (al comprar CONSORCIO MALLA se le conoce ahora como DIAMANTE SUR), SIPESA (cambió de nombre a partir de su compra por parte de TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS y pasó a conocerse como TASA-SUR), TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS (ahora llamada TASA NORTE), AUSTRAL GROUP, PRISCO (ahora conocida como INVERSIONES PRISCO) y EPESCA (adquirida por CFG INVESTMENT).

El tiempo límite para realizar esta implementación era de 8 meses durante los cuales se debía tener operativo el nuevo sistema.

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES SOBRE EL PROCESO PRODUCTIVO DE LAS PLANTAS PESQUERAS

2.1 Detalle del Proceso de Producción

La harina y aceite de pescado son productos obtenidos del procesamiento de anchoveta, que debido a su alto poder proteínico (ácidos grasos omega-3, DHA y EPA), gozan de alta demanda a nivel mundial.

La harina de pescado ofrece muchos beneficios en la nutrición animal ya que aporta muchas proteínas y nutrientes. Como ingrediente de alimentos para aves, aves ponedoras, cerdos, rumiantes, vacas lecheras, ganado vacuno, ovino, y animales acuáticos (camarón, pescado y otros), disminuye notablemente los costos de producción industrial de estos animales por su rápido crecimiento, su mejor nutrición, la mejora de la fertilidad y la notoria disminución de posibilidades de enfermedades.

La harina de pescado es normalmente un polvo o harina marrón compuesto normalmente por entre 60% y 72% de proteína, entre 5% y 12% de grasa y entre

10% y 20% de ceniza. Los productores proveen detalles del tipo de materia prima utilizada y del contenido típico de nutrientes.

Al descargar el pescado en la fábrica se pesa y se muestrea para comprobar la frescura de los pescados que se supervisa usando TVN; los pescadores pueden ser pagados basados en el peso de la materia prima y de su TVN (frescura) para animar al desembarque de materia prima de alta calidad.

El transporte del pescado desde las embarcaciones a la fábrica debe hacerse con el menor daño posible, de tal forma que en todo momento se evite el destrozado del pescado y con ello no se facilite el proceso autolítico y microbiano.

El pescado desaguado previamente es llevado a las balanzas de pesaje a través de una rastra, y de ahí es almacenado en pozas de concreto. A partir de allí la materia prima es llevada a la cocina a través de gusanos transportadores que alimentan ya sea a un elevador de cangilones o a una bomba de paletas. Una vez en la cocina se ejecutan las siguientes operaciones:

Operación de Cocción

La operación unitaria de cocción (entre 95 a 100 °C) tiene como fin:

- Coagular las proteínas,
- Esterilizar los pescados con el fin de detener la actividad enzimática y microbiana,
- Liberar la grasa de las adiposas y el agua.

Operación de Pre-Desaguado o Pre-Prensado

El pre-desaguado es efectuar un drenaje previo con la finalidad de mejorar la eficiencia del proceso de prensado.

Operación de Prensado

La operación de prensado tiene como objetivo la separación de agua y grasa de tal forma que la torta de prensa contenga la menor cantidad posible de estos dos componentes. Se generan la torta o queque de prensa y el licor o caldo de prensa.

Operación de Separado y Centrifugación

Es la operación que utiliza la separadora y la centrifuga para separar los diversos componentes que tiene el licor de prensa como son la grasa, sólidos solubles e insolubles y agua, en razón de su diferencia de densidades.

Operación de Evaporación

La evaporación consiste en la eliminación de vapor de un soluto relativamente no volátil, el cual suele ser sólido. Generalmente no se elimina completamente y el producto concentrado permanece en forma líquida, aunque algunas veces con una elevada temperatura.

Operación de Secado

El objetivo es deshidratar la torta de prensa, torta separadora y el concentrado de agua de cola unida y homogenizados previamente; sin afectar la calidad del producto. La principal razón es reducir la humedad del material a niveles de agua remanente en donde no sea posible el crecimiento microbiano ni se produzcan causas que puedan deteriorar el producto.

Operación de Molienda

El objetivo de la molienda, es la reducción del tamaño de los sólidos hasta que se satisfagan las condiciones y especificaciones dadas por los compradores.

La molienda del scrap es de importancia, porque una buena apariencia granular incidirá favorablemente en la aceptación del producto en el mercado.

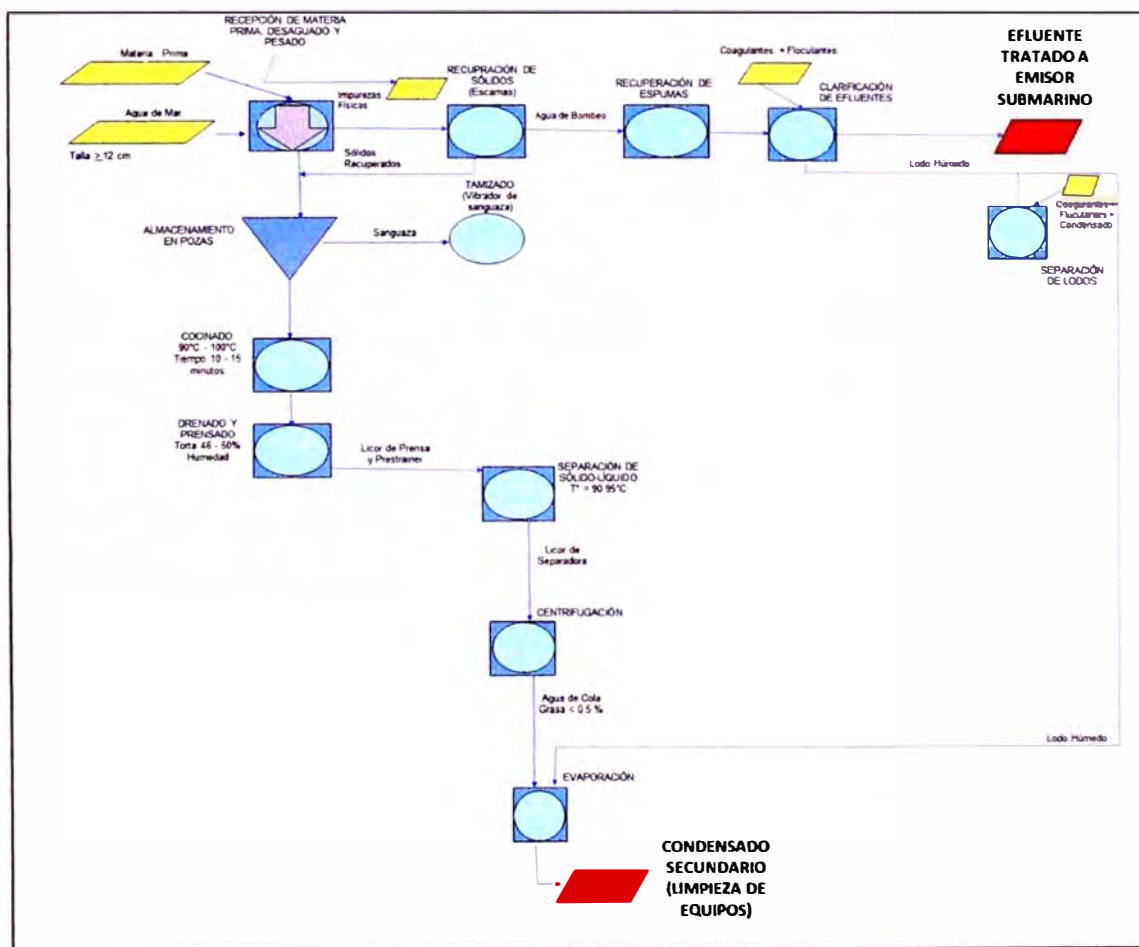


Figura 2.1. Proceso Productivo de una Planta Pesquera

2.2. Origen y Cuantificación de Efluentes

2.2.1. Agua de Bombeo

El agua de bombeo forma parte del fluido mediante el cual el pescado es bombeado a la planta harinera. La anchoveta es trasladada desde las embarcaciones pesqueras a la planta por medio de una bomba (ya sea de desplazamiento positivo o de vacío-presión) que se encuentra en una estación flotante conocida como “chata” y a través de una tubería submarina. Estas chatas, ubicadas en la bahía de Paracas, se encuentran entre 800 y 1200 metros de distancia de las plantas.

La mezcla agua-pescado que se maneja es de 1 a 1 (por cada tonelada de pescado bombeada se desplaza 1 tonelada de agua de mar) y llega a la planta a través de tuberías submarinas de hdpe (high density polyethylene). Esta mezcla se descarga a los desagües que drenan la parte líquida separándola del pescado que continuará su proceso.

Luego de pasar por los desagües, el agua de bombeo típicamente contiene materia orgánica suspendida y diluida, aceites y grasas, sangre y agua de mar.

Otros efluentes del proceso, como el agua de cola y la sanguaza, que antiguamente eran descargados al mar, ahora son retornados al proceso de elaboración de harina y aceite de pescado, siendo el agua de bombeo el único efluente líquido generado por esta industria.

El agua de bombeo contiene grandes cantidades de aceites, grasas y sólidos que, de ser vertida al mar sin previo tratamiento, generaría problemas de impacto sobre la

masa marina, atentando contra las actividades de pescadores artesanales, contra las poblaciones de fauna marina y el equilibrio ecológico en general.

Afortunadamente, hoy sabemos que la inversión en tecnologías de tratamiento del agua de bombeo trae consigo, además de los beneficios ambientales, una mayor rentabilidad económica gracias a la recuperación de estos elementos y su reincorporación al proceso de elaboración de harina y aceite de pescado. El sistema básico de tratamiento contiene las siguientes fases:

- Separación de los sólidos del componente líquido del agua de bombeo, mediante un filtro rotativo o Trommel.
- Celda de flotación que mediante la generación de microburbujas de aire, que se adhieren a las partículas en suspensión, produce una espuma que es recuperada con una espumadera rotativa, que luego es llevada al proceso de aceite PAMA.
- Fase de coagulación, floculación y flotación por aire disuelto o DAF químico, donde se genera un volumen de lodo húmedo que es compactado finalmente con una separación en frío logrando reducir la humedad del lodo hasta un 70%.

El efluente líquido del DAF, que es a fin de cuentas lo que se debe transportar a la estación central de Apropisco, ha sido ya clarificado y cumple con los estándares internacionales de calidad de descargas líquidas de fábricas pesqueras.

Debido a que no existe un patrón definido para predecir la cantidad de materia prima a recibir diariamente se establece que para la cuantificación de los efluentes se considerará el valor máximo posible de generación de agua de bombeo. Este cálculo se realiza considerando la capacidad autorizada o licencia de procesamiento de cada planta de harina de pescado. Por ejemplo una planta de 100 Ton/h, es decir que

puede procesar 100 Ton/h de materia prima, recibirá 100 Ton/h de agua de bombeo (relación 1:1). Para un trabajo continuo de 24 horas la producción diaria de agua de bombeo será de 2 400 m³. En la tabla 2.1. se resume las capacidades de cada planta en ton/h de procesamiento de pescado y los caudales máximos de agua de bombeo producidos.

Tabla 2.1. Capacidad de Procesamiento de Pescado vs. Producción de Agua de Bombeo por Planta

Planta	Capacidad de Procesamiento de Pescado (Ton/h)	Producción de agua de bombeo (m³/día) – 24 horas
Sipesa	140	3 360
Prisco	40	960
Pesquera Diamante	100	2 400
Austral Group	120	2 880
Tecnológica de Alimentos	100	2 400
Epesca	110	2 640
Consorcio Malla	90	2 160

Fuente: Ministerio de la Producción - PRODUCE

2.2.2. Agua de Lavado de Planta

Es el agua conformada por las siguientes fuentes:

- Lavado de pozas de pescado
- Lavado de gusanos de transporte
- Lavado de filtros rotatorios, trommels y malla transportadora
- Lavado de pisos
- Lavado de planta de agua de cola
- Lavado de cocinas

- Lavado de prensas, separadoras y centrifugas
- Otros

Normalmente el lavado se realiza con condensado proveniente de diversos equipos de la planta.

CAPÍTULO 3

SISTEMA ACTUAL DE EVACUACIÓN DE EFLUENTES

3.1 Sistema de Evacuación

La situación inicial de la disposición de los efluentes tratados de las empresas pesqueras de la bahía de Paracas se realizaba de dos formas: la primera era descargando el agua de bombeo previamente tratada y almacenada en tanques pulmón, a través de emisarios submarinos propios y la segunda era disponer de los efluentes provenientes del lavado de planta hacia los tanques receptores de la Estación Central de Apropisco mediante una tubería común para las siete plantas y de ahí ser enviada mediante un emisor submarino hacia la bahía de Paracas. Cada planta enviaba al mar una cantidad no definida de efluentes que no era monitoreada por las entidades competentes. Los efluentes enviados a Apropisco eran en su totalidad los flujos derivados del lavado de planta que incluían agua caliente (condensado) entre 70 y 80 °C, soda cáustica y ácido nítrico.

3.1.1. Capacidad de Almacenamiento

Cada planta contaba con una capacidad de almacenamiento instalada mediante tanques pulmón, para poder acumular los picos de producción de agua de bombeo que son enviados al mar. La razón primordial de estos tanques pulmón es evitar el sobredimensionamiento y mal funcionamiento de los equipos de bombeo. Para entender esto se debe recalcar que la recepción de materia prima en esta zona del litoral peruano normalmente dura entre 8 a 12 horas que cubre el procesamiento de 24 horas de la planta. De dimensionar los equipos para trasladar el agua de bombeo producida en ese lapso, implicaría una bomba de aproximadamente tres veces la capacidad de la que sería calculando para 22 ó 24 horas de trabajo. Por ejemplo si una planta de 100 Ton/h debe tratar 2 400 m³ por día y lo quisiera hacer sin tanques pulmón (tener en cuenta que este caudal lo recibe en 8 ó 12 horas) se debería contar con bombas de 300 m³/h en vez de bombas de 100 m³/h trabajando 24 horas al día.

Además debido a que durante las horas de recepción de materia prima, ésta no es en forma uniforme, se traduciría en un trabajo ineficiente de los equipos de bombeo ya que en cierto momento de la operación, el caudal de agua de bombeo recepcionado estaría por debajo de la capacidad de las bombas (ingreso de aire → vibración) o sería simplemente nulo - tiempo muerto entre cambio de lanchas – (trabajo en seco).

Por este motivo la tabla 3.1 muestra la capacidad instalada de tanques tanto para el agua de bombeo como para el agua de lavado de planta.

Tabla 3.1. Capacidad de Tanques Pulmón para Agua de Bombeo y Agua de Lavado de Planta

Planta	Capacidad de Tanques para Agua de Bombeo (m3)	Capacidad de Tanques para Lavado de Planta (m3)
Sipesa	3000	100
Prisco	800	50
Pesquera Diamante	1570	100
Austral Group	3000	100
Tecnológica de Alimentos	2550	120
Epesca	2000	90
Consorcio Malla	2100	110

Fuente: Plantas Pesqueras

3.1.2. Emisarios Submarinos de Cada Planta

Con el fin de evacuar los efluentes tratados, cada planta contaba con emisarios submarinos propios que cada planta en forma unilateral había dimensionado sin considerar los criterios técnicos de velocidad mínima de flujo ni los estudios oceanográficos pertinentes para la correcta dilución y reabsorción de la materia orgánica disuelta en el agua de bombeo tratada.

En la tabla 3.2 se muestra las longitudes, diámetros nominales y materiales de los emisarios submarinos existentes.

Tabla 3.2. Características de Emisarios Submarinos Existentes

Planta	Longitud de emisor submarino (m)	Diámetro nominal de tubería (pulg)	Material de tubería
Sipesa	2000	16	Acero Sch 40
Prisco	1000	10	Acero Sch 40
Pesquera Diamante	1200	12	Acero Sch 40
Austral Group	1350	12	Acero Sch 40
Tecnológica de Alimentos	2400	14	Acero Sch 40
Epesca	1700	12	Acero Sch 40
Consorcio Malla	1500	12	Acero Sch 40

Fuente: Plantas Pesqueras

3.1.3. Caudal Bombeado y Equipos de Bombeo Existentes

Cada planta manejaba un caudal de agua de bombeo (AB) y un caudal de lavado de planta (LP) que eran bombeados al mar y a Apropisco respectivamente. La tabla 3.3 resume los caudales, ADT y potencia de las bombas para el agua de bombeo (AB) y la tabla 3.4 resume los caudales, ADT y potencias para el lavado de planta (LP)

Tabla 3.3. Datos Hidráulicos Bomba Agua de Bombeo (emisario propio)

Planta	VTotal (AB) 24 Horas (m3)	Caudal en 12 horas (m ³ /h)	ADT (m)	Potencia de Bomba (Hp)
Sipesa	3 360	280	14	25
Prisco	960	80	12	10
Pesquera Diamante	2 400	200	14	20
Austral Group	2 880	240	16	25
Tecnológica de Alimentos	2 400	200	15	20
Epesca	2 640	220	16	20
Consorcio Malla	2 160	180	14	15

Fuente: Plantas Pesqueras

Tabla 3.4. Datos Hidráulicos Bomba Agua de Lavado de Planta (vertimiento hacia Estación Central de Apropisco)

Planta	VTotal Agua (LP) en 24 Horas (m3)	Caudal a Bombear (m³/h)	ADT (m)	Potencia de Bomba (Hp)
Sipesa	50	30	28	30
Prisco	15	30	26	30
Pesquera Diamante	40	30	24	30
Austral Group	45	30	21	25
Tecnológica de Alimentos	50	30	19	25
Epesca	40	30	17	25
Consortio Malla	40	30	15	20

Fuente: Plantas Pesqueras

3.1.4 Líneas de Impulsión a Estación Central

Cada planta enviaba los efluentes provenientes del lavado de planta (LP) a través de tramos de tubería interna desde los tanques de almacenamiento de cada planta, hacia una tubería común de 6 pulgadas de fierro negro Sch 40 (en el tramo desde SIPESA hasta AUSTRAL GROUP) y de 10 pulgadas de fierro negro Sch 40 (en el tramo desde AUSTRAL GROUP hasta la ESTACION CENTRAL DE APROPISCO). Esto da un total de 2450 m que recorre las siete plantas y desemboca en los tanques de almacenamiento principales de la estación central de Apropisco. Los detalles de los tramos de tuberías internas de cada planta se detallan en la tabla 3.5. Los detalles de los tramos recorridos hacia la Estación Central de Apropisco por cada planta y el caudal de bombeo se detallan en la tabla 3.6

Tabla 3.5. Detalle Tramos Internos de cada Planta para el Bombeo de Agua de Lavado de Planta (vertimiento hacia Estación Central de Apropisco)

Plantas	Longitudes Internas (m)	Diámetros Nominales de Tuberías (pulg)	Material de Tubería	Caudal bombeado (m ³ /h)
Sipesa	60	4	Fe Sch 40	30
Prisco	78	3	Fe Sch 40	30
Pesquera Diamante	45	4	Fe Sch 40	30
Austral Group	90	6	Fe Sch 40	30
Tecnológica de Alimentos	120	6	Fe Sch 40	30
Epesca	110	4	Fe Sch 40	30
Consortio Malla	140	4	Fe Sch 40	30

Fuente: Plantas Pesqueras

Tabla 3.6. Detalle Tramos Internos de cada Planta para el Bombeo de Agua de Lavado de Planta (vertimiento hacia Estación Central de Apropisco)

Tramos	Longitudes Externas (m)	Diámetros Nominales de Tuberías (pulg)	Material de Tubería	Caudal bombeado (m ³ /h)
Sipesa-Prisco	450	6	Fe Sch 40	30
Prisco-Diamante	324	6	Fe Sch 40	60
Diamante-Austral	335	6	Fe Sch 40	90
Austral-TASA	377	6	Fe Sch 40	120
TASA-Epesca	154	6	Fe Sch 40	150
Epesca-Malla	129	10	Fe Sch 40	180
Malla-Apropisco	681	10	Fe Sch 40	210

Fuente: Plantas Pesqueras

3.1.5 Estación Central de Bombeo a Apropisco

La Estación Central de Apropisco cuenta con dos tanques de 1150 m³ de capacidad en donde se almacenan los efluentes provenientes del lavado de plantas de las siete empresas pesqueras productoras de harina de pescado. A partir de estos tanques dos bombas de 75 hp de un caudal de 250 m³/h cada una, que trabajan ya sea individual o en paralelo, descargan los efluentes almacenados a través de un emisario de acero SCh 40 de 12 000 m de 10 pulgadas de diámetro interno. Los tanques cuentan con un sistema de eliminación de gases producidos por la descomposición de los componentes orgánicos durante el período de almacenamiento. La figura 3.1. nos muestra un esquema de la situación inicial de la disposición de los efluentes de las plantas.

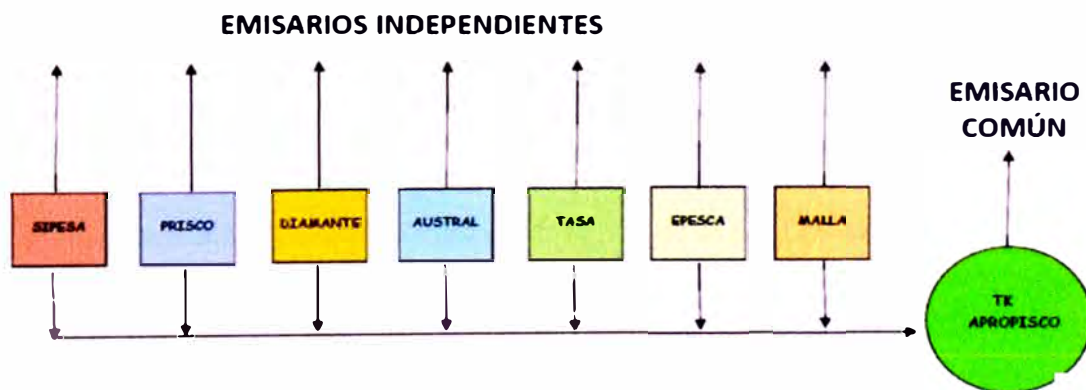


Fig. 3.1. Situación Inicial de Disposición de Efluentes

CAPÍTULO 4

ASPECTOS TEÓRICOS DEL SISTEMA DE BOMBEO Y SU CONTROL

4.1 Conceptos Básicos de Hidráulica

Para el desarrollo del dimensionamiento del nuevo sistema bombeo de los efluentes tratados provenientes de las plantas pesqueras de la bahía de Paracas, se debe tener familiaridad con conceptos básicos de hidráulica, los cuales servirán de herramientas útiles para nuestro fin.

Presión (P)

En el diseño de sistemas de tuberías, la elevación de fluidos de algún nivel a otro, su movimiento desde un lugar hacia otro, o ambos, están regidos por principios hidráulicos. Para el diseño de los sistemas de tuberías, las áreas de interés son:

- Comportamiento de líquidos en reposo (presión y equilibrio hidrostático), como en tanques de almacenamiento o líneas inactivas.
- Fuerzas ejercidas sobre líquidos, realizados por objetos en movimiento (hidrodinámica), como equipos de bombeo.

Presión Estática (Ps)

La presión estática es una medición de presión en líquidos en reposo. Esta es además una medición de la energía potencial. La presión estática es el peso vertical de un punto dado en una columna o cuerpo de agua calmada a esa superficie (usualmente expresada en presión diferencial o en unidades de cabezal de líquido circulante).

Presión Dinámica (Pd)

La presión dinámica es una medida de presión o energía cinética de los líquidos en movimiento.

Presión Atmosférica (Pa)

La presión atmosférica es comparable con la presión estática de líquidos debido a que ésta es causada por el peso de aire sobre la superficie de la Tierra. La presión atmosférica es cercana a 14.7 psi al nivel del mar y disminuye un poco con la altitud.

Presión de Vapor (Pv)

Todos los líquidos tienen una tendencia a vaporizarse. Esta tendencia a la evaporación (volatilidad), incrementa con la temperatura y disminuye con la presión. La presión de vapor de un sistema es una función de la temperatura y la presión del sistema. Sin embargo, el efecto de la presión total en la presión de vapor es pequeño, así que normalmente se considera sólo la presión de vapor de un sistema como una función de la temperatura

Caudal de Bombeo (Q)

Es el caudal de circulación en el interior de una tubería

Altura Dinámica Total (ADT)

Representado por la diferencia geométrica del nivel de cotas más las pérdidas de carga totales, desarrolladas durante la succión y descarga.

Número de Reynolds (Re)

Relaciona la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión típica de un flujo en una expresión adimensional. Para un fluido que circula por el interior de una tubería circular recta, el número de Reynolds viene dado por:

$$Re = \frac{\rho v_s D}{\mu} \dots \dots \dots (4.1.)$$

o equivalentemente por:

$$Re = \frac{v_s D}{\nu} \dots \dots \dots (4.2.)$$

donde:

ρ : densidad del fluido en kg/m^3

v_s : velocidad característica del fluido m/s

D: diámetro de la tubería a través de la cual circula el fluido o longitud característica del sistema en m

μ : viscosidad dinámica del fluido $\text{kg/m}\cdot\text{seg}$

ν : viscosidad cinemática del fluido en m^2/seg

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \dots \dots \dots (4.3)$$

Como todo número adimensional es un cociente, una comparación. En este caso es la relación entre los términos convectivos y los términos viscosos de las ecuaciones de Navier-Stokes que gobiernan el movimiento de los fluidos.

Además el número de Reynolds permite predecir el carácter turbulento o laminar en ciertos casos.

- Para valores de Re menores o iguales a 2100 (para flujo interno en tuberías circulares) el flujo se mantiene estacionario y se comporta como si estuviera formado por láminas delgadas, que interactúan sólo en función de los esfuerzos tangenciales existentes. Por eso a este flujo se le llama flujo laminar.
- Para valores de Re entre 2100 y 3000 (para flujo interno en tuberías circulares) el flujo se denomina de transición.
- Para valores de Re mayores de 3000 (para flujo interno en tuberías circulares) el flujo es llamado turbulento, es decir caracterizado por un movimiento desordenado, no estacionario y tridimensional.

Curva Característica del Sistema

La curva característica del sistema, presenta gráficamente el requerimiento de carga del sistema para diferentes condiciones de caudal. La ecuación general del sistema es el primer paso para determinar el requerimiento de bombeo, y esta ecuación expresa la carga de energía requerida en unidades de columna de líquido de agua.

La ecuación general del sistema se puede escribir como:

$$H_{SISTEMA}(m) = (z_2 - z_1) + \frac{(P_2 - P_1)}{\rho g} + \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2g} + \frac{V^2}{2g} \left[\left(\sum \frac{fL}{D} \right) + (\sum K) \right] \dots\dots(4.4.)$$

en donde:

$H_{SISTEMA}$:	carga total de presión requerido para el proceso, medida en metros de columna de líquido.
z_2, z_1 :	desniveles de altura estática, en metros.
V_2, V_1 :	velocidad de traslado del líquido en diferentes puntos, en m/seg.
V :	velocidad nominal de traslado del líquido, en m/seg.
ρ :	densidad del fluido, en kg/m ³ .
g :	gravedad, en m/seg ² .
f :	coeficiente de fricción, sin dimensiones.
L :	longitud de la tubería
D :	diámetro de la tubería
K :	rugosidad absoluta, en mm.

En la mayoría de las aplicaciones se pueden tener condiciones de bombeo que simplifican la ecuación general, tales como:

- Flujo estable: $V_2 \sim V_1 \sim 0$
- Presión estática: $P_2 = P_1 = P_{atmosférica}$

Aplicando estas condiciones, la ecuación general del sistema puede reducirse a:

$$H_{SISTEMA}(m) = (z_2 - z_1) + \frac{V^2}{2g} \left[\left(\sum \frac{f L}{D} \right) + \left(\sum K \right) \right] \dots\dots\dots (4.5.)$$

La magnitud de la pérdida de carga, está en función de las propiedades del fluido de bombeo, la condición del flujo, así como de las características superficiales de la tubería y accesorios.

La condición de flujo del fluido que se bombea, puede ser laminar, en transición o turbulento. En caso de presentarse un flujo turbulento, se debe determinar si es un flujo dominado o no por la rugosidad.

Cuando la altura total del sistema $H_{SISTEMA}$ es graficada en función del caudal Q , se obtiene la curva del sistema. Esta curva muestra la altura requerida por la bomba para transportar el fluido desde una posición inicial, hasta una final para diferentes caudales. En la figura 4.1. se muestra una curva de sistema típica.

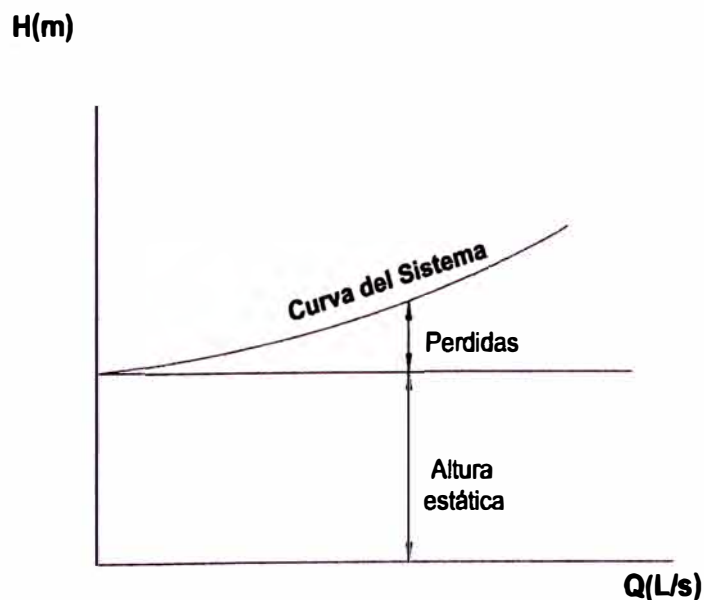


Figura 4.1. Curva de un Sistema de Bombeo

Fórmula de Hazen-Williams

Obtenida la velocidad de flujo se procede al cálculo de la pérdida de carga por fricción en la línea utilizando para esto la ecuación de Hazen-Williams expresada como sigue (en el Sistema Internacional):

$$h_f = \frac{\left(10.647 * L * \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \right)}{D^{4.87}} \dots \dots \dots (4.6)$$

Donde:

- Q : caudal de bombeo en m³/s.
- C : coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams adimensional.
- D : diámetro interior comercial de la tubería seleccionada en m.
- hf : pérdida de carga por fricción en m.
- L : longitud de tubería en m.

Para efectos prácticos de manejo de unidades se redefine la fórmula de Hazen-Williams de la siguiente manera:

$$hf = \frac{\left(1760 * L * \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.43} \right)}{D^{4.87}} \dots \dots \dots (4.7.)$$

Donde:

- Q : caudal de bombeo en l/s.
- C : coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams adimensional
- D : diámetro interior comercial de la tubería seleccionada (pulg.).
- L : longitud de tubería en m.
- hf : pérdida de carga por fricción (m)

La fórmula de Hazen-Williams es una de las más populares para el diseño y análisis de sistemas hidráulicos.

- Su uso se limita al flujo de agua en tuberías con diámetros mayores de 2.0 pulgadas y menores de 6.0 pies.
- La velocidad de flujo no debe exceder los 10.0 pies/s (3m/s).
- Sólo puede ser utilizada para el cálculo de las pérdidas por fricción en sistemas que conducen agua a temperaturas entre 18°C y 30°C y bajo condiciones de flujo turbulento (caso típico en las aplicaciones para sistemas de abastecimiento de agua).
- No es aplicable para tuberías extremadamente rugosas

En la tabla N°4 se podrá apreciar los coeficientes de Hazen-Williams en base a los diferentes tipos de materiales de tubería.

Tabla 4.1. Coeficientes de Hazen-Williams de Diferentes Tipos de Materiales

Material	Coefficiente de Hazen-Williams-C
Asbesto-cemento (nuevo)	135
Cobre y Latón	130
Acero Sch 40, nuevo	130
Acero Sch 40, 10 años de edad	107 – 113
Acero Sch 40, 20 años de edad	89 – 100
Acero Sch 40, 30 años de edad	75 – 90
Acero galvanizado (nuevo y usado)	125
PVC	140
HDPE	150
Aluminio	130

Fuente: <http://www.miliarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.asp>

Ley de Continuidad del Flujo

Esta ley es consecuencia de la ley de la conservación de la materia. Hace referencia a la constancia del flujo a lo largo del camino recorrido por el fluido, su enunciado es: “El flujo de un fluido en movimiento es el mismo en dos puntos diferentes del camino recorrido por el fluido”

En términos matemáticos, es:

$$\emptyset = \rho_2 v_2 A_2 = \rho_1 v_1 A_1 \dots \dots \dots (4.8.)$$

En donde:

\emptyset : Flujo, en kg / s

ρ_1 , ρ_2 : Densidades en puntos 1 y 2 del recorrido en kg/m³

v_1 , v_2 : Velocidad del fluido en los puntos 1 y 2 del recorrido en m/s

A_1 , A_2 : Área que atraviesa el fluido en los puntos 1 y 2 del recorrido en m²

Esta ecuación también recibe el nombre de ecuación de continuidad del flujo. Expresa que la cantidad de masa por unidad de tiempo que ingresa por un punto deber ser igual a la cantidad de masa por unidad de tiempo que sale por otro punto del recorrido del fluido.

Ecuación de Continuidad

Si el fluido es un líquido no viscoso e incompresible, su densidad permanece constante durante el flujo, entonces se puede eliminar la densidad en ambos miembros de la ecuación de la ley de continuidad del flujo, por lo que ésta se reduce a la ecuación de continuidad del caudal del líquido. Esto es:

$$Q = v_2 A_2 = v_1 A_1 \dots \dots \dots (4.9.)$$

Donde:

Q: Caudal de fluido que fluye entre los puntos 1 y 2 en m³/s

v₁, v₂: Velocidad media del fluido en los puntos 1 y 2 del recorrido en m/s

A₁, A₂: Área que atraviesa el fluido en los puntos 1 y 2 del recorrido en m²

4.2 Bombas Centrífugas

La bomba centrífuga es una de las bombas más usadas a nivel mundial ya que es la más adecuada para manejar un mayor caudal en comparación con otros tipos de bombas en particular las de desplazamiento positivo. Las necesidades de una bomba específica es generalmente determinada sobre la base de caudales y presiones a partir de un análisis completo del proceso.

Realizados los cálculos hidráulicos de los requerimientos de carga del sistema, se procede a la selección de la bomba. La selección de una bomba centrífuga puede ser

un problema complejo en el caso de no tener la información suficiente para relacionar todos los datos pertinentes.

Curvas Características de las Bombas

Para una bomba centrífuga a una velocidad de giro determinada, la altura (H), la potencia absorbida (P), la eficiencia (η) así como el NPSHr, pueden graficarse en función del caudal (Q). Estas curvas pueden graficarse incluso en función del diámetro del impulsor (d) – esto dependerá del tipo de impulsor que tenga dicha bomba.

La relación entre estos diferentes valores se representa mediante las curvas características. La figura 4.2 muestra como ejemplo la curva característica de una bomba centrífuga de impulsor cerrado mostrando la gráfica para cuatro diámetros de impulsor distintos a una velocidad de giro de $n=1745\text{rpm}$.

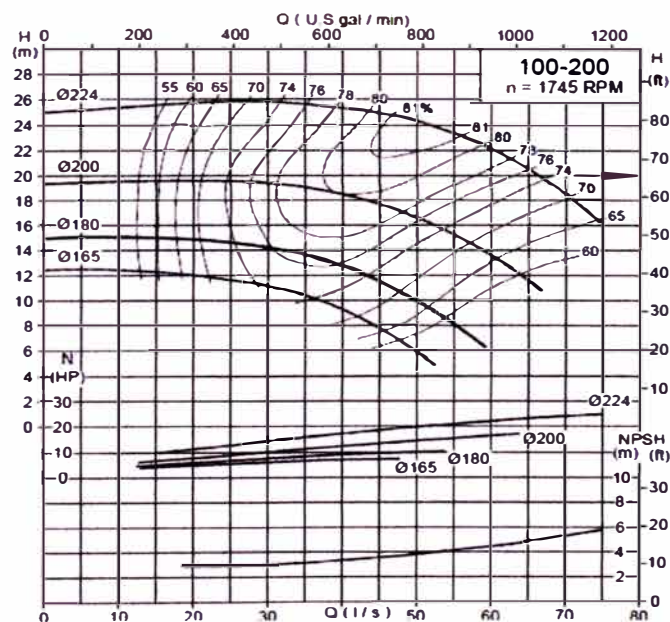


Figura 4.2. Curva Característica de una Bomba Centrífuga de una sola etapa con Impulsor Cerrado

Fuente: Hidrostral S.A.

Velocidad Específica (Ns)

Se debe prever que la forma de la curva característica de la bomba se reflejará en el diseño físico y además que puede haber cierto grupo o clase de curvas relacionadas con una clase o tipo de construcción de bomba. En el caso de la relación con los impulsores, las curvas se identifican en forma matemática en la expresión para la velocidad específica:

$$Ns = \frac{3.65 * N * \sqrt{Q}}{H^{0.75}} \dots \dots \dots (4.10.)$$

en donde:

Ns: velocidad específica de la bomba, en RPM.

N: velocidad de rotación o revoluciones del equipo de bombeo, en RPM

Q: caudal de bombeo, en litros/segundo.

H: altura dinámica total, en metros.

La velocidad específica es un parámetro adimensional.

La figura 4.3 muestra la relación entre la velocidad específica (Ns) y el tipo de impulsor.

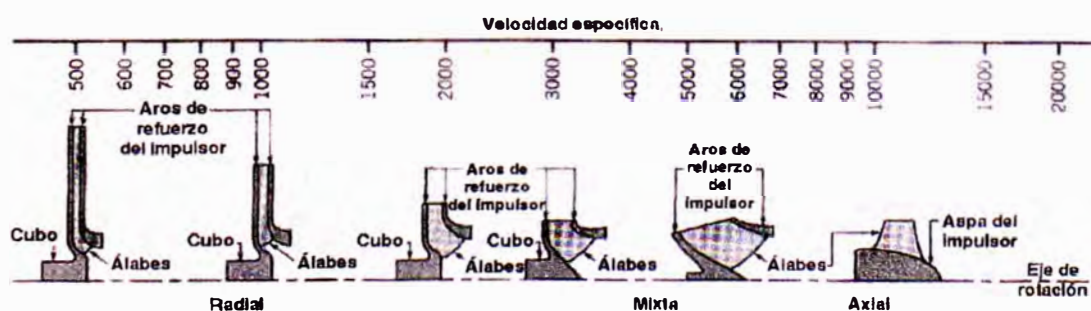


Figura 4.3. Variación de la Velocidad Específica con el tipo de Bomba.

Fuente: Hidrostral S.A.

Potencia Absorbida

Es la potencia absorbida por la bomba o potencia en el eje de la misma, se calcula con la siguiente fórmula.

$$P = \frac{G.E.* Q * H}{75 * \eta} \dots \dots \dots (4.11.)$$

- P: potencia absorbida por la bomba en hp
- G.E: gravedad especifica del liquido bombeado (para agua de mar a 25°C→G.E=1.025)
- Q: caudal en l/s
- H: altura Dinámica Total en m
- η: eficiencia total de la bomba

Eficiencia Total de la Bomba (η)

En primer lugar se debe tener en cuenta que dentro de la bomba existen diversas pérdidas que influyen directamente sobre la eficiencia global del equipo. Estas son:

a) Pérdidas de Potencia Hidráulicas

Estas disminuyen la energía útil que la bomba comunica al fluido y consiguientemente, la altura útil. Se producen por el rozamiento del fluido con las paredes de la bomba o de las partículas del fluido entre sí. Además se generan pérdidas hidráulicas por cambios de dirección y por toda forma difícil al flujo.

b) Pérdidas de Potencia Volumétricas

Se denominan también pérdidas intersticiales y son pérdidas de caudal que se dividen en dos clases:

- Pérdidas exteriores (q_e)
- Pérdidas interiores (q_i)

Las primeras constituyen las fugas del fluido al exterior, que se escapa por el juego entre la carcasa y el eje de la bomba que la atraviesa (ejemplo, a través de las estopas).

Las pérdidas interiores son las más importantes y reducen considerablemente el rendimiento volumétrico de algunas bombas. Estas pérdidas se explican de la siguiente forma: a la salida del impulsor de una bomba hay más presión que a la entrada, luego parte del fluido, en vez de seguir a la caja espiral, retrocederá por el conducto que forma el juego del impulsor con la carcasa, a la entrada de éste, para volver a ser impulsado por la bomba. Este caudal, también llamado caudal de cortocircuito o de recirculación, absorbe energía del impulsor.

c) Pérdidas de Potencia Mecánicas

Estas se originan principalmente por las siguientes causas:

- Rozamiento del prensaestopas con el eje de la bomba
- Accionamiento de auxiliares
- Rozamiento de la pared exterior del impulsor con la masa fluida que lo rodea.

Cada una de estas pérdidas asocia una eficiencia correspondiente conocidas como eficiencia hidráulica (η_{hid}), eficiencia volumétrica (η_{vol}) y eficiencia mecánica (η_{mec}).

La eficiencia total tiene en cuenta todas las pérdidas en la bomba detalladas anteriormente, y su valor es:

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \dots \dots \dots (4.12.)$$

Donde P_u es la potencia útil y P_a es la potencia de accionamiento. De donde

$$\eta = \eta_{hid} * \eta_{vol} * \eta_{mec} \dots \dots \dots (4.13.)$$

Relación entre la Curva del Sistema y la Curva de la Bomba - Punto de Operación

El punto de trabajo llamado punto de operación de la bomba es aquel en que la altura total generada por esta es igual a la altura necesaria de la instalación: en otras palabras, el lugar donde se cruzan la curva de la bomba y la del sistema, la figura 4.4., muestra que la intersección de ambas curvas.

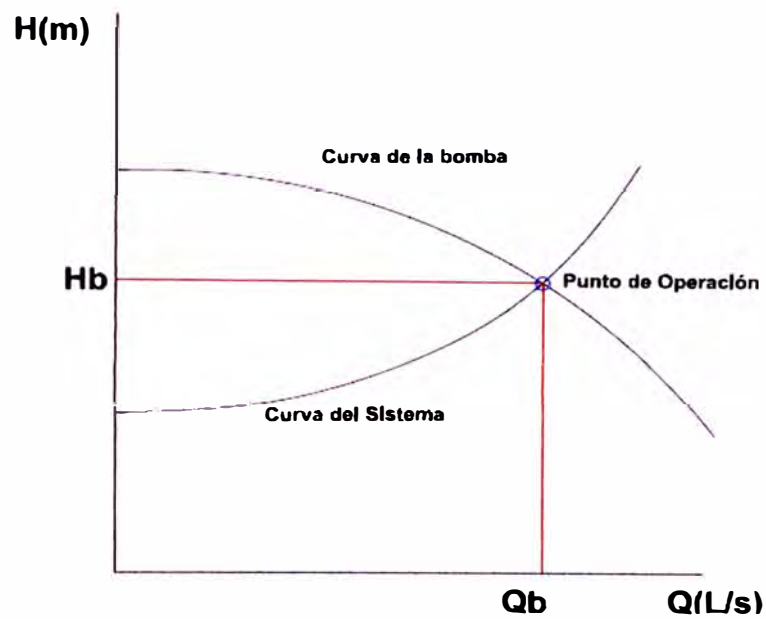


Figura 4.4. Punto de Operación

Sumergencia Mínima

Se requiere profundidad mínima de la línea de succión de la bomba para evitar la formación de vórtices. La sumergencia mínima se define como la distancia entre la parte más baja de la boca de la succión y el nivel más bajo del líquido. La sumergencia se calcula según:

$$S = Di + \frac{0,942 * Q}{Di^{1,5}} \dots \dots \dots (4.14.)$$

Donde:

- S: sumergencia mínima en m
- Q: caudal en m³/s
- Di: diámetro interno de la tubería en m

Cavitación

Es un fenómeno que ocurre cuando la presión absoluta dentro del impulsor se reduce hasta alcanzar la presión de vapor del líquido bombeado y se forman burbujas de vapor. Estas burbujas colapsan en la zona de alta presión originando erosión del material con el que está en contacto. Este fenómeno está íntimamente ligado al NPSH.

NPSH - Net Positive Suction Head (Altura Neta Positiva de Succión)

Es la cantidad de energía que dispone el líquido al ingreso de la bomba centrífuga. El NPSH sólo está presente en la succión del sistema de bombeo. Existen dos tipos de NPSH: NPSH disponible y NPSH requerido.

a) NPSHr - Altura Neta Positiva de Succión Requerida

Es el valor mínimo de energía requerido en la brida de succión de la bomba, que debe tener el líquido sobre la presión de vapor a la temperatura de bombeo para permitir que opere satisfactoriamente. Es característico del diseño de la bomba y de las condiciones de operación (velocidad, caudal, ADT, etc.), el NPSHr es un dato proporcionado por el fabricante.

b) NPSHd - Altura Neta Positiva de Succión Disponible

Es la energía que posee el líquido en la línea de succión de la bomba. Debe ser mayor que la energía en el líquido debido a la presión de vapor.

Esta energía se calcula solo en la succión del sistema y depende de las condiciones del líquido, temperatura, G.E., altura de operación entre otras.

El NPSHd se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{NPSHd} = \frac{(\text{Pa} - \text{Pv})}{\text{G. E.}} \pm \text{Hs} - \Sigma \text{Hf}_{\text{succión}} \dots \dots \dots (4. 16.)$$

Donde:

G.E.: Gravedad específica del fluido=G.E agua de mar=1.025

Pa: La presión atmosférica a una determinada altura de operación sobre el nivel de mar en m

Pv: Presión de vapor absoluta del líquido a temperatura del fluido en m

Hs: Altura estática en la succión y puede ser positiva o negativa dependiendo del tipo de instalación en (m)

$\Sigma H_{fsucción}$: Pérdidas de fricción en la tubería y conexiones presentes en la succión del sistema en m.

Como regla general para que una bomba no cavite se debe cumplir:

$$NPSH_d > NPSH_r$$

4.3. Bombas en Paralelo y en Serie

Con curvas características Altura-Caudal (H-Q) seleccionadas apropiadamente (preferentemente curvas con tendencias similares), y sujetas a ciertas consideraciones mecánicas e hidráulicas, se pueden emplear bombas en serie y/o paralelo para cumplir con un amplia serie de requerimientos.

Si se considera la operación de múltiples bombas se debe disponer de las curvas características de cada una de ellas, y éstas deberán ser superpuestas sobre la curva del sistema.

4.3.1. Bombas en Paralelo

Se dice que dos o más bombas funcionan en paralelo cuando el caudal total del fluido que circula en el sistema se divide en dos o más partes entrando cada una de ellas a

una bomba y luego se vuelven a unir. La figura 4.5. nos muestra un esquema de trabajo en paralelo para dos bombas. Se puede observar que el caudal total es la suma de los caudales que circulan por las bombas, efectuándose esta división de caudal de tal forma que la carga entregada por cada bomba sea la misma. Se cumple:

$$Q_T = Q_A + Q_B \dots\dots\dots (4.17.)$$

$$H_T = H_A = H_B \dots\dots\dots (4.18.)$$

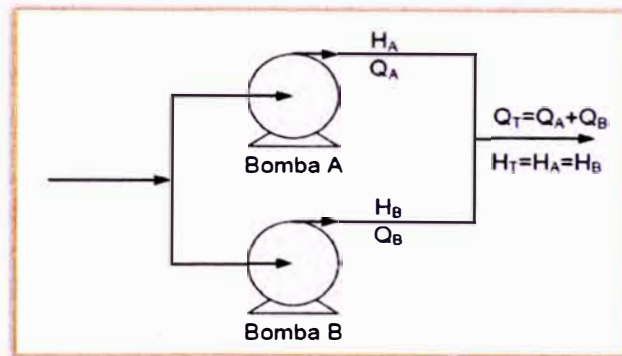


Figura 4.5. Trabajo de dos Bombas en Paralelo

Fuente: <http://xa.yimg.com/kq/groups/25187691/121737060/name/MT06>.

Para obtener la curva de operación combinada de dos o más bombas en paralelo se suman horizontalmente los caudales de las bombas para las mismas alturas. La figura 4.6 Nos muestra la construcción de la curva combinada

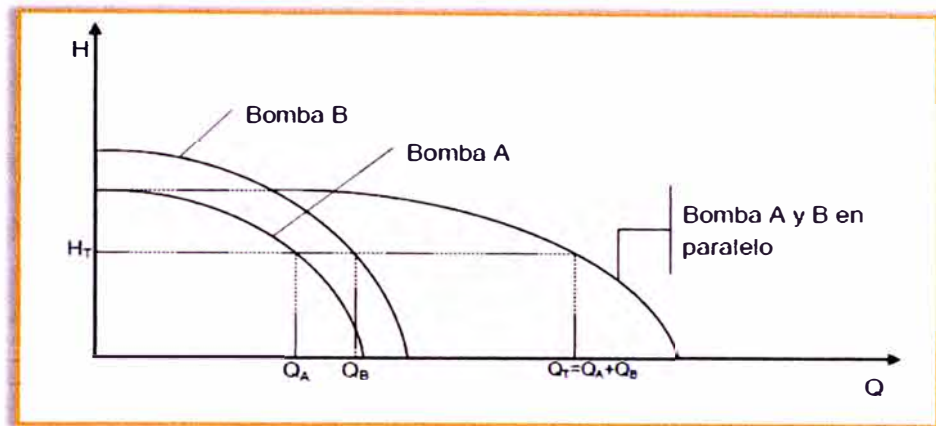


Figura 4.6. Curva Conjugada trabajo en Paralelo

Fuente: <http://xa.yimg.com/kq/groups/25187691/121737060/name/MT06>.

Como una bomba centrífuga opera siempre en la intersección de su curva H-Q con la curva del sistema, la superimposición de ésta sobre la curva de operación en paralelo de la(s) bomba(s) mostrará claramente el caudal esperado y a qué altura dinámica total trabajará cada una de ellas ya sea individualmente o en conjunto. La figura 4.7 nos muestra el punto de operación de un sistema de paralelo.

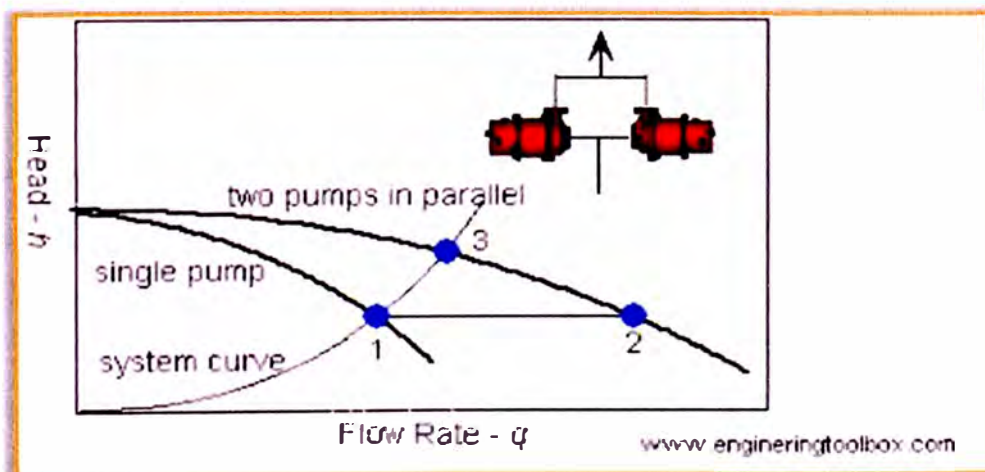


Figura 4.7. Curva Conjugada vs Curva del Sistema – Trabajo en Paralelo

Fuente: www.Engineeringtoolbox.com

4.3.2. Bombas en Serie

Se dice que dos bombas funcionan en serie cuando la totalidad del líquido que sale de una bomba entra en la siguiente. La figura 4.8. nos muestra un esquema de trabajo en paralelo para dos bombas. Se puede observar que el caudal que circula por cada bomba es el mismo, mientras que la altura total recibida por el fluido, es la suma de las alturas entregadas por las bombas. Se cumple:

$$Q_T = Q_A = Q_B \dots\dots\dots (4.19.)$$

$$H_T = H_A + H_B \dots\dots\dots (4.20.)$$

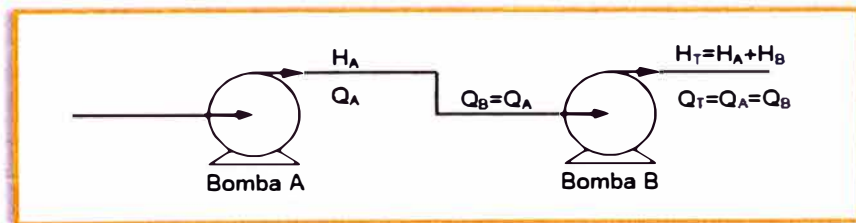


Figura 4.8. Trabajo de dos Bombas en Serie

Fuente: <http://xa.yimg.com/kq/groups/25187691/121737060/name/MT06>.

Para obtener la curva de operación combinada de dos o más bombas en serie se suman verticalmente las alturas de las bombas para los mismos caudales. La figura 4.9. nos muestra la construcción de la curva combinada

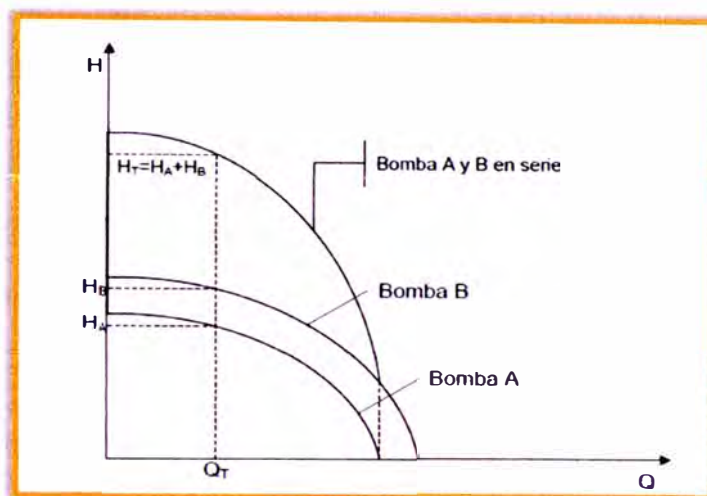


Figura 4.9. Curva Conjugada trabajo en Serie

Fuente: <http://xa.yimg.com/kq/groups/25187691/121737060/name/MT06>.

De la misma forma que en el caso de trabajo en paralelo, la superimposición de la curva del sistema con la curva conjugada de operación en serie de la(s) bomba(s) mostrará claramente la altura dinámica total esperada y a qué caudal trabajará cada una de ellas ya sea individualmente o en conjunto. La figura 4.10. nos muestra el punto de operación de un sistema de serie.

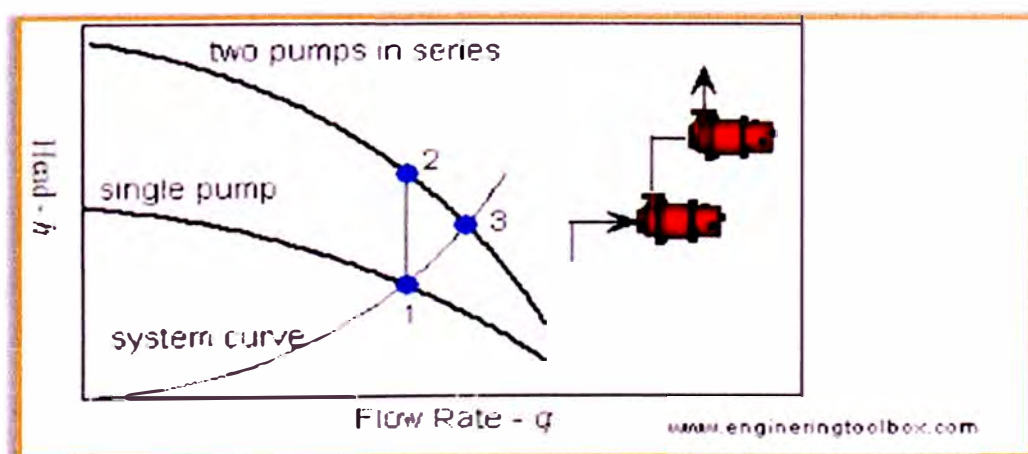


Figura 4.10. Curva Conjugada vs Curva del Sistema – Trabajo en Serie

Fuente: www.Engineeringtoolbox.com

4.4. Sistema de Bombeo

La tubería y el equipo a través del cual fluye un líquido hacia y desde una bomba constituyen el sistema de bombeo. Sólo la longitud de tubería conteniendo líquido controlado por la acción de la bomba es considerada parte del sistema. Cuando existe más de una bomba, el flujo a través del sistema es determinado por la operación combinada de todas las bombas.

El sistema a través del cual el líquido es bombeado, ofrece resistencia al flujo por diversas razones. El flujo a través de tuberías es afectado por la fricción. Si el líquido es descargado a cierta altura o a una presión mayor se encontrará con resistencia adicional.

Para condiciones fijas en un sistema de bombeo, existe solamente una altura dinámica total para cada flujo. Consecuentemente, una bomba centrífuga operando a una velocidad constante puede proporcionar únicamente un flujo. En la práctica, sin embargo, las condiciones en un sistema varían como resultado de cambios ya sea que estén bajo nuestro control o no. Cambios en la apertura de la válvula a la descarga de la bomba, cambios en los niveles de líquido tanto en la succión como en la descarga, cambios en las presiones en estos niveles, la vejez de las tuberías, cambios en el proceso, cambios en el número de bombas en operación en un manifold común, cambios en el tamaño, longitud o número de tuberías, son ejemplos de variaciones en el sistemas. Estas variaciones en las condiciones del sistema alteran la forma de la curva del sistema y a su vez afectan el caudal de bombeo.

4.4.1. Altura Estática Variable

En un sistema en donde una bomba succiona de un reservorio o tanque y llena otro, la capacidad de la bomba disminuirá con el incremento de la altura estática. La curva del sistema se construye dibujando la variable pérdidas por fricción versus el caudal en la tubería. A esto se añade las alturas máximas y mínimas previstas (diferencia entre los niveles de descarga y de succión). Las dos curvas resultantes son Alturas Dinámicas Totales para cada condición (ver figura 4.11).

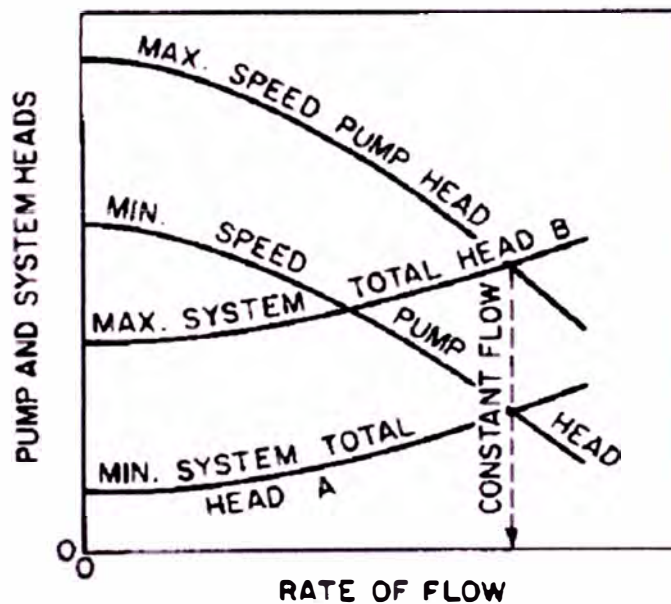


Figura 4.11. Sistema con Altura Estática Variable

Fuente: Pump Handbook – Igor J. Karassik

El caudal de la bomba es el punto de intersección de la curva de la bomba H-Q con cualquiera de las dos curvas graficadas o con cualquier curva intermedia para otras condiciones de nivel de líquido. La figura 4.12. nos muestra una curva del sistema representando este caso.

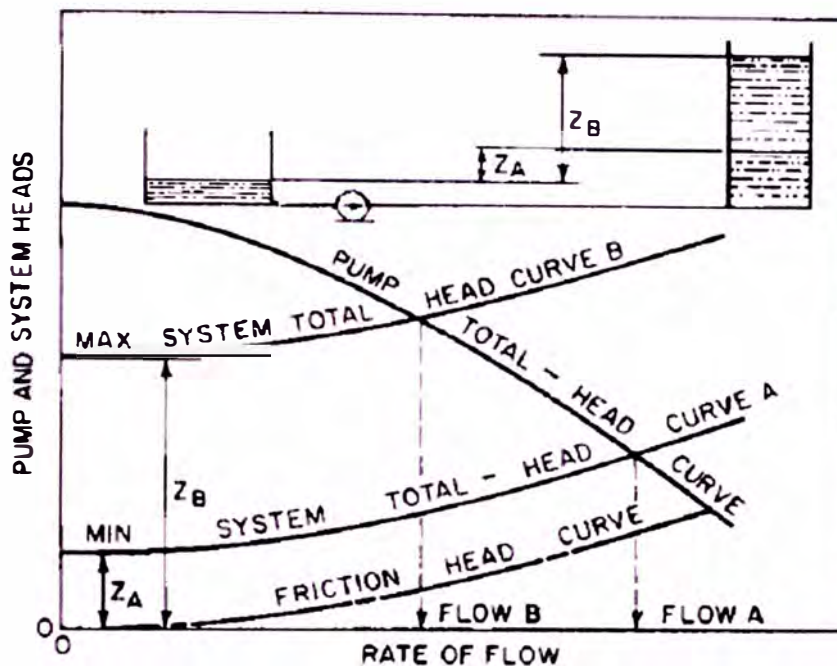


Figura 4.12. Curva del Sistema con Altura Estática Variable vs Curva de la Bomba

Fuente: Pump Handbook – Igor J. Karassik

Es importante seleccionar una bomba que tenga su punto de mejor eficiencia dentro del rango de operación del sistema y preferiblemente a la condición en la cual trabajará mayormente la bomba

4.4.2. Resistencia del Sistema Variable

Una válvula o válvulas en la línea de descarga de una bomba centrífuga alteran la porción variable de fricción de la curva del sistema total y por consiguiente, varía el caudal. El caudal máximo se obtiene con una válvula completamente abierta, siendo la única resistencia debida a la tubería y accesorios. Una válvula cerrada hace que la bomba trabaje en condiciones de operación shut-off y produce la máxima altura.

Cualquier caudal entre el máximo y la condición shut-off puede obtenerse regulando apropiadamente la apertura de la válvula (ver figura 4.13.).

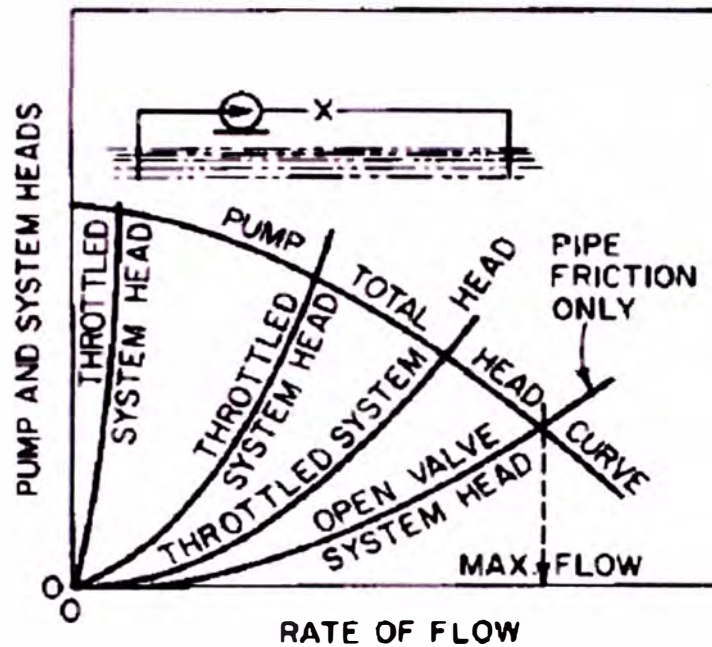


Figura 4.13. Curva del Sistema con Diferentes Aperturas de Válvula a la Descarga

Fuente: Pump Handbook – Igor J. Karassik

4.4.3. Tuberías

Es el medio mediante el cual el fluido se desplaza dentro de un sistema. El dimensionamiento del sistema de tuberías influye de manera importante en el comportamiento de los equipos de bombeo, en su eficiencia y en su costo.

4.4.3.1 Materiales de Tuberías

Como materiales comunes en tuberías están: hierro y acero -en sus diferentes composiciones, tratamientos y recubrimientos-, cemento -más o menos armado y reforzado-, fibra de vidrio - con las demás fibras y resinas asociadas-, cobre y plásticos varios: PVC y otros compuestos.

Lo primero que se debe tener en cuenta es el espesor necesario, que deberá estar acorde a la presión a soportar. En caso de presiones muy elevadas el material más recomendable es el acero. Otros factores a tener en cuenta son: la corrosión, la facilidad de instalación y realización de las uniones, la variación de la resistencia con la temperatura y la resistencia frente a cargas externas.

El material de la tubería es escogido por factores económicos, así como de disponibilidad de accesorios, y características de resistencia, ante esfuerzos que se producirán en momento de su operación.

4.4.3.2. Presión de Diseño en Tuberías

La resistencia de las tuberías normalizadas viene dada por lo que se denomina presión nominal. En el diseño se selecciona, por tanto, el material de la tubería, el diámetro y la presión nominal.

Los factores que se deben tener en cuenta para calcular la resistencia de la tubería son, básicamente:

- La presión máxima de funcionamiento.
- La variación de las propiedades del material con la temperatura y la carga prolongada (especialmente para los plásticos).

- Los daños resultantes del transporte, instalación, ataques químicos y envejecimiento.
- Las cargas exteriores: esfuerzos de los soportes, tensiones de montaje, presión exterior en las tuberías enterradas, etc.

Las normas exigen que una tubería de una determinada presión nominal sea capaz de superar una prueba de presión con valores varias veces la nominal. Es decir, se cuenta ya con un factor de seguridad.

4.4.3.3. Pérdida de Carga en Tuberías

El flujo de un líquido en una tubería viene acompañado de una pérdida de energía, que suele expresarse en términos de energía por unidad de peso de fluido circulante (dimensiones de longitud), denominada habitualmente pérdida de carga.

En el caso de tuberías horizontales, la pérdida de carga se manifiesta como una disminución de presión en el sentido del flujo.

La pérdida de carga está relacionada con otras variables fluidodinámicas según sea el tipo de flujo, laminar o turbulento.

También está relacionada con el tipo de material y los años de uso, cada material tiene un coeficiente de fricción diferente.

4.4.4. Accesorios

Invariablemente un sistema que contenga tuberías, tendrá conexiones que cambien el tamaño o dirección del flujo. Estos accesorios añaden pérdidas adicionales llamadas pérdidas locales o menores a la altura total de la bomba. Las pérdidas en accesorios son generalmente el resultado de los cambios en velocidad o dirección. Una

disminución de la velocidad causa mayor pérdida de energía que un incremento de la misma ya que causa remolinos que generan disipación de energía. Resultados experimentales han indicado que las pérdidas locales varían aproximadamente con el cuadrado de la velocidad del fluido a través de los accesorios.

4.4.4.1. Válvulas y Accesorios Estándar

Las pérdidas de carga debido a válvulas y accesorios se expresan generalmente en términos de un coeficiente de resistencia K y la velocidad media en una tubería que tenga el mismo diámetro que la válvula o accesorio. El coeficiente de fricción $h_{f_{local}}$ se halla con la siguiente expresión:

$$h_{f_{local}} = \sum k \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (4.21.)$$

Donde:

$h_{f_{local}}$:	pérdidas de carga locales en m
k :	coeficiente de resistencia el cual depende del diseño y tamaño de la válvula o accesorio, es adimensional
V :	velocidad media del flujo a través de la tubería (m/s)
g :	aceleración de la gravedad en (m/s ²)

Existe otro método para calcular h_f local también llamado “longitud equivalente”. Para esto se ha determinado que aproximadamente K se iguala a L/D , en donde L es la longitud equivalente y D es el diámetro interno de la tubería. Los valores de la relación L/D han sido determinados experimentalmente. Esta relación multiplicada por el diámetro interno de una tubería del mismo material de la válvula o accesorio

considerado, nos proporciona la longitud equivalente que se usa para calcular las pérdidas por fricción.

4.5. Sistemas de Control

Los sistemas de control en su más amplia definición, proporciona al usuario de una bomba (1) el régimen de caudal bombeado, la presión o nivel de líquido deseado, (2) protección para la bomba y al sistema contra daños posibles provenientes del líquido bombeado y (3) una relativa libertad en las decisiones con respecto a la operación y mantenimiento.

4.5.1 Tipos de Sistema de Control

Los sistemas de control de bombas varían en complejidad desde válvulas operadas manualmente a altamente avanzados controles automáticos de flujo o sistemas de control de velocidad de las bombas.

La elección depende del tipo de bomba y del tipo de accionamiento. Para bombas centrífugas el cambio del seteo de una válvula o el cambio de velocidad puede ser primordial.

Los sistemas de control de bombas se dividen fácilmente en dos tipos: on-off y modulantes. Los sistemas on-off proveen sólo dos condiciones: un valor de flujo (o presión) dados o un valor cero. Una válvula está, por consiguiente, abierta o cerrada y un accionamiento trabaja o no. El sistema modulante, en cambio, ajusta el seteo de la válvula o la velocidad a las necesidades del momento. Cualquiera de los dos tipos puede ser manual o automático.

4.5.2. Elementos Esenciales de Control

Todos los sistemas de control tienen:

1. Un elemento sensor o de medición.
2. Un medio para comparar lo medido con el valor deseado.
3. Un elemento de control final para producir el cambio necesario en la variable medida.
4. Un actuador para mover el elemento de control final a su posición deseada.
5. Medios confiables que permitan que una señal débil del sensor pueda lograr energizar de todas maneras al actuador.

4.5.2.1. Elementos Sensores o de Medición

En el control automático de una bomba, estos elementos detectan valores y cambios en el nivel de líquido, presión, régimen de caudal, concentración química y temperatura. La señal emitida por el elemento necesita con frecuencia amplificación o conversión hacia otro medio, lo cual es realizado en un transductor. La presión de aire a voltaje eléctrico o la corriente y movimiento de giro a voltaje eléctrico son las transformaciones más comunes. Los elementos más comunes son:

- Sensores de nivel de líquido.
- Transductores y transmisores
- Sistemas de telemetría

4.5.3. Válvulas

Para el elemento de control final las válvulas tradicionales y convencionales sirven para un control on-off en los sistemas de bombeo. Asimismo cubren la mayoría de necesidades de modulación.

4.5.3.1. Tipos de Válvulas y Operación

Las válvulas de operación on-off en las bombas sirven para

- Aislar una bomba del sistema: protección, mantenimiento, retiro u otras razones.
- Bypass o aislamiento parcial
- Aliviadora de Presión: Protección
- Venteo: retiro de gases y vapores de la carcasa.
- Drenaje: retiro de líquidos de la carcasa

Las válvulas modulantes son utilizadas para:

- Control del caudal a bombear o la presión al ingreso.
- Control del flujo o presión suministrados
- Control del caudal de by-pass

Los principales tipos de válvulas para servicio on-off y mucho de los servicios modulantes son:

- Compuerta (no apta para regular)
- Globo
- Mariposa

Las válvulas check y las válvulas de alivio, aunque poseen características de diseño propias debido a su naturaleza, hacen uso de las características esenciales de las válvulas de globo y mariposa.

4.5.4. Control del Flujo

El control de flujo es usado algunas veces en donde no hay limitación en la disponibilidad del flujo hacia la succión de la bomba y en donde es deseable mantener un régimen de caudal determinado. Cuando se usa control de flujo, se requiere un caudalímetro como instrumento primario para medir el flujo.

4.6. Consideraciones de Selección

Después de la decisión inicial de que se requiere un equipo de bombeo se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

4.6.1. Consideraciones para las Bombas

4.6.1.1. Tipo de fluido

Se debe tener una completa descripción del fluido a ser bombeado. Esto incluye conocer sus propiedades tales como viscosidad, densidad, presión de vapor, etc. Dependiendo del proceso y del sistema, alguna o todas estas propiedades podrán tener un efecto importante en la bomba y en el diseño del sistema.

4.6.1.2. Curvas de Sistema

Se debe tener una clara comprensión de todos los elementos presente en el sistema ya que de eso dependerá la confección correcta de la curva del sistema y así garantizar una correcta selección de la bomba.

4.6.1.3. Modos de Operación del Sistema

La forma en que operará el sistema es una consideración muy importante al momento de seleccionar una bomba. Saber si la operación será continua o intermitente, si trabajarán en serie o en paralelo con otras bombas, si habrá diferencias significativas en caudal y presión en los diferentes arreglos posibles del sistema. Todas esto permitirá saber qué tipo de bomba elegir y bajo qué parámetros deberá ser su cálculo.

4.6.1.4. Márgenes de Seguridad (Q y ADT)

Las bombas normalmente deben calcularse con un margen por encima de lo requerido. Las razones para esto pueden ser, entre otras:

- a) Durante el desarrollo del cálculo del sistema se asumen valores que podrían eventualmente resultar ser incorrectos.
- b) Durante el ciclo de vida del sistema existe envejecimiento de las tuberías, cambios en la temperatura, etc.
- c) El recorrido de tuberías podría variar con respecto a lo proyectado.
- d) Las pérdidas en el sistema podrían aumentar debido a la corrosión, y así sucesivamente.

Los márgenes de seguridad más comunes varían entre 5 a 10%, los cuales deben ser aplicados normalmente al cálculo de la Altura Dinámica Total.

4.6.1.5. Cambios Futuros en el Sistema

Un factor final a considerarse es la posibilidad de estar preparado para cambios en el futuro. Cuando se prevé cambios en el sistema con un cierto grado de certeza, el sistema puede diseñarse teniéndolos en cuenta. Por ejemplo, poder calcular la bomba con la posibilidad a futuro de modificar su diámetro de impulsor para atender la nueva demanda.

En resumen las consideraciones a tomar en cuenta para la selección de una bomba serían:

- Definir la aplicación
- Características del líquido (definirá velocidad de bomba y materiales de fabricación)
- Caudal a mover
- Altura a desarrollar / NPSH disponible
- Márgenes de seguridad

4.6.2. Consideraciones para las Tuberías

4.6.2.1. Criterio Técnico de Selección del Diámetro de Tubería

La forma más elemental de determinar el diámetro consiste en, conocido el caudal, fijar una velocidad del flujo a través de la tubería adecuada según rango de diseño óptimo. Se tiene que tener en cuenta que velocidades muy bajas permiten sedimentación de partículas y velocidades altas producen vibraciones, pérdidas de carga importantes, así como aumento de presión que deberá ser soportada por la tubería. Las velocidades recomendables se pueden apreciar en la tabla 4.2

Tabla 4.2. Velocidades Recomendadas para Diseño Óptimo Sistema de Bombeo

Fluido	Utilización		Velocidad (m/s)
Agua	Tratamiento, conducción, abastecimiento de agua potable	Aspiración Impulsión	0.6 - 1.5 0.6 - 3.0
	Aguas residuales o sólidos en suspensión. Tuberías horizontales rectas de gran longitud	Aspiración Impulsión	1.0 - 1.5 1.0 - 3.0

Fuente: Hidráulica General de Gilberto Sotelo Ávila

4.6.2.2. Criterio Económico de Selección del Diámetro de Tubería

En instalaciones donde la inversión inicial es importante, la elección del diámetro requiere un análisis económico.

Una tubería de un diámetro menor cuesta menos, pero produce mayores pérdidas de carga, y si tenemos un largo recorrido de transporte de fluido la altura dinámica total será mayor con lo que la bomba a seleccionar resultará de una potencia mayor y el costo de bombeo incrementa.

Lo contrario sucede con una tubería de mayor diámetro que es más cara, pero produce menores pérdidas de carga, por lo que la bomba seleccionada será de una menor potencia. El inconveniente en esta elección es que si las velocidades de flujo dentro de la tubería no están acordes con el tipo de flujo a bombear, podría causar sedimentaciones a lo largo del tiempo, incrementando a futuro las pérdidas de carga.

Para la evaluación del diámetro óptimo se toma como información los siguientes datos:

- a) Caudal de bombeo.
- b) Longitud de la línea de impulsión.
- c) Coeficiente de rugosidad de Hazen Williams.
- d) Precio de bomba seleccionada.
- e) Potencia de bomba seleccionada
- f) Costos de energía en kW/hora.
- g) Horas de funcionamiento de la bomba.

4.6.2.3. Características Técnicas de la Tubería:

Las características técnicas de la tubería deben tenerse en cuenta para la correcta selección de ésta. El material de la tubería (resistencia a la corrosión, a la abrasión, a los rayos ultravioleta, al ambiente marino, resistencia al fluido a bombear, etc.) y las características mecánicas (durabilidad, trabajabilidad, resistencia mecánica, espesor de tubería, etc.) debe ser cuidadosamente analizadas para una correcta selección. Se debe tener en cuenta que una apropiada selección de la tubería garantizará un sistema eficiente en el tiempo y ahorro de energía y mantenimiento.

CAPÍTULO 5

CÁLCULO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS DE BOMBEO Y TUBERÍAS DE IMPULSIÓN

5.1. Consideraciones Iniciales

Para poder iniciar los cálculos de selección debemos tabular todos los datos existentes para el nuevo escenario. En el nuevo sistema a implementar las plantas ya no podrán evacuar sus efluentes al mar a través de sus emisarios propios. Tanto el agua de bombeo (AB) como el agua de lavado de planta (LP) deberán ser enviados, previo tratamiento, a la Estación Central de Apropisco y de ahí a la Bahía de Paracas a través del emisario común de 13,77 km.

La disposición de las bombas a elegir se uniformizó para las siete (7) plantas. Para todos los casos se consideró que cada planta contaría con dos bombas (una (01) en operación y una (01) en stand-by). Cada bomba succionaría independientemente del tanque pulmón y descargaría a un manifold común. De ahí atravesaría la planta a través de una tubería interna (TI), para conectarse con una tubería externa (TE) que conduciría el fluido hasta los tanques de la Estación Central de Apropisco.

A diferencia del escenario anterior, ahora cada planta deberá descargar en forma independiente sus efluentes hacia Apropisco.

5.1.1. Propiedades del Fluido a Bombear

Los efluentes que son enviados a Apropisco han sido tratados por diversos procesos descritos en el capítulo 2. El fluido cuenta con partículas sólidas solubles y porcentaje de grasa dentro de los estándares permitidos por la Entidad de Medio Ambiente responsable de la conservación de la Bahía. Los límites permisibles proporcionan los valores máximos de sólidos y grasas que pueden ser evacuados. Debido a esto, el componente mayoritario es agua de mar, fluido el cual se deberá considerar para todos los cálculos de aquí en adelante.

Las propiedades del agua de mar (anexos 1, 2, 3, 4 y 6), así como la cantidad de sólidos y grasas permitidas presentes (anexo 7), se muestran en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Propiedades del Fluido a Bombear (Agua de mar + sólidos en suspensión + grasas)

Propiedades	Valores	Unidades
Densidad (ρ) @ 25 °C	1.025	kg/m ³
Gravedad Esp. (G.E.)	1.025	Adimensional
Salinidad	35	g/kg
Viscosidad Dinámica (μ)	0.991	kg/m-s
Viscosidad Cinemática (ν) @ 0 – 10 m profundidad.	0.967×10^{-6}	m ² /s
Presión de Vapor (Pv)	4.16	kPa
Temperatura (T)	25	° C
% de sólidos	100	mL/L
% de grasas	20	mg/L

Fuente: Anexos 1, 2, 3, 4, 6 y 7

5.1.2. Cálculo del Caudal a Bombear por Planta

Para efectos de permitir servicio de mantenimiento a las bombas y limpieza de tanques en forma periódica se consideró por consenso general de los asociados de Apropisco un período de 18 horas de bombeo diarias hacia la Estación Central por parte de las plantas pesqueras.

Para conseguir evacuar todos los efluentes en 18 horas cada planta debía verificar si los tanques existentes les permitía un pulmón adecuado para cumplir con lo estipulado, de lo contrario deberían habilitar tanques nuevos para tal fin. Se debe recordar que el volumen total de agua de bombeo (AB) producido por cada planta se produce entre 8 y 12 horas y el volumen total de agua de lavado de planta (LP) es

producido entre 16 y 22 horas. Tomaremos las condiciones más críticas, es decir 8 y 16 horas, respectivamente.

5.1.2.1 Volúmenes Totales de Generación de Efluentes.

Los volúmenes totales de generación de efluentes a considerar (tanto el agua de bombeo como el agua de lavado de planta), son los mismos presentados en las tablas 3.3. y 3.4. El resumen se presenta en la tabla 5.2, indicando el volumen total generado por cada planta.

Tabla 5.2. Volúmenes Totales Generados por Planta por Día

Planta	Volumen Total Agua de Bombeo por Día (m3)	Volumen Total Agua Lavado de Planta por Día (m3)	Volumen Total de Efluentes Producido por Día (m3)
Sipesa	3 360	50	3 410
Prisco	960	15	975
Pesquera Diamante	2 400	40	2 440
Austral Group	2 880	45	2 925
Tecnológica de Alimentos	2 400	50	2 450
Epesca	2 640	40	2 680
Consorcio Malla	2 160	40	2 200
Total Volumen producido por Plantas (m3)			17 080

Fuente: Plantas Pesqueras

De la tabla 5.2. tenemos el volumen total de efluentes producidos por día y sabiendo que el bombeo a la Estación Central de Aproisco será de 18 horas, entonces:

$$Q_{\text{bombeo a Aproferrol}} = \frac{\text{Volumen total producido}}{18 \text{ horas}} \dots \dots \dots (5.1)$$

Aplicando la fórmula 5.1. se construye tabla 5.3.

Tabla 5.3. Caudal de Bombeo a Estación Central Apropisco de cada Planta

Planta	Caudal Total producido al día (m³/h)	Horas de bombeo a Apropisco	Caudal de bombeo a Estación Central Apropisco - Qapr (m³/h)
Sipesa	3 410	18	190
Prisco	975	18	55
Pesquera Diamante	2 440	18	136
Austral Group	2 925	18	163
Tecnológica de Alimentos	2 450	18	137
Epesca	2 680	18	149
Consortio Malla	2 200	18	123
Total Qapr			953

5.1.2.2 Cálculo de los Caudales de Agua de Bombeo (AB) y Lavado de Planta (LP) a Tanques Pulmón.

Para calcular el caudal de agua de bombeo (AB) al tanque pulmón se tiene:

$$Q (AB) = \frac{\text{Vol total día}}{\text{trecep}(AB)} \dots \dots \dots (5.2)$$

En donde:

Q (AB): caudal de agua de bombeo en m³/h

Vol total día (AB): volumen total agua de bombeo producido al día en m³

t recep (AB): tiempo en el que se recibe el agua de bombeo en horas

Para calcular el caudal de agua de lavado de planta (LP) al tanque pulmón se tiene:

$$Q (LP) = \frac{\text{Vol total día}}{\text{trecep}(LP)} \dots \dots \dots (5.3)$$

En donde:

Q (LP): caudal de agua de lavado de planta en m³/h

Vol total día (LP): volumen total agua lavado de planta producido al día en m³

t recep (LP): tiempo en que se recibe el agua lavado de planta en horas

Teniendo en cuenta las consideraciones estipuladas en el numeral 5.1.1.2. se tiene que:

t recepc (AB) = 8 horas (5a)

t recepc (LP) = 16 horas..... (5b)

De la tabla 5.2. y los datos (5a) y (5b), aplicamos en las ecuaciones 5.2 y 5.3. y se construye la tabla 5.4.

Tabla 5.4. Caudal (AB) y (LP) a enviar a Tanques Pulmón

Planta	Caudal (AB) a Tanque Pulmón (m3/h)	Caudal (LP) a Tanque Pulmón (m3/h)	Caudal Total a Tanque Pulmón – Q tp (m3/h)
Sipesa	420	3,12	423,12
Prisco	120	0,94	120,94
Pesquera Diamante	300	2,50	302,50
Austral Group	360	2,81	362,81
Tecnológica de Alimentos	300	3,12	303,12
Epesca	330	2,50	332,50
Consorcio Malla	270	2,50	272,50

5.1.2.3 Capacidad Mínima de Tanques Pulmón ($V_{m\acute{i}ntp}$)

Para el cálculo de la capacidad mínima de los tanques pulmón tendremos en cuenta el siguiente criterio: la diferencia entre el caudal de ingreso (Q_{tp}) y el de salida (Q_{apr}) debe poder acumularse en el tanque durante todo el tiempo de ingreso de fluido al tanque pulmón, es decir para este caso, 8 horas. Existe tiempo remanente de 8 horas en el que se recibe agua del lavado de planta, sin embargo su impacto es despreciable y será cubierto por el margen que se le dará al tanque.

Entonces:

$$\text{Capacidad tanque} = (Q_{tp} - Q_{apr}) * \text{trecep} (AB) \dots \dots \dots (5.4)$$

Siendo:

Q_{tp} = caudal total a tanque pulmón en m^3/h

Q_{apr} = caudal a Apropisco en m^3/h

$\text{trecep} (AB)$ = tiempo recepción agua de bombeo en horas

Para efectos de ejemplo, calculamos capacidad de tanque para Sipesa, de donde:

Q_{tp} = 423,12 m^3/h (de tabla 5.4)

Q_{apr} = 190,00 m^3/h (de tabla 5.3)

$\text{trecep} (AB)$ = 8 horas

Capacidad tanque Sipesa = $(423,12 \text{ m}^3/h - 190,00 \text{ m}^3/h) * 8 \text{ horas}$

Capacidad tanque Sipesa = $1\ 936,96 \text{ m}^3 \approx 2\ 000 \text{ m}^3$

Siguiendo la misma metodología calculamos las capacidades de tanques para las demás plantas y tabulamos los resultados en la tabla 5.5. En la misma tabla indicamos la capacidad actual instalada representada en la tabla 3.1.

Tabla 5.5. Capacidad de Tanques en m³

Planta	Q tp (m³/h)	Qapr (m³/h)	Capacidad de Tanque Actual (m³)	Capacidad de Tanque Requerida (m³)	Necesidad capacidad de almacenamiento adicional (m³)
Sipesa	423,12	190	3000	2000	NO
Prisco	120,94	55	800	600	NO
Pesquera Diamante	302,50	136	1570	1400	NO
Austral Group	362,81	163	3000	1650	NO
Tecnológica de Alimentos	303,12	137	2550	1400	NO
Epesca	332,50	149	2000	1500	NO
Consortio Malla	272,50	123	2100	1250	NO

Fuente: Plantas Pesqueras y Autor

5.1.3. Diferencia de Cotas de cada Planta con respecto a Estación Central

La figura 5.1. muestra la disposición de tanques con respecto a Aproisco.

Los números que aparecen en los extremos inferior y superior de los tanques representan las cotas con respecto al nivel de mar. Para el presente informe se presentan hasta cuatro (04) casos límites para la diferencia de niveles:

Caso 01: Tanque Planta vacío vs Tanque de Aproisco vacío

Caso 02: Tanque Planta vacío vs Tanque de Aproisco lleno

Caso 03: Tanque Planta lleno vs Tanque de Aproisco vacío

Caso 04: Tanque Planta lleno vs Tanque de Aproisco lleno

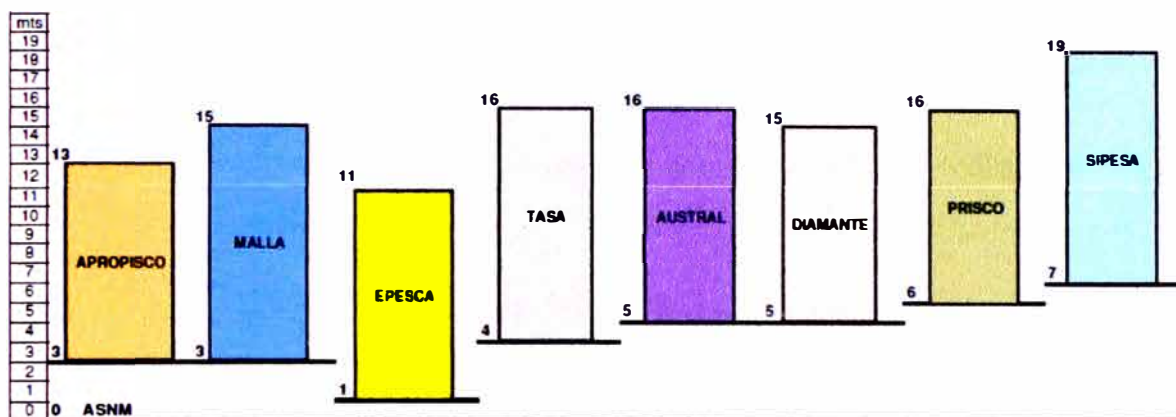


Figura 5.1. Disposición de Tanques según sus cotas con respecto a Tanque Apropisco

De la figura 5.1. y de los casos anteriores hallamos las cuatro diferencias de cotas para el caso de Sipesa:

Caso 01: Tanque Planta vacío vs Tanque de Apropisco vacío

$$\text{Diferencia de cotas Planta vs Apropisco} = 3 \text{ m} - 7 \text{ m} = -4 \text{ m}$$

Caso 02: Tanque Planta vacío vs Tanque de Apropisco lleno

$$\text{Diferencia de cotas Planta vs Apropisco} = 13 \text{ m} - 7 \text{ m} = 6 \text{ m}$$

Caso 03: Tanque Planta lleno vs Tanque de Apropisco vacío

$$\text{Diferencia de cotas Planta vs Apropisco} = 3 \text{ m} - 19 \text{ m} = -16 \text{ m}$$

Caso 04: Tanque Planta lleno vs Tanque de Apropisco lleno

$$\text{Diferencia de cotas Planta vs Apropisco} = 13 \text{ m} - 19 \text{ m} = -6 \text{ m}$$

Se deduce que la peor condición para el bombeo será el Caso 02 en donde se obtiene la mayor diferencia de cotas, a partir de ahora $\Delta H_{\text{tanques}}$. Así se cumplirá para las demás plantas por lo que siguiendo la misma secuencia de cálculo obtenemos la tabla 5.6.

Tabla 5.6. Diferencia de Cotas ($\Delta H_{\text{tanques}}$)

Planta	Cota Tk lleno Apropisco (m)	Cota Tk vacío Planta (m)	$\Delta H_{\text{tanques}}$ (m)
Sipesa	13	7	6
Prisco	13	6	7
Pesquera Diamante	13	5	8
Austral Group	13	5	8
Tecnológica de Alimentos	13	4	9
Epesca	13	1	12
Consortio Malla	13	3	10

Fuente: Plantas Pesqueras

5.1.4. Recorrido de Tuberías

5.1.4.1. Tubería de succión o aspiración (LTS)

Tal como se indicó en el punto 5.1 la tubería a considerar será desde el tanque de almacenamiento hasta la brida de succión de la bomba. A este dato lo llamaremos LTs (longitud de tubería de succión).

5.1.4.2. Tubería de descarga o impulsión.

5.1.4.2.1. Tubería de descarga interna (LTDi)

La tubería interna comienza en el tanque pulmón, atraviesa la planta y termina su recorrido al empalmarse con la tubería externa.

5.1.4.2.1. Tubería de descarga externa (LTDe)

La tubería externa comienza en el empalme con la tubería interna y va hasta el tanque de almacenamiento de Apropisco.

Los valores de LTS, LTDi y LTDe se detallan en la tabla 5.7.

Tabla 5.7. Longitudes de Tuberías por Planta

Planta	LTS (m)	LTDi (m)	LTDe (m)
Sipesa	3.5	380	2 260
Prisco	2.5	150	1 810
Pesquera Diamante	4.5	360	1 510
Austral Group	4.5	52	1 210
Tecnológica de Alimentos	3.5	220	833
Epesca	3.0	213	679
Consorcio Malla	4.0	180	550

Fuente: Plantas Pesqueras

5.2. Evacuación de Efluentes de Plantas a Estación Central

5.2.1. Consideraciones Previas

Para el presente cálculo se debe seleccionar siete bombas correspondientes a las plantas pertenecientes a Apropisco a saber, Sipesa, Prisco, Pesquera Diamante, Austral Group, Tecnológica de Alimentos, Epesca y Consorcio Malla. El cálculo que se presentará a continuación se hará para el caso de Sipesa. Siendo la metodología la misma para los demás casos, sólo se tabularán los resultados para éstos.

5.2.2. Cálculo y Selección de Tuberías

5.2.2.1. Selección de Material de Tubería

Para el presente proyecto se evaluó el uso de dos tipos de tubería que son las más comunes en la industria pesquera: la tubería de acero Sch40 y la tubería de hdpe (high density polyethylene o polietileno de alta densidad). Para ello se tabularon ciertas características de comparación, detalladas en la tabla 5.8.

Una vez vistas las ventajas comparativas de usar tubería de hdpe en vez de tubería de acero Sch 40 todo el sistema se diseñó usando este material de tubería.

Tabla 5.8. Comparación entre Acero Sch40 y hdpe

HDPE (HIGH DENSITY POLYTHYLENE)	ACERO SCH 40 ASTM 53
Pérdidas de carga por fricción mínimas. C = 150. Se mantiene casi invariable con el tiempo.	Pérdidas de carga por fricción mayores. C = 130 y decrece notoriamente con el tiempo.
No es atacada por el agua de mar (corrosión).	El acero es atacado agresivamente por el agua de mar provocando corrosión.
Ausencia de sedimentos e incrustaciones en su interior	Los sólidos y grasas tienden a acumularse en las paredes de la tubería, originando mayores coeficientes de fricción y disminución del diámetro interno.
No mantiene deformaciones permanentes	Se deforma permanentemente.
Peso reducido (kg/m). Por ejemplo, tubería de 150 mm : Peso = 8,6 kg/m	Peso elevado (kg/m). Por ejemplo, tubería de 150 mm : Peso = 28,26 kg/m
Larga vida útil con agua de mar. Vida útil trabajando con presión nominal y temperatura de 30°C = 50 años	Corta vida útil con agua de mar. Vida útil trabajando con presión nominal y temperatura de 30°C = 10 años
Menor costo de adquisición	Mayor costo de adquisición

Fuente: <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/hdpe/venta.htm>

5.2.2.2. Selección Diámetro Óptimo Tubería de Succión o Aspiración.

Considerando criterios de diseño en la succión o aspiración tomamos una velocidad media dentro del rango permitido según tabla 4.2.:

Para aguas residuales: $v = 1.25 \text{ m/s}$

Según la ecuación de continuidad (4.9.)

$$Qb = vA$$

Se sabe además que para una tubería de sección circular:

$$A = \frac{\pi D_i^2}{4} \dots \dots \dots (5.5)$$

- Q_b : caudal de bombeo en m^3/s
 v : velocidad media del flujo a través de la tubería, en m/s
 A : área de la sección transversal de la tubería, en m^2
 D_i : diámetro interior de la tubería, en m

De (4.9) en (5.5) se tiene:

$$Q_b = v * \frac{\pi D_i^2}{4} \dots \dots \dots (5.6.)$$

Despejando el diámetro interior se tiene:

$$D_i = \left(\frac{4Q_b}{\pi v} \right)^{0.5} \dots \dots \dots (5.7.)$$

Para el caso de Sipesa tenemos:

De la tabla 5.3.

$$Q_b = Q_{apr} = 190 \text{ m}^3/\text{h} = 0.053 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Además, } v = 1.25 \text{ m/s}$$

Remplazando datos en (5.7.) se obtiene:

$$D_i = \left(\frac{4 * 0.053 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 1.25 \text{ m/s}} \right)^{0.5} \text{ de donde:}$$

$$D_i = 0,232 \text{ m} = 232 \text{ mm}$$

El diámetro obtenido no es comercial por lo que se debe elegir el diámetro comercial inmediato superior. Para el caso de tuberías de hdpe el diámetro interno depende directamente del espesor de tubería y esta a su vez depende de la presión nominal que soporta la tubería.

Para nuestro caso escogeremos tubería PN6 (presión nominal = 6 bar) o SDR 21 (relación estándar de dimensión = $D_e / \text{espesor} (e)$).

De catálogo de dimensiones de proveedor de tuberías (ver anexo 5)

Diámetro interno inmediato superior para PN6 es $D_i = 285 \text{ mm}$ equivalente a una tubería de diámetro nominal exterior de 315 mm ó 12”.

Recalculando la velocidad del flujo a través de la tubería:

De la ecuación (5.6.)

$$Q_b = v * \frac{\pi D_i^2}{4}$$

Despejamos la velocidad, entonces:

$$v = \frac{4Q_b}{\pi D_i^2} \dots \dots \dots (5.7.)$$

Remplazando datos se tiene:

$$v = \frac{4 * 0.053 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * (0.285 \text{ m})^2} \text{ de donde:}$$

$$v = 0.83 \text{ m/s,}$$

Esta velocidad del flujo no cumple con la velocidad con la velocidad recomendada para el diseño de un sistema de bombeo para traslado de aguas residuales en tubería de succión o aspiración, tabla 4.2. Por ello elegimos la tubería inmediatamente inferior.

De catálogo de dimensiones de proveedor de tuberías (anexo 5)

Diámetro interno inmediato inferior a anterior selección para PN6 es $D_i = 226.2 \text{ mm}$ equivalente a una tubería de diámetro nominal exterior de 250 mm ó 10”.

Recalculando la velocidad del flujo a través de la tubería:

De la ecuación (5.7.)

Remplazando datos se tiene:

$$v = \frac{4 * 0.053 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * (0.2262 \text{ m})^2} \text{ de donde:}$$

$$v = 1.32 \text{ m/s,}$$

Esta velocidad está dentro del rango óptimo (tabla 4.2.)

Resumiendo, para el caso de la tubería de succión o aspiración de Sipesa las características se detallan en la tabla 5.9.:

Tabla 5.9. Línea de Succión Sipesa

Material	Hdpe	Espesor de pared	11.9 mm
SDR	21	De nominal	250 mm (10")
PN	6 bar	Atransversal	0.04 m ²
Di	226.2	vflujo	1.32 m/s

Aplicando la misma metodología calculamos las tuberías de succión o aspiración para las demás plantas, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5.10.

Tabla 5.10. Líneas de Succión Plantas

Planta	Material	SDR	PN	Di mm	emm	De mm	Am2	V m/s
Sipesa	Hdpe	21	6	226.2	11.9	250	0.040	1.32
Prisco	Hdpe	13.6*	10*	136.4	11.8	160	0.015	1.03
Pesquera Diamante	Hdpe	21	6	180.8	9.6	200	0.026	1.48
Austral Group	Hdpe	21	6	226.2	11.9	250	0.040	1.12
Tecnológica de Alimentos	Hdpe	21	6	180.8	9.6	200	0.026	1.48
Epesca	Hdpe	21	6	226.2	11.9	250	0.040	1.02
Consorcio Malla	Hdpe	21	6	180.8	9.6	200	0.026	1.32

Para el caso de Prisco se tuvo que ir a una tubería de mayor espesor PN10 para cumplir con la velocidad óptima.

5.2.2.3. Selección Diámetro Óptimo Tubería de Descarga o Impulsión

5.2.2.3.1. Tubería de Descarga Interna

Considerando criterios de diseño en la descarga o impulsión tomamos una velocidad media dentro del rango permitido según tabla 4.2.:

Para aguas residuales: $v = 1.5 \text{ m/s}$

De fórmula (5.7.)

$$D_i = \left(\frac{4Q_b}{\pi v} \right)^{0.5}$$

Para el caso de Sipesa tenemos:

De la tabla 5.3.

$$Q_b = Q_{apr} = 190 \text{ m}^3/\text{h} = 0.053 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Además, } v = 1.5 \text{ m/s}$$

Remplazando datos en (5.7.) se obtiene:

$$D_i = \left(\frac{4 * 0.053 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 1.5 \text{ m/s}} \right)^{0.5} \text{ de donde:}$$

$$D_i = 0,212 \text{ m} = 212 \text{ mm}$$

Del cálculo del diámetro óptimo de la tubería de succión escogemos directamente el valor inmediatamente inferior ya que el superior no cumple con la velocidad mínima.

De catálogo de dimensiones de proveedor de tuberías (anexo 5)

Diámetro interno inmediato inferior PN6 es $D_i = 226.2 \text{ mm}$ equivalente a una tubería de diámetro nominal exterior de 250 mm ó 10".

Recalculando la velocidad del flujo a través de la tubería:

De la ecuación (5.7.)

Remplazando datos se tiene:

$$v = \frac{4 * 0.053 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * (0.2262 \text{ m})^2} \text{ de donde:}$$

$$v = 1.32 \text{ m/s,}$$

Esta velocidad está dentro del rango óptimo (tabla 4.2.)

Resumiendo, para el caso de la tubería de descarga interna de Sipesa las características se detallan en la tabla 5.11.:

Tabla 5.11. Línea de Descarga Interna Sipesa

Material	Hdpe	Espesor de pared	11.9 mm
SDR	21	D_e nominal	250 mm (10")
PN	6 bar	Atransversal	0.04 m ²
D_i	226.2	Vflujo	1.32 m/s

Aplicando la misma metodología calculamos las tuberías de descarga o impulsión internas para las demás plantas, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5.12.

Tabla 5.12. Líneas de Descarga Interna Plantas

Planta	Material	SDR	PN	D_i mm	E_{mm}	D_e mm	A_{m2}	V m/s
Sipesa	Hdpe	21	6	226.2	11.9	250	0.040	1.32
Prisco	Hdpe	21	6	99.4	5.3	110	0.008	1.93
Pesquera Diamante	Hdpe	21	6	180.8	9.6	200	0.026	1.48
Austral Group	Hdpe	21	6	180.8	9.6	200	0.026	1.75
Tecnológica de Alimentos	Hdpe	21	6	180.8	9.6	200	0.026	1.48
Epesca	Hdpe	21	6	180.8	9.6	200	0.026	1.60
Consortio Malla	Hdpe	21	6	180.8	9.6	200	0.026	1.32

5.2.2.3.2. Tubería de Descarga Externa

Siendo el caudal que pasa por el tramo de tubería externa el mismo que el de la tubería interna, entonces los diámetros de tubería se mantendrán constantes. Así se confecciona la tabla 5.13.

Tabla 5.13. Líneas de Descarga Externa Plantas

Planta	Material	SDR	PN	D_i mm	E_{mm}	D_e mm	A_{m2}	V m/s
Sipesa	Hdpe	21	6	226.2	11.9	250	0.040	1.32
Prisco	Hdpe	21	6	99.4	5.3	110	0.008	1.93
Pesquera Diamante	Hdpe	21	6	180.8	9.6	200	0.026	1.48
Austral Group	Hdpe	21	6	180.8	9.6	200	0.026	1.75
Tecnológica de Alimentos	Hdpe	21	6	180.8	9.6	200	0.026	1.48
Epesca	Hdpe	21	6	180.8	9.6	200	0.026	1.60
Consortio Malla	Hdpe	21	6	180.8	9.6	200	0.026	1.32

Con estos diámetros de tuberías calcularemos más adelante las bombas adecuadas para nuestro sistema.

Siendo las tuberías seleccionadas las que cumplen con la velocidad mínima para la aplicación, implica que cualquier otra tubería de menor diámetro que se pueda seleccionar para bajar los costos de inversión iniciales generará mayores consumos de energía.

Lo razonable sería realizar un análisis comparativo entre costo de inversión de tubería y su instalación, equipo de bombeo, potencia absorbida, costo kw-h, etc. Sin embargo, al ser Apropisco una empresa de índole medio ambiental y sin fines de lucro, el factor primordial es el ahorro en el costo de energía, por lo que cualquier selección de tubería que incremente el consumo de energía aunque sea a largo plazo no deberá ser tomado en cuenta.

5.2.3 Cálculo de las Pérdidas

Se deberá determinar si es factible aplicar la fórmula de Hazen-Williams que es válida solo para flujo turbulento. Para poder validar el uso de esta fórmula vamos a determinar en qué régimen se encuentra el flujo. Calcularemos, por consiguiente, el Número de Reynolds y ver si $Re > 4000$ (flujo turbulento). De la fórmula 4.2.

$$Re = \frac{v_s D}{\nu}$$

De la tabla 5.1. y de la tabla 5.11. para el caso de Sipesa

$$\nu = 0.967 \times 10^{-6}$$

$$D = 0.2262 \text{ m}$$

$$v = 1.32 \text{ m/s}$$

Reemplazando datos en Re se tiene:

$$R_e = \frac{1.32 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.2262 \text{ m}}{0.967 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$R_e = 308\,773.50$$

El número hallado es $Re > 4000$, entonces se comprueba que el flujo es turbulento por lo que no habrá inconvenientes de trabajar con la fórmula de Hazen-Williams.

5.2.3.1. Pérdidas en la Línea de Succión

5.2.3.1.1. Pérdidas de Carga por Fricción o Primarias

Se tiene la fórmula de Hazen-Williams (4.6.)

$$h_f = \frac{\left(10.647 * L * \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \right)}{D^{4.87}}$$

Para el caso de Sipesa y de las tablas (4.1.), (5.3.), (5.7.), (5.8.) se tiene:

Material de la tubería = Hdpe

$$C = 150,$$

$$Q_{apr} = 190 \text{ m}^3/\text{h} = 0.0528 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$LTS = 3.5 \text{ m}$$

$$D_i = 0.2262 \text{ m}$$

Entonces reemplazando datos, se tiene:

$$h_{f_{succión}} = (10.647 * 3.5 * \left(\frac{0.0528}{150} \right)^{1.852}) / (0.2262)^{4.85}$$

$$h_{\text{succión}} = 0.02 \text{ m}$$

5.2.3.1.2. Pérdidas Locales o Secundarias

Se considera todos los accesorios presentes en la línea de succión. De la fórmula (4.21.)

$$h_{p_{\text{local}}} = \sum k \frac{v^2}{2g}$$

En primer lugar resumimos en la tabla 5.14. los accesorios presentes en la línea de succión de cada planta (anexo 6)

Tabla 5.14. Accesorios en la Línea de Succión de Plantas

Planta	D _i mm/pulg	Válvula Compuerta Cant. / K1	Codo 90° Cant. /K2	Reducción Campana Cant./K3
Sipesa	226.2 / 10"	1 / 0.11	1 / 0.42	1 / 1
Prisco	136.4 / 6"	1 / 0.12	1 / 0.45	1 / 1
Pesquera Diamante	180.8 / 8"	1 / 0.11	1 / 0.42	1 / 1
Austral Group	226.2 / 10"	1 / 0.11	1 / 0.42	1 / 1
Tecnológica de Alimentos	180.8 / 8"	1 / 0.11	1 / 0.42	1 / 1
Epesca	226.2 / 10"	1 / 0.11	1 / 0.42	1 / 1
Consorcio Malla	180.8 / 8"	1 / 0.11	1 / 0.42	1 / 1

Fuente: Cameron Hydraulic Data

De tabla 5.15. tenemos:

Kválvula compuerta de 10" = 0.11

Kcodo 90° de 10''= 0.42

Kreducción campana =

De la tabla 5.9 tenemos:

$v = 1.32 \text{ m/s}$

Remplazando datos en:

$$h_{p_{\text{local}}} = k_1 \frac{v^2}{2g} + k_2 \frac{v^2}{2g} + k_3 \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{p_{\text{local}}} = (0.11 + 0.42 + 1) * \frac{(1.32)^2}{(2 * 9.8)}$$

$h_{p_{\text{local Sipesa}}} = 0.14 \text{ m}$

Aplicando el mismo criterio para las demás plantas resumimos los valores en la tabla

5.15.

Tabla 5.15. Pérdidas Totales en Línea de Succión

Planta	$h_{\text{succión}}$ (m)	h_{plocal} (m)	$h_{\text{total suc}}$ (m)
Sipesa	0.02	0.14	0.16
Prisco	0.02	0.08	0.10
Pesquera Diamante	0.04	0.17	0.21
Austral Group	0.02	0.10	0.12
Tecnológica de Alimentos	0.03	0.17	0.20
Epesca	0.01	0.08	0.09
Consorcio Malla	0.03	0.14	0.17

5.2.3.2. Pérdidas en la Línea de Descarga.

Ya que el Q_{apr} que pasa por las tuberías de descarga internas y externas de cada planta es el mismo así como los diámetros de tubería, calcularemos las pérdidas para toda la línea de descarga.

5.2.3.2.1. Pérdidas de Carga por Fricción o Primarias.

Se tiene la fórmula de Hazen-Williams (4.6.)

$$h_f = \frac{\left(10.647 * L * \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \right)}{D^{4.87}}$$

Para el caso de Sipesa y de las tablas (4.1.), (5.3.), (5.7.), (5.9.) se tiene:

Material de la tubería = Hdpe

C = 150,

Q_{apr} = 190 m³/h = 0.0528 m³/s

LTD = LTD_i + LTD_e = 2 640 m

D_i = 0.2262 m

Entonces reemplazando datos, se tiene:

$$h_{f\text{descarga}} = (10.647 * 2640 * \left(\frac{0.0528}{150} \right)^{1.852}) / (0.2262)^{4.85}$$

$$h_{f\text{descarga}} = 15.84 \text{ m}$$

5.2.3.2.2. Pérdidas Locales o Secundarias.

Se considera todos los accesorios presentes en la línea de descarga. De la fórmula (4.21.)

$$h_{p_{local}} = \sum k \frac{v^2}{2g}$$

En primer lugar resumimos en la tabla 5.16. y 5.17. los accesorios presentes en la línea de descarga de cada planta (anexo 6)

Tabla 5.16. Accesorios en la Línea de Descarga de Plantas - 1

Planta	Di mm/pulg	Válvula Mariposa Cant. / K1	Codo 90° Cant. /K2	Codo 45° Cant./K3
Sipesa	226.2 / 10"	1 / 0.63	4 / 0.42	1 / 0.22
Prisco	99.4 / 4"	1 / 0.77	3 / 0.51	2 / 0.27
Pesquera Diamante	180.8 / 8"	1 / 0.63	3 / 0.42	2 / 0.22
Austral Group	180.8 / 8"	1 / 0.63	3 / 0.42	1 / 0.22
Tecnológica de Alimentos	180.8 / 8"	1 / 0.63	5 / 0.42	2 / 0.22
Epesca	180.8 / 8"	1 / 0.63	4 / 0.42	2 / 0.22
Consortio Malla	180.8 / 8"	1 / 0.63	4 / 0.42	1 / 0.22

Fuente: Cameron Hydraulic Data

Tabla 5.17. Accesorios en la Línea de Descarga de Plantas – 2

Planta	Ampliación Cant./K4	Medidor de Caudal Cant. /K5	Manifold Ø/Cant./K6	Swing Check Cant./K7
Sipesa	1 / 1	1 / 2.5	14" / 1 / 0.78	1 / 1.4
Prisco	1 / 1	1 / 2.5	8" / 1 / 0.84	1 / 1.7
Pesquera Diamante	1 / 1	1 / 2.5	12" / 1 / 0.78	1 / 1.4
Austral Group	1 / 1	1 / 2.5	12" / 1 / 0.78	1 / 1.4
Tecnológica de Alimentos	1 / 1	1 / 2.5	12" / 1 / 0.78	1 / 1.4
Epesca	1 / 1	1 / 2.5	12" / 1 / 0.78	1 / 1.4
Consortio Malla	1 / 1	1 / 2.5	12" / 1 / 0.78	1 / 1.4

Fuente: Cameron Hydraulic Data

De tabla 5.16 y 5.17. tenemos:

$$K_{\text{válvula mariposa de 10''}} = 0.63$$

$$K_{\text{codo 90° de 10''}} = 0.42$$

$$K_{\text{codo 45° de 10''}} = 0.22$$

$$K_{\text{ampliación campana}} = 1$$

$$K_{\text{medidor de caudal}} = 2.5$$

$$K_{\text{manifold 14''}} = 0.78$$

$$K_{\text{swing check 10''}} = 1.4$$

De la tabla 5.9 tenemos:

$$v = 1.32 \text{ m/s}$$

Remplazando datos en:

$$h_{p_{\text{local}}} = k_1 \frac{v^2}{2g} + k_2 \frac{v^2}{2g} + k_3 \frac{v^2}{2g} + k_4 \frac{v^2}{2g} + k_5 \frac{v^2}{2g} + k_6 \frac{v^2}{2g} + k_7 \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{p_{\text{local}}} = (0.63 + 0.42 + 0.22 + 1 + 2.5 + 0.78 + 1.4) * \frac{(1.32)^2}{(2 * 9.8)}$$

$$h_{p_{\text{local Sipesa}}} = 0.11 \text{ m}$$

Aplicando el mismo criterio para las demás plantas resumimos los valores en la tabla 5.18.

Tabla 5.18. Pérdidas Totales en Línea de Descarga

Planta	h_{descarga} (m)	h_{plocal} (m)	h_{ftotales} (m)
Sipesa	15.84	0.11	15.95
Prisco	13.33	0.08	13.41
Pesquera Diamante	18.04	0.14	18.18
Austral Group	16.65	0.08	16.73
Tecnológica de Alimentos	10.16	0.14	10.30
Epesca	9.90	0.07	9.97
Consortio Malla	5.73	0.11	5.84

5.2.4. Cálculo de la Sumergencia Mínima

De la fórmula (4.14.) y analizando la línea de succión

$$S = D_i + \frac{0,942 * Q}{D_i^{1.5}}$$

Para el caso de Sipesa:

$$D_i = 0.2262 \text{ m}$$

$$Q = 0.053 \text{ m}^3/\text{s}$$

Reemplazando estos valores en la fórmula, se obtiene,

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

Este valor se interpreta como la altura mínima de líquido sobre el punto más bajo de la tubería de succión dentro del tanque pulmón para evitar la formación de vórtices.

Este valor nos dará la altura de succión positiva mínima con la que deberemos trabajar. Por debajo de ella se formarán vórtices permitiendo ingreso de aire a la bomba.

Usando la misma metodología de cálculo tenemos los valores para las demás plantas resumidos en la tabla 5.19.

Tabla 5.19. Sumergencia Mínima

Planta	Sumergencia Mínima (S) (m)
Sipesa	0.69
Prisco	0.42
Pesquera Diamante	0.65
Austral Group	0.62
Tecnológica de Alimentos	0.65
Epesca	0.59
Consorcio Malla	0.60

5.2.5. Cálculo de la Altura Dinámica Total

Teniendo los datos de alturas estáticas y pérdidas podemos calcular la Altura Dinámica Total (ADT), siendo

$$\mathbf{ADT = \Delta H_{est} + H_{fprimaria} + \Sigma H_{flocales} \dots \dots \dots (5.8)}$$

ΔH_{est} : diferencia de cotas entre succión y descarga, en m.

$H_{fprimaria}$: pérdida de carga por longitud de tubería, en m.

$\Sigma H_{flocales}$: sumatoria de todas las pérdidas por accesorios, en m.

Para nuestro caso:

ΔH_{est} : $\Delta H_{tanques} - \text{Sumergencia}$

$H_{fprimaria} + \Sigma H_{flocales} = h_{fotsuc} + h_{fotdes}$

De las tablas 5.6., 5.16., 5.18 y 5.19.

Para el caso de Sipesa se tiene:

$\Delta H_{\text{tanques}}$: 6 m

Sumergencia (S): 0.69 m

h_{ftotsuc} : 0.16 m

h_{ftotdes} : 15.95 m

Reemplazando los datos en (5.8.) se tiene:

$$\text{ADT} = 6 - 0.69 + 0.16 + 15.95$$

$$\text{ADT} = 21.42 \text{ m}$$

Usando la misma secuencia de cálculo hallamos el ADT para las demás bombas de planta. En la tabla 5.20. se resumen los valores del ADT y el caudal (Q).

Tabla 5.20. Valores de Q y ADT

Planta	Q (m³/h / lps)	ADT (m)
Sipesa	190 / 53.8	21.42
Prisco	55 / 15.2	20.09
Pesquera Diamante	136 / 37.8	25.74
Austral Group	163 / 45.3	24.35
Tecnológica de Alimentos	137 / 38.1	18.85
Epesca	149 / 41.4	21.57
Consorcio Malla	123 / 34.2	15.41

5.2.6. Curva del Sistema

Para graficar la curva del sistema calculamos todo el proceso anterior para diversos caudales. Calculemos para cuatro (04) puntos adicionales, dos (02) antes y dos (02) después del Caudal nominal (Q_{apro}).

Se tiene la fórmula de Hazen-Williams (4.6.)

$$h_f = \frac{\left(10.647 * L * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852}\right)}{D^{4.87}}$$

y la fórmula (4.21.)

$$h_{p_{local}} = \sum k \frac{v^2}{2g}$$

Estos cálculos se aplicarán en la fórmula (5.8)

$$ADT = \Delta H_{est} + h_{f_{primaria}} + \Sigma H_{f_{locales}}$$

Para el caso de Sipesa:

$$\Delta H_{est} = \Delta H_{tanques} - S = 6 - 0.69 = 5.31 \text{ m}$$

$$Q_{apro} = 190 \text{ m}^3/\text{h}$$

En la tabla 5.21. se muestran los valores calculados:

Tabla 5.21. Valores de ADT para Diversos Caudales - Sipesa

Q (m³/h / lps)	ΔHest	hfprimaria	ΣHflocales	ADT
100 / 27.8	5.31	4.86	0.07	10.24
150 / 41.7	5.31	10.31	0.16	15.78
190 / 52.8	5.31	15.86	0.25	21.42
250 / 69.4	5.31	25.85	0.42	31.58
300 / 83.3	5.31	36.39	0.61	42.31

Con los valores tabulados procedemos a graficar la Curva del Sistema en la figura 5.2.

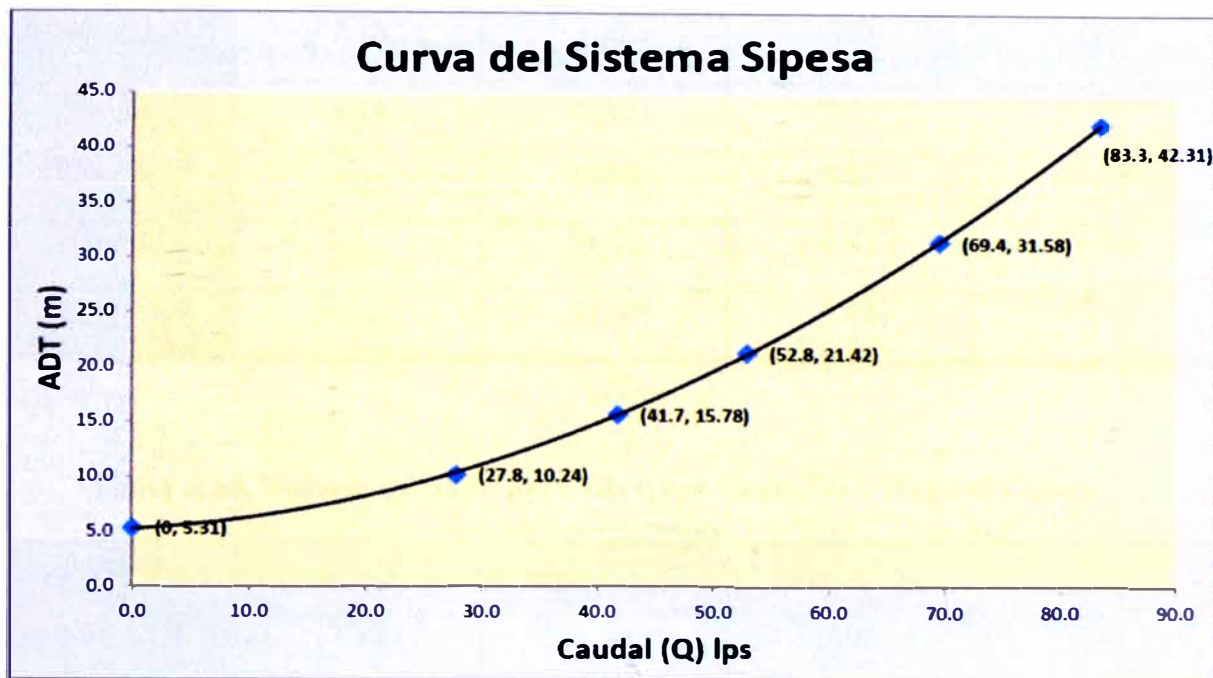


Figura 5.2. Curva del Sistema Sipesa

Aplicando la misma metodología tabulamos los datos de Q y ADT para las demás plantas (Tablas del 5.22. al 5.27.). Las curvas del sistema se encuentran en el anexo 8.

Tabla 5.22. Valores de ADT para Diversos Caudales - Prisco

Q (m ³ /h / lps)	ΔH_{est}	$h_{fprimaria}$	ΣH_{flocas}	ADT
20 / 5.6	6.58	2.45	0.03	9.05
40 / 11.1	6.58	7.52	0.09	14.19
55 / 15.3	6.58	13.35	0.16	20.09
70 / 19.4	6.58	20.68	0.26	27.53
90 / 25	6.58	34.38	0.46	41.42

Tabla 5.23. Valores de ADT para Diversos Caudales – Pesquera Diamante

Q (m³/h / lps)	ΔH_{est}	H_fprimaria	ΣH_{flocales	ADT
40 / 11.1	7.35	1.82	0.03	9.20
80 / 22.2	7.35	6.57	0.11	14.03
136 / 37.8	7.35	18.08	0.31	25.74
160 / 44.4	7.35	23.72	0.42	31.49
200 / 55.6	7.35	37.07	0.68	45.11

Tabla 5.24. Valores de ADT para Diversos Caudales – Austral Group

Q (m³/h / lps)	ΔH_{est}	h_fprimaria	ΣH_{flocales	ADT
50 / 13.9	7.38	1.92	0.03	9.33
100 / 27.8	7.38	6.92	0.12	14.42
163 / 45.3	7.38	16.67	0.30	24.35
200 / 55.6	7.38	24.99	0.46	32.83
250 / 69.4	7.38	36.79	0.70	44.86

Tabla 5.25. Valores de ADT para Diversos Caudales – Tecnológica de Alimentos

Q (m³/h / lps)	ΔH_{est}	H_fprimaria	ΣH_{flocales	ADT
40 / 11.1	8.35	1.03	0.03	9.40
80 / 22.2	8.35	3.70	0.11	12.16
137 / 38.1	8.35	10.19	0.31	18.85
160 / 44.4	8.35	13.37	0.42	22.14
200 / 55.6	8.35	20.9	0.68	29.93

Tabla 5.26. Valores de ADT para Diversos Caudales – Epesca

Q (m³/h / lps)	ΔHest	Hfprimaria	ΣHflocales	ADT
50 / 13.9	11.41	1.36	0.03	12.79
100 / 27.8	11.41	4.89	0.12	16.42
149 / 41.4	11.41	9.91	0.25	21.57
200 / 55.6	11.41	17.66	0.46	29.53
250 / 69.4	11.41	26.00	0.70	38.11

Tabla 5.27. Valores de ADT para Diversos Caudales – Consorcio Malla

Q (m³/h / lps)	ΔHest	hfprimaria	ΣHflocales	ADT
40 / 11.1	9.40	0.71	0.03	10.14
80 / 22.2	9.40	2.57	0.11	12.08
123 / 34.2	9.40	5.76	0.25	15.41
160 / 44.4	9.40	9.29	0.42	19.11
200 / 55.6	9.40	14.52	0.68	24.60

5.2.7 Calculo de la Altura Neta Positiva de Succión Disponible (NPSHd)

Según la ecuación (4.16.)

$$\text{NPSHd} = \frac{(\text{Pa} - \text{Pv})}{\text{G. E.}} \pm \text{Hs} - \Sigma \text{Hf}_{\text{succión}}$$

Para el caso del fluido bombeado según tabla 5.1., el anexo 9 (a.s.n.m. = 0) y los datos del sistema de Sipesa tenemos:

$$P_a = 1 \text{ atm} = 10.33 \text{ mcda}$$

$$P_v = 4.16 \text{ kPa} = 0.42 \text{ mcda}$$

$$G.E. = 1.025$$

$$H_s = + 0.69 \text{ m (succión positiva)}$$

$$\Sigma h_{\text{succión}} = 0.16 \text{ m}$$

Reemplazando datos:

$$NPSH_d = \frac{(10.33 - 0.42)}{1.025} + 0.69 - 0.16$$

$$NPSH_d = 10.20 \text{ m}$$

Aplicando la misma secuencia de cálculo para las demás plantas, confeccionamos la tabla 5.28.

Tabla 5.28. NPSH disponibles.

Planta	NPSHd (m)
Sipesa	10.20
Prisco	9.99
Pesquera Diamante	10.10
Austral Group	10.17
Tecnológica de Alimentos	10.11
Epesca	10.17
Consorcio Malla	10.10

5.2.8 Cálculo de Velocidad Específica (Ns)

De la ecuación (4.10):

$$N_s = \frac{3.65 * N * \sqrt{Q}}{H^{0.75}}$$

Tomaremos como referencia las dos velocidades más comunes usadas en la selección de equipos de bombeo, esto es, 1750 y 3500 rpm.

De la tabla 5.20 para el caso de Sipesa tenemos:

$$Q = 190 \text{ m}^3/\text{h} = 52.8 \text{ l/s}$$

$$H = 21.42 \text{ m}$$

Para $N = 1750 \text{ rpm}$

$$N_s = \frac{3.65 * 1750 * (52.8)^{0.5}}{21.42^{0.75}}$$

$$N_s = 4670 \text{ rpm}$$

Para $N = 3500 \text{ rpm}$

$$N_s = \frac{3.65 * 3500 * (52.8)^{0.5}}{21.42^{0.75}}$$

$$N_s = 9341 \text{ rpm}$$

De la figura 4.2. se deduce que el impulsor deberá ser de flujo mixto. Para las demás plantas y siguiendo el mismo método se construye la tabla 5.29.

Tabla 5.29. Valores de N_s

Planta	$N_e @ 1750 \text{ rpm}$	Tipo de Impulsor	$N_e @ 3500 \text{ rpm}$	Tipo de Impulsor
Sipesa	4671	Mixto	9342	Mixto
Prisco	2607	Mixto	5213	Mixto
Pesquera Diamante	3445	Mixto	6891	Mixto
Austral Group	3910	Mixto	7819	Mixto
Tecnológica de Alimentos	4352	Mixto	8704	Mixto
Epesca	4086	Mixto	8172	Mixto
Consorcio Malla	4788	Mixto	9576	Mixto

5.2.9 Selección de los Equipos de Bombeo

5.2.9.1. Selección de Curva Característica

De la tablas 5.20. y 5.22. tenemos para el caso de Sipesa:

$$Q = 190 \text{ m}^3/\text{h} = 52.8 \text{ l/s}$$

$$\text{ADT} = 21.42 \text{ m.}$$

$$\text{NPSHd} = 10.20 \text{ m}$$

Seleccionamos la curva de la bomba Hidrostral F04S a 1750 rpm (figura5.4.) cuya descripción proporcionada por el fabricante es:

“Bomba centrífuga con caja tipo voluta de gran tamaño y ofrece la posibilidad de posicionar la descarga girando toda la caja en pasos de 45°. Diseño “Back pull out”.

La succión es axial y descarga radial. Impulsor es **centrífugo semi-abierto de dos álabes** balanceado estáticamente y dinámicamente para evitar vibraciones. “

Al ser de impulsor semi-abierto la selección cumple con el valor de N_s hallado.

La curva de la bomba vs la curva del sistema se muestra en la figura 5.3.

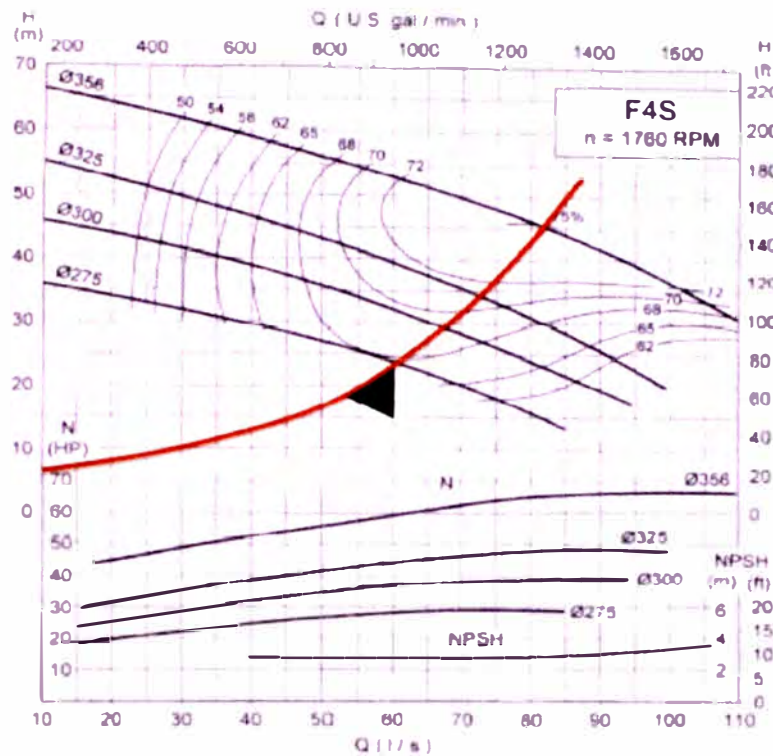


Figura 5.3. Curva de Operación de la Bomba Centrífuga F04S vs Curva del Sistema

Se puede observar que para $Q = 52.8 \text{ l/s}$ $H = 26 \text{ m}$ por lo que ajustando el valor según la curva del sistema y la curva de la bomba tenemos que el punto de operación real será:

$$H = 25.00 \text{ m}$$

$$Q = 212 \text{ m}^3/\text{h} = 59 \text{ l/s}$$

$$\eta_{\text{bomba}} = 68 \%$$

$$\text{Diámetro impulsor} = 275 \text{ mm}$$

$$\text{NPSH}_{\text{req}} = 2.8 \text{ m}$$

$$n = 1760 \text{ rpm}$$

$$\text{Potencia absorbida máxima} = 30 \text{ HP}$$

5.2.9.2. Cálculo de la Potencia del Motor

De la fórmula 4.11. tenemos:

$$P = \frac{G.E. * Q * H}{75 * \eta}$$

Para el caso de Sipesa:

$$H = 25 \text{ m}$$

$$Q = 59 \text{ l/s}$$

$$\eta = 68.0 \%$$

$$G.E. = 1.025$$

Reemplazando en la fórmula, tenemos:

$$P = \frac{1.025 * 59 * 25}{75 * 0.68}$$

$$P = 29.6 \text{ HP}$$

Si bien la bomba absorberá una potencia de 29.6 HP debemos dividirla por la eficiencia global de la transmisión y la eficiencia del motor.

Por experiencia $\eta_{\text{trans}+\text{motor}} = 0.80$ a 0.90 , tomando valor intermedio igual a 0.85

Entonces:

$$\text{Pot req} = P / 0.85 = 29.6 / 0.85$$

$$\text{Pot req} = 34.9 \text{ HP}$$

Comprobamos este valor con la Potencia absorbida máxima para el impulsor de 275 mm

De donde:

$$\text{Pot req} > \text{Pot abs máx}$$

Podremos entonces seleccionar el motor de acuerdo a esta potencia.

La potencia comercial del motor eléctrico que cubra la Pot. Req es de 40HP

Por consiguiente:

Potencia motor eléctrico = 40 HP @ 1770 rpm (De catálogo fabricante, anexo 11)

5.2.9.3. Selección de la Ejecución Metalúrgica

Si bien la mejor alternativa para esta aplicación es que los materiales de la caja e impulsor sean los mismos (en este caso acero inoxidable), la opción resultaba demasiado cara. Se optó por la alternativa de usar el material de la carcasa en fierro fundido gris. A pesar que la diferencia de potenciales de corrosión en agua de mar entre estos materiales es relativamente alta (el acero inoxidable se comporta como cátodo, mientras que el fierro fundido se comporta como ánodo – anexo 15), la experiencia de bombeo de agua de mar del fabricante avala la ejecución propuesta ya que la corrosión galvánica presentada en diversos casos ha sido mínima. La tabla 5.30. nos proporciona las ejecuciones metalúrgicas del fabricante.

Tabla 5.30. Ejecuciones Metalúrgicas

Ejecución Metalúrgica	Material Carcasa	Material Impulsor	Material Eje
0	Fierro Fundido Gris	Fierro Fundido Gris	Acero al Carbono
1	Fierro Fundido Nodular	Fierro Fundido Nodular	Acero al Carbono
3	Fierro Fundido Gris	Acero Inoxidable	Acero al Carbono
3 A	Fierro Fundido Gris	Acero Inoxidable	Acero Inoxidable
5	Acero Inoxidable	Acero Inoxidable	Acero Inoxidable
6	Bronce	Bronce	Acero Inoxidable
7	Fierro Fundido Gris	Bronce	Acero Inoxidable
9	Fierro Fundido Nodular	Fierro Fundido Nodular	Acero al Carbono

Fuente: Hidrostral S.A.

La opción más económica y que cumple con las condiciones de bombeo es la ejecución 3 A.

5.2.9.4. Selección del Tipo de Sellado

Para la selección del tipo de sellado no se estableció ningún análisis técnico. Si bien la tendencia es hacia el uso cada vez con mayor frecuencia de sistemas de sellado mediante sello mecánico, en la selección de los equipos, los usuarios solicitaron expresamente se usara el sellado mediante prensaestopas. Las razones en resumen eran las siguientes:

- Facilidad para el mantenimiento.
- Mayor confiabilidad.
- Mayor rapidez de solución ante una eventualidad.
- Disponibilidad en el mercado.
- Costo del mantenimiento

5.2.9.5. Selección del Acoplamiento Flexible

Para la selección del acoplamiento flexible necesitamos el diámetro del eje de la bomba, el diámetro del eje del motor eléctrico, la potencia del motor y su velocidad.

De los datos proporcionados por los fabricantes de bomba y motor (anexos 11 y 12).

Diámetro eje bomba = 60 mm.

Diámetro eje motor = 55 mm.

Potencia del Motor = 40HP

Velocidad del Motor = 1770 rpm

Del catálogo del fabricante de acoplamientos flexibles (anexo 13), se selecciona el modelo TG1070 cuyas características son:

HP por 100 rpm = 13 (Para nuestro caso el valor es $17.7 * 13 = 230 \text{ HP} > 40 \text{ HP}$)

Máxima velocidad = 4125 rpm (Para nuestro caso $n=1770 \text{ rpm} < 4125 \text{ rpm}$)

Diámetro máximo = 2.56 pulgadas = 65 mm (Para nuestro caso Deje bomba = 60 mm y Deje motor = 55 mm ambos $< 65 \text{ mm}$)

5.2.9.6. Selección de la Base Metálica

La base metálica se selecciona de acuerdo al tipo de bomba seleccionada. Para eso hacemos uso de la tabla 5.31.

Tabla 5.31. Bases Metálicas

Bases Metálicas Línea K, DA y S	
Modelo	Código Base
C03K/D03K/D04K/D2-1/2S	HB/DA
E04K/E05K/E08K/E03S	HB/EA
F04K/F06K/F10K/F10D/F04S	HB/FA
H05K/H08K/H12K/H12DA/H05S	HB/HA
I06K/I10K/I16K/I16DA/I06S	HB/IA
L12K/L20DA	HB/LA
M28DA	HB/MA

Fuente: Hidrostral S.A.

De la tabla anterior y para el modelo F04S, seleccionamos la base HB/FA

5.2.9.7. Denominación del Equipo de Bombeo

Una vez seleccionado todos los componentes procedemos a denominar la electrobomba de acuerdo a la nomenclatura usada por Hidrostral, fabricante del equipo. La misma sigue la siguiente regla:

Modelo Bomba - Base – Acoplamiento - Pot Motor – Vel. Motor/100 – D impulsor

Por consiguiente la descripción completa del modelo de electrobomba seleccionado para el caso de Sipesa se describe en la Tabla 5.32:

Tabla 5.32. Datos de Bomba Seleccionada para Sipesa

Modelo : F04S-3A-F2S10-HBK-70TG-40-18/287			
Datos de Bomba		Materiales de Construcción	
Líquido a bombear	Agua de bombeo tratada	Ejecución	3 A
Caudal (lps)	59	Caja	Fierro Fundido Gris
A.D.T. (m.c.a.)	25	Impulsor	Acero Inoxidable A743CF8M
Eficiencia (%)	69	Eje	Acero Inoxidable 416
Potencia Abs. (hp)	30.3	Datos de Motor	
Máx. Pot. Abs. (hp)	31	Potencia (hp)	40
NPSH req. (m)	2,8	Velocidad (rpm)	1770
Diám.imp (mm)	275	Frame	200 M
Características de Bomba		Voltaje (V)	440
Sellado	Prensaestopas	F. S.	1,15
Ø Succión (pulg)	8	Nº de polos	4
Ø Descarga (pulg)	4	Fases	3

Fuente: Hidrostral S.A.

Las tablas desde 5.33. hasta 5.38 muestran los datos de las bombas seleccionadas para las demás plantas. Los valores de NPSH requeridos para todas las bombas son menores

que los valores de NPSH disponibles de cada planta (Tabla 5.28.). En conclusión ningún equipo cavitará.

Tabla 5.33. Datos de Bomba Seleccionada para Prisco

Modelo : E03S-3A-E2S10-HBK-50TG-10-18/220			
Datos de Bomba		Materiales de Construcción	
Líquido a bombear	Agua de bombeo tratada	Ejecución	3 A
Caudal (lps)	15.3	Caja	Fierro Fundido Gris
A.D.T. (m.c.a.)	20.1	Impulsor	Acero Inoxidable A743CF8M
Eficiencia (%)	62	Eje	Acero Inoxidable 416
Potencia Abs. (hp)	6.7	Datos de Motor	
Máx. Pot. Abs. (hp)	9	Potencia (hp)	10
NPSH req. (m)	1.5	Velocidad (rpm)	1760
Diám.imp (mm)	220	Frame	132S
Características de Bomba		Voltaje (V)	440
Sellado	Prensaestopas	F. S.	1,15
Ø Succión (pulg)	6	Nº de polos	4
Ø Descarga (pulg)	3	Fases	3

Fuente: Hidrostral S.A.

Tabla 5.34. Datos de Bomba Seleccionada para Pesquera Diamante

Modelo : E03S-3A-E2S10-HBK-50TG-20-18/266			
Datos de Bomba		Materiales de Construcción	
Líquido a bombear	Agua de bombeo tratada	Ejecución	3 A
Caudal (lps)	35.8	Caja	Fierro Fundido Gris
A.D.T. (m.c.a.)	25.7	Impulsor	Acero Inoxidable A743CF8M
Eficiencia (%)	76	Eje	Acero Inoxidable 416
Potencia Abs. (hp)	16.5	Datos de Motor	
Máx. Pot. Abs. (hp)	17	Potencia (hp)	20
NPSH req. (m)	1.0	Velocidad (rpm)	1760
Diám.imp (mm)	266	Frame	160M
Características de Bomba		Voltaje (V)	440
Sellado	Prensaestopas	F. S.	1,15
Ø Succión (pulg)	8	Nº de polos	4
Ø Descarga (pulg)	4	Fases	3

Fuente: Hidrostral S.A.

Tabla 5.35. Datos de Bomba Seleccionada para Austral Group

Modelo : E03S-3A-E2S10-HBK-50TG-25-18/271			
Datos de Bomba		Materiales de Construcción	
Líquido a bombear	Agua de bombeo tratada	Ejecución	3 A
Caudal (lps)	45.3	Caja	Fierro Fundido Gris
A.D.T. (m.c.a.)	24.4	Impulsor	Acero Inoxidable A743CF8M
Eficiencia (%)	73	Eje	Acero Inoxidable 416
Potencia Abs. (hp)	20.7	Datos de Motor	
Máx. Pot. Abs. (hp)	21	Potencia (hp)	25
NPSH req. (m)	2	Velocidad (rpm)	1755
Diám.imp (mm)	271	Frame	160L
Características de Bomba		Voltaje (V)	440
Sellado	Prensaestopas	F. S.	1,15
Ø Succión (pulg)	6	Nº de polos	4
Ø Descarga (pulg)	3	Fases	3

Fuente: Hidrostral S.A.

Tabla 5.36. Datos de Bomba Seleccionada para Tecnológica de Alimentos

Modelo : E03S-3A-E2S10-HBK-50TG-20-18/247			
Datos de Bomba		Materiales de Construcción	
Líquido a bombear	Agua de bombeo tratada	Ejecución	3 A
Caudal (lps)	38.1	Caja	Fierro Fundido Gris
A.D.T. (m.c.a.)	18.9	Impulsor	Acero Inoxidable A743CF8M
Eficiencia (%)	73	Eje	Acero Inoxidable 416
Potencia Abs. (hp)	13,5	Datos de Motor	
Máx. Pot. Abs. (hp)	14	Potencia (hp)	20
NPSH req. (m)	1,5	Velocidad (rpm)	1760
Diám.imp (mm)	247	Frame	160M
Características de Bomba		Voltaje (V)	440
Sellado	Prensaestopas	F. S.	1,15
Ø Succión (pulg)	6	Nº de polos	4
Ø Descarga (pulg)	3	Fases	3

Fuente: Hidrostral S.A.

Tabla 5.37. Datos de Bomba Seleccionada para Epesca

Modelo : E03S-3A-E2S10-HBK-50TG-20-18/260			
Datos de Bomba		Materiales de Construcción	
Líquido a bombear	Agua de bombeo tratada	Ejecución	3 A
Caudal (lps)	41.4	Caja	Fierro Fundido Gris
A.D.T. (m.c.a.)	21.6	Impulsor	Acero Inoxidable A743CF8M
Eficiencia (%)	74	Eje	Acero Inoxidable 416
Potencia Abs. (hp)	16.5	Datos de Motor	
Máx. Pot. Abs. (hp)	16.7	Potencia (hp)	20
NPSH req. (m)	1.6	Velocidad (rpm)	1760
Diám.imp (mm)	260	Frame	160M
Características de Bomba		Voltaje (V)	440
Sellado	Prensaestopas	F. S.	1,15
Ø Succión (pulg)	6	Nº de polos	4
Ø Descarga (pulg)	3	Fases	3

Fuente: Hidrostral S.A.

Tabla 5.38. Datos de Bomba Seleccionada para Consorcio Malla

Modelo : E03S-3A-E2S10-HBK-50TG-12.5-18/222			
Datos de Bomba		Materiales de Construcción	
Líquido a bombear	Agua de bombeo tratada	Ejecución	3 A
Caudal (lps)	34.2	Caja	Fierro Fundido Gris
A.D.T. (m.c.a.)	15.4	Impulsor	Acero Inoxidable A743CF8M
Eficiencia (%)	74	Eje	Acero Inoxidable 416
Potencia Abs. (hp)	9.7	Datos de Motor	
Máx. Pot. Abs. (hp)	9.8	Potencia (hp)	12.5
NPSH req. (m)	1.0	Velocidad (rpm)	1775
Diám.imp (mm)	222	Frame	132M
Características de Bomba		Voltaje (V)	440
Sellado	Prensaestopas	F. S.	1,15
Ø Succión (pulg)	6	Nº de polos	4
Ø Descarga (pulg)	3	Fases	3

Fuente: Hidrostral S.A.

En el anexo 10 se detallan las curvas de operación vs curvas de sistema y el anexo 16 muestra los esquemas dimensionales de cada equipo.

5.3. Evacuación de Efluentes de Estación Central a Emisor Submarino

5.3.1. Consideraciones Iniciales

Para el caso del emisor submarino se tuvo una condición que en cierta forma direccionó la selección del sistema de bombeo. La empresa Pluspetrol contaba con 7 km de tubería de hdpe de 20" PN6 en desuso y a través de gestiones hechas por la Gerencia General de Apropisco se logró que fueran donadas sin costo alguno para el proyecto. Esto marcó el derrotero para la selección final de la tubería del emisario.

La Estación Central de Apropisco cuenta con dos (02) tanques de 1150 m³ de capacidad construidos durante el funcionamiento del anterior sistema. Se prevé instalar tres bombas. Dos trabajarán en paralelo y una quedará en stand-by.

5.3.2. Cálculo del Caudal a Bombear por Apropisco

De la tabla 5.3. se determina el caudal total que llega a la Estación Central de Apropisco en 18 horas. Este caudal será bombeado desde los tanques de almacenamiento hacia la bahía de Paracas.

Por consiguiente:

$$Q_{\text{total}} = 953 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para efectos de establecer un margen de seguridad con el consenso de las siete plantas conformantes de Apropisco se consideró en incrementar un 5% al valor del caudal total, por lo que el caudal de bombeo sería:

$$Q_{\text{diseño}} = 953 * 1.05$$

$$Q_{\text{diseño}} = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$$

5.3.3 Secuencia de Trabajo de la Estación Central

La secuencia de operatividad del sistema se definió desde el inicio para así poder seleccionar adecuadamente los equipos de bombeo. Esta secuencia se resume como sigue:

- a) Las plantas descargan sus efluentes en los tanques de 1150 m³ de Apropisco
- b) Cuando los tanques estén por llenarse (nivel establecido tres metros antes que llegue a la parte superior del tanque), arranca una de las bombas.
- c) En el caso el nivel siga subiendo hasta un metro por debajo del límite superior del tanque arrancará la segunda bomba.
- d) Se repetirá la secuencia durante las 18 horas de bombeo.
- e) Una vez acabada la recepción de efluentes, sólo trabajará una bomba que será la que vaciará los tanques.

5.3.4. Diferencia de Cotas de Estación Central con respecto a Línea de Marea

Para el caso de la Estación Central, se tienen los siguientes datos:

$$H_{\text{tanque}} = 13 \text{ m}$$

$$\text{Diferencia cotas entre fondo de tanque y nivel de marea baja} = 4.5 \text{ m}$$

$$\text{Diferencia cotas entre fondo de tanque y nivel de marea alta} = 3.5 \text{ m}$$

La condición más crítica para el sistema de bombeo será con el tanque vacío y con marea alta, es decir:

$$A_h = 0 - 3.5 \text{ m} = - 3.5 \text{ m}$$

5.3.5. Recorrido de Tuberías

5.3.5.1. Tubería de Succión o Aspiración Apropisco (LTSapro)

Se considera desde el tanque de almacenamiento hasta la brida de succión de la bomba. A este dato lo llamaremos LTSapro (longitud de tubería de succión).

Para el caso de Apropisco se tiene:

$$\mathbf{LTS\ apro = 2.7\ m}$$

5.3.5.2. Tubería de descarga o Emisario Submarino

Es la tubería encargada de transportar los 1000 m³/h de efluentes tratados hacia la Bahía de Paracas. La longitud total del Emisario Submarino es:

$$\mathbf{Ltes = 13,77\ km = 13\ 770\ m}$$

5.3.6. Cálculo y Selección de Tuberías

En vista de que en la línea de succión se debía instalar un manifold común y diversas conexiones bridadas y que el tramo era corto, se optó por trabajar con acero Sch40.

5.3.6.1. Selección Diámetro Óptimo Tubería de Succión o Aspiración.

Considerando criterios de diseño en la succión o aspiración tomamos una velocidad media dentro del rango permitido según tabla 4.2.:

Para aguas residuales: $v = 1.25\ m/s$

Según la ecuación de continuidad (4.9.)

$$\mathbf{Qb = vA}$$

De fórmula (5.5.) se sabe que para una tubería de sección circular:

$$A = \frac{\pi D_i^2}{4}$$

y,

$$D_i = \left(\frac{4Q_b}{\pi v} \right)^{0.5}$$

Para el presente caso tenemos:

$$Q_{\text{diseño}} = 1000 \text{ m}^3/\text{h} = 0.278 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Además, } v = 1.25 \text{ m/s}$$

Remplazando datos en (5.7.) se obtiene:

$$D_i = \left(\frac{4 * 0.278 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 1.25 \text{ m/s}} \right)^{0.5} \text{ de donde:}$$

$$D_i = 5,322 \text{ m} = 532,2 \text{ mm}$$

El diámetro calculado implicaba usar tubería de 500 mm (20”), sin embargo una de las plantas contaba con tubería de 450 mm (18”) en acero Sch40 remanente por lo que se decidió usarla para la construcción de los manifolds de succión y descarga y las líneas de succión y descarga hasta conectarse con la tubería de hdpe.

De catálogo de dimensiones de proveedor de tuberías (ver Anexo 17)

Diámetro interno para tubería de acero Sch40 de 18” es igual a:

$$D_i = \text{Diam nominal en mm} - 2 * \text{espesor tubería}$$

$$D_i = 457.20 \text{ mm} - 2 * 14.27 \text{ mm}$$

$$D_i = 428.66 \text{ mm} = 0.4287 \text{ m}$$

Recalculando la velocidad del flujo a través de la tubería:

De la ecuación (5.7.)

$$v = \frac{4Q_b}{\pi D_i^2}$$

Remplazando datos se tiene:

$$v = \frac{4 * 0.278 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * (0.4827 \text{ m})^2} \text{ de donde:}$$

$$v = 1.52 \text{ m/s,}$$

Esta velocidad del flujo cumple con la velocidad con la velocidad recomendada para el diseño de un sistema de bombeo para traslado de aguas residuales en tubería de succión o aspiración, tabla 4.2. El resumen de la línea de succión se presenta en la tabla 5.39.

Tabla 5.39. Línea de Succión Apropisco

Material	Sch40	Espesor de pared	14.27 mm
Dnom.pulg.	18	Atransversal	0.16 m ²
Dnom.mm.	457.20	Vflujo	1.52 m/s
Peso (kg/m)	155.87		

Fuente: Estación Apropisco

5.3.6.2. Selección Diámetro Óptimo Tubería de Descarga o Impulsión

Tal como indicamos en las consideraciones iniciales se contaba con un tramo de 7000 m de tubería hdpe PN6 de 20". La decisión tomada por los integrantes de Apropisco fue usar el mismo diámetro de tubería para los 6770 m de tubería restante.

En vista de la longitud de tubería considerable se considerará más adelante el cálculo de las pérdidas de carga en la tubería para poder definir el espesor de tubería a usar

(valor de PN). Para esto analizaremos en su oportunidad, tres opciones para tubería de 20".

De anexo 5:

A) Tubería hdpe 500 mm (20"), PN6

$$D_i = 452.20 \text{ mm}$$

B) Tubería hdpe 500 mm (20"), PN8

$$D_i = 440.60 \text{ mm}$$

C) Tubería hdpe 500 mm (20"), PN10

$$D_i = 426.40 \text{ mm}$$

Calculando para cada caso la velocidad del flujo a través de la tubería:

De la ecuación (5.7.)

Remplazando datos se tiene

Caso A:

$$v = \frac{4 * 0.278 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * (0.4522 \text{ m})^2} \text{ de donde:}$$

$$v = 1.73 \text{ m/s,}$$

Caso B:

$$v = \frac{4 * 0.278 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * (0.446 \text{ m})^2} \text{ de donde:}$$

$$v = 1.78 \text{ m/s,}$$

Caso C:

$$v = \frac{4 * 0.278 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * (0.4264 \text{ m})^2} \text{ de donde:}$$

$$v = 1.94 \text{ m/s,}$$

Todas las velocidades están dentro del rango óptimo (tabla 4.2.) Resumimos estos valores en la tabla 5.40.

Tabla 5.40. Posibles Casos para Tubería de Impulsión de Apropisco (6770 m restantes)

Caso	Diám Nom. (pulg./mm)	Di (mm)	PN	SDR	e_{pared}	Pnom. (bar)	Vflujo (m/s)	Área sec. (m ²)
A	20 / 500	452.2	6	21	23.9	6	1.73	0.161
B	20 / 500	440.6	8	17	29.7	8	1.78	0.152
C	20 / 500	426.4	10	13.6	36.8	10	1.94	0.143

5.3.7. Cálculo de las Pérdidas

Validaremos el uso de la fórmula de Hazen-Williams para lo que $Re > 4000$ (flujo turbulento). De la fórmula 4.2.

$$Re = \frac{v_s D}{\nu}$$

De la tabla 5.1. y de la tabla 5.28 para el caso A (menos favorable):

$$\nu = 0.967 \times 10^{-6}$$

$$D = 0.452.2 \text{ m}$$

$$v = 1.73 \text{ m/s}$$

Remplazando datos en Re se tiene:

$$Re = \frac{1.73 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.4522 \text{ m}}{0.967 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 809\ 003$$

El número hallado es $Re > 4000$, entonces se comprueba que el flujo es turbulento, por lo que no habrá inconvenientes de trabajar con la fórmula de Hazen-Williams.

5.3.7.1. Pérdidas en la Línea de Succión

5.3.7.1.1. Pérdidas de Carga por Fricción o Primarias

Se tiene la fórmula de Hazen-Williams (4.6.)

$$h_f = \frac{\left(10.647 * L * \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \right)}{D^{4.87}}$$

De las tablas (4.1.) y (5.27) se tiene:

Material de la tubería = Acero Sch40

$C = 130$,

$Q_{\text{nominal}} = 1000 \text{ m}^3/\text{h} = 0.278 \text{ m}^3/\text{s}$

$LTS = 2.7 \text{ m}$

$D_i = 0.4287 \text{ m}$

Entonces reemplazando datos, se tiene:

$$h_{f\text{succión}} = (10.647 * 2.7 * \left(\frac{0.278}{130} \right)^{1.852}) / (0.4287)^{4.85}$$

$h_{f\text{succión}} = 0.03 \text{ m}$

5.3.7.1.2. Pérdidas Locales o Secundarias

Se considera todos los accesorios presentes en la línea de succión. De la fórmula (4.21.)

$$h_{p_{local}} = \sum k \frac{v^2}{2g}$$

En primer lugar resumimos en la tabla 5.41. los accesorios presentes en la línea de succión de cada planta (Anexo 6)

Tabla 5.41. Accesorios en la Línea de Succión de Apropisco

Planta	D _i mm/pulg	Válvula Compuerta Cant. / K1	Manifold de 20" Cant. /K2	Reducción Campana Cant./K3
Apropisco	428.66 / 18	1 / 0.10	1 / 0.72	1 / 1

Fuente: Cameron Hydraulic Data

Si bien en la instalación existe una longitud de 0.90 m de tubería de 10" y una válvula compuerta para cada bomba, podemos considerar las pérdidas despreciables.

De tabla 5.41. tenemos:

Kválvula compuerta de 20" = 0.10

Kmanifold 20" = 0.72

Kreducción campana = 1.0 1

De la tabla 5.39 tenemos:

v = 1.52 m/s

Remplazando datos en:

$$h_{p_{local}} = k_1 \frac{v^2}{2g} + k_2 \frac{v^2}{2g} + k_3 \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{p_{local}} = (0.10 + 0.72 + 1) * \frac{(1.52)^2}{(2 * 9.8)}$$

h_{p local} Apropisco = 0.21 m

5.3.7.2. Pérdidas en la Línea de Descarga.

Para este caso calcularemos las pérdidas de carga para los 7000 m de tubería existente, más 6770 m de tubería para los casos A, B y C del acápite 5.3.6.2.

5.3.7.2.1. Pérdidas de Carga por Fricción o Primarias.

Se tiene la fórmula de Hazen-Williams (4.6.)

$$h_f = \frac{\left(10.647 * L * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852}\right)}{D^{4.87}}$$

De las tablas (4.1.) y (5.40.) se tiene:

Material de la tubería = Hdpe

C = 150,

Qnominal = 1000 m³/h = 0.278 m³/s

LTDdonada = 7000 m Dnominal = 20" Di = 0.4522 m

LTDrestante = 6770 m

Para la tubería donada reemplazando los datos:

$$h_{f\text{descarga donada}} = (10.647 * 7000 * \left(\frac{0.278}{150}\right)^{1.852}) / (0.4522)^{4.85}$$

$$h_{f\text{descarga donada}} = 30.98 \text{ m}$$

Para la tubería restante de tabla 5.40.:

Caso A:

Di = 0.4522 m

$$h_{fd \text{ restante caso A}} = (10.647 * 6770 * \left(\frac{0.278}{150}\right)^{1.852}) / (0.4522)^{4.85}$$

$$h_{fd \text{ restante caso A}} = 29.96 \text{ m}$$

De donde:

$$H_{\text{total desc caso A}} = 30.98 \text{ m} + 29.96 = 60.94 \text{ m}$$

Caso B:

$$D_i = 0,4406 \text{ m}$$

$$h_{\text{fd restante caso B}} = (10.647 * 6770 * \left(\frac{0.278}{150}\right)^{1.852}) / (0.4406)^{4.85}$$

$$h_{\text{fd restante caso B}} = 34.01 \text{ m}$$

De donde:

$$H_{\text{total desc caso B}} = 30.98 \text{ m} + 34.01 = 64.99 \text{ m}$$

Caso C:

$$D_i = 0.4264 \text{ m}$$

$$h_{\text{fd restante caso C}} = (10.647 * 6770 * \left(\frac{0.278}{150}\right)^{1.852}) / (0.4264)^{4.85}$$

$$h_{\text{fd restante caso C}} = 39.89 \text{ m}$$

De donde:

$$H_{\text{total desc caso C}} = 30.98 \text{ m} + 39.89 = 70.87 \text{ m}$$

5.3.7.2.2. Pérdidas Locales o Secundarias.

Se considera todos los accesorios presentes en la línea de descarga. De la fórmula

(4.21.)

$$h_{\text{plocal}} = \sum k \frac{v^2}{2g}$$

En primer lugar resumimos en la tabla 5.42. los accesorios presentes en la línea de descarga de Apropisco (Anexo 6)

Tabla 5.42. Accesorios en la Línea de Descarga de Apropisco

Accesorios	Apropisco Caso A	Apropisco Caso B	Apropisco Caso C
D_i mm/pulg	452.2 / 20"	440.6 / 20"	426.4 / 20"
Válvula Mariposa 10" Cant. / K1	1 / 0.63	1 / 0.63	1 / 0.63
Codo 10" x 90° Cant. /K2	1 / 0.42	1 / 0.42	1 / 0.42
Codo 10" x 45° Cant./K3	2 / 0.22	2 / 0.22	2 / 0.22
Codo 45° x 20" Cant./K4	2 / 0.19	2 / 0.19	2 / 0.19
Válvula Mariposa 20" Cant. / K5	1 / 0.30	1 / 0.30	1 / 0.30
Medidor de Caudal Cant. /K6	1 / 2.5	1 / 2.5	1 / 2.5
Swing Check Cant./K7	1 / 1.2	1 / 1.2	1 / 1.2
Difusor	1 bar	1 bar	1 bar

Fuente: Cameron Hydraulic data

De tabla 5.40 y 5.42 y la fórmula 4.21 tenemos:

Caso A:

$$v = 1.73 \text{ m/s}$$

Caso B:

$$v = 1.78 \text{ m/s}$$

Caso C:

$$v = 1.92 \text{ m/s}$$

Remplazando datos en:

$$h_{p_{\text{local}}} = k_1 \frac{v^2}{2g} + k_2 \frac{v^2}{2g} + k_3 \frac{v^2}{2g} + k_4 \frac{v^2}{2g} + k_5 \frac{v^2}{2g} + k_6 \frac{v^2}{2g} + k_7 \frac{v^2}{2g}$$

Caso A:

$$h_{p_{\text{local}}} = (0.63 + 0.42 + 2 * 0.22 + 2 * 0.19 + 0.30 + 2.5 + 1.2) * \frac{(1.73)^2}{(2 * 9.8)}$$

$$h_{p_{\text{local}}} \text{ Caso A} = 0.89 \text{ m}$$

Caso B:

$$h_{p_{\text{local}}} = (0.63 + 0.42 + 2 * 0.22 + 2 * 0.19 + 0.30 + 2.5 + 1.2) * \frac{(1.78)^2}{(2 * 9.8)}$$

$$h_{p_{\text{local}}} \text{ Caso B} = 0.95 \text{ m}$$

Caso C:

$$h_{p_{\text{local}}} = (0.63 + 0.42 + 2 * 0.22 + 2 * 0.19 + 0.30 + 2.5 + 1.2) * \frac{(1.92)^2}{(2 * 9.8)}$$

$$h_{p_{\text{local}}} \text{ Caso C} = 1.10 \text{ m}$$

5.3.8 Cálculo de la Sumergencia Mínima

De la fórmula (4.14.) y analizando la línea de succión

$$S = Di + \frac{0,942 * Q}{Di^{1,5}}$$

Para el caso de Apropisco:

$$Di = 0.4287 \text{ m}$$

$$Q = 0.278 \text{ m}^3/\text{s}$$

Reemplazando estos valores en la fórmula, se obtiene,

$$S = 1.36 \text{ m}$$

5.3.9 Cálculo de la Altura Dinámica Total

Teniendo los datos de alturas estáticas y pérdidas podemos calcular la Altura Dinámica Total (ADT), de fórmula 5.8.

$$ADT = \Delta H_{est} + H_{fprimaria} + \Sigma H_{flocales}$$

ΔH_{est} : diferencia de cotas entre succión y descarga, en m.

$H_{fprimaria}$: pérdida de carga por longitud de tubería, en m.

$\Sigma H_{flocales}$: sumatoria de todas las pérdidas por accesorios, en m.

Para nuestro caso:

ΔH_{est} : Sumergencia - Nivel de marea alta

$H_{fprimaria} + \Sigma H_{flocales} = h_{fotsuc} + h_{ftotdes}$

De los resultados ya obtenidos confeccionamos la tabla 5.43.

Tabla 5.43. Valores para el Cálculo del ADT

Caso	SUCCION		DESCARGA		Nivel de marea alta (m)	Sumerg. (m)
	$h_{f_{succión}}$ (m)	$h_{f_{locales}}$ (m)	$h_{f_{descarga}}$ (m)	$h_{f_{locales}}$ (m)		
A	0.03	0.21	60.94	0.89	-3.5	1.36
B	0.03	0.21	64.99	0.95	-3.5	1.36
C	0.03	0.21	70.87	1.10	-3.5	1.36

De la tabla 5.43 y la fórmula 5.8. y considerando además una pérdida adicional de 1 bar debido a un difusor que se instalará en el extremo de la tubería se tiene :

Caso A:

$$ADT_A = - 3.5\text{ m} + 1.36\text{ m} + 0.02\text{ m} + 0.34\text{ m} + 60.94\text{ m} + 0.89\text{ m} + 10.2\text{ m}$$

$$ADT_A = 73.71\text{ m}$$

Caso B:

$$ADT_B = - 3.5\text{ m} + 1.36\text{ m} + 0.02\text{ m} + 0.34\text{ m} + 64.99\text{ m} + 0.95\text{ m} + 10.2\text{ m}$$

$$ADT_B = 74.36\text{ m}$$

Caso C:

$$ADT_C = - 3.5\text{ m} + 1.6\text{ m} + 0.02\text{ m} + 0.34\text{ m} + 70.87\text{ m} + 1.10\text{ m} + 10.2\text{ m}$$

$$ADT_C = 80.3\text{ m}$$

De acuerdo a estos resultados descartamos el caso A debido a que el ADT excede la presión máxima de la tubería (6 bar = 61.2 m). Entre el caso B y el caso C elegiremos el más económico ya que ambos cumplen con la presión nominal.

Por consiguiente para el cálculo de la bomba elegiremos el caso B.

Entonces:

$$Q_{\text{nominal}} = 1000\text{ m}^3/\text{h} = 277.8\text{ l/s}$$

$$ADT_{\text{bomba}} = 74.37\text{ m}$$

Como el sistema trabajará, según lo estipulado en el acápite 5.3.3., con dos bombas operando en paralelo (acápite 4.2.9.1.), las condiciones de cada bomba a seleccionar serán:

$$Q_{\text{diseño}} = 500\text{ m}^3/\text{h} = 138.9\text{ l/s}$$

$$ADT_{\text{diseño}} = 74.36\text{ m}$$

5.3.10 Curva del Sistema

Para graficar la curva del sistema calculamos todo el proceso anterior para diversos caudales. Calculemos para cuatro (04) puntos adicionales, dos (02) antes y dos (02) después del Caudal nominal total, es decir $Q_{\text{nominal}} = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Se tiene la fórmula de Hazen-Williams (4.6.)

$$h_f = \frac{\left(10.647 * L * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852}\right)}{D^{4.87}}$$

y la fórmula (4.21.)

$$h_{p_{\text{local}}} = \sum k \frac{v^2}{2g}$$

Estos cálculos se aplicarán en la fórmula (5.8)

$$ADT = \Delta H_{\text{est}} + H_{f_{\text{primaria}}} + \Sigma H_{f_{\text{locales}}}$$

Adicionando la $P_{\text{adicional}} = 1 \text{ bar}$

Para el caso de Apropisco:

$$\Delta H_{\text{est}} = 1.36 \text{ m} - 3.5 \text{ m} = -2.14 \text{ m}$$

$$Q_{\text{nominal}} = 1000 \text{ m}^3/\text{h} = 0,278 \text{ l/s}$$

$$C = 150$$

$$LTD_{\text{donada}} = 7000 \text{ m } D_{\text{nominal}} = 20'' \text{ PN6 } D_i = 0.4522 \text{ m}$$

$$LTD_{\text{restante}} = 6770 \text{ m } D_{\text{nominal}} = 20'' \text{ PN8 } D_i = 0.4406 \text{ m}$$

En la tabla 5.44. se muestran los valores calculados:

Tabla 5.44. Valores de ADT para Diversos Caudales - Apropisco

Q (m ³ /h / lps)	ΔH_{est}	$h_{fprimaria}$	ΣH_{flocas}	Difusor (m)	ADT
400 / 111.1	-2.14	11.87	1.00	10.2	20.93
700 / 194.4	-2.14	33.39	1.12	10.2	42.57
1000/ 277.8	-2.14	65.01	1.29	10.2	74.36
1300 / 361.1	-2.14	105.47	1.53	10.2	115.06
1600 / 444.4	-2.14	154.72	1.83	10.2	164.61

Con los valores tabulados procedemos a graficar la Curva del Sistema en la Fig. 5.4.

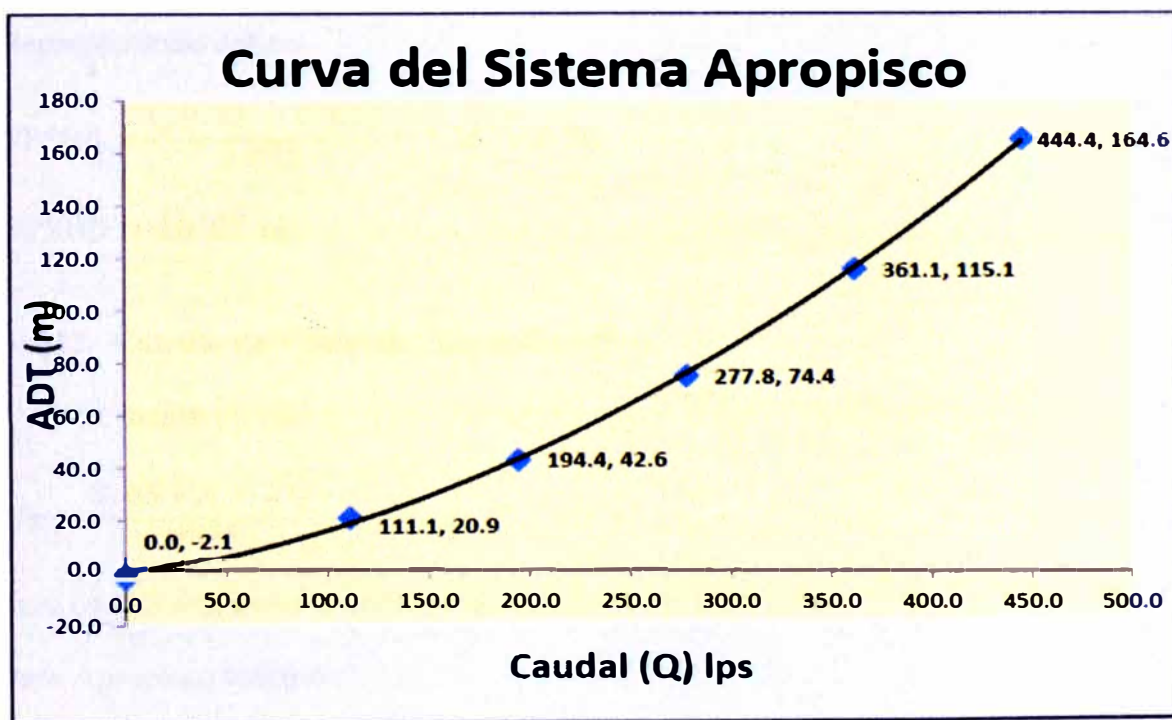


Figura 5.4. Curva del Sistema Apropisco

La curva del sistema se encuentra en el Anexo 8.

5.3.11 Cálculo de la Altura Neta Positiva de Succión Disponible (NPSHd)

Según la ecuación (4.16.)

$$\text{NPSHd} = \frac{(\text{Pa} - \text{Pv})}{\text{G. E.}} \pm \text{Hs} - \Sigma \text{Hfsucción}$$

Para el caso del fluido bombeado según tabla 5.1., el anexo 9 (a.s.n.m. = 0) y los datos del sistema de Apropisco tenemos:

$$\text{Pa} = 1 \text{ atm} = 10.33 \text{ mcda}$$

$$\text{Pv} = 4.16 \text{ kPa} = 0.42 \text{ mcda}$$

$$\text{G.E.} = 1.025$$

$$\text{Hs} = + 1.36 \text{ m (succión positiva)}$$

$$\Sigma \text{hfsucción} = 0.36 \text{ m}$$

Reemplazando datos:

$$\text{NPSHd} = \frac{(10.33 - 0.42)}{1.025} + 1.36 - 0.36$$

$$\text{NPSHd} = 10.67 \text{ m}$$

5.3.12. Cálculo de Velocidad Específica (Ns)

De la ecuación (4.10):

$$N_s = \frac{3.65 * N * \sqrt{Q}}{H^{0.75}}$$

Para caudal de diseño la opción más común es de 1750 rpm.

Para Apropisco tenemos:

$$Q_{\text{diseño}} = 500 \text{ m}^3/\text{h} = 138.9 \text{ l/s}$$

$$H_{\text{diseño}} = 74.36 \text{ m}$$

$$\text{Para } N = 1750 \text{ rpm}$$

$$N_s = \frac{3.65 * 1750 * (138.9)^{0.5}}{74.36^{0.75}}$$

$$N_s = 6340 \text{ rpm}$$

De la Fig. 4.2. se deduce que el impulsor deberá ser de flujo mixto.

5.3.13 Selección del Equipo de Bombeo

5.3.13.1. Selección de Curva Característica

De las condiciones de bombeo para Apropisco se tiene:

$$Q_{\text{diseño}} = 500 \text{ m}^3/\text{h} = 138.9 \text{ l/s}$$

$$ADT = 74.36 \text{ m.}$$

$$NPSH_d = 10.67 \text{ m}$$

Seleccionamos la curva de la bomba Hidrostal H05S a 1760 rpm (Fig.5.5.) bajo las mismas consideraciones de los casos anteriores

La curva de la bomba vs la curva del sistema se muestra en la fig. 5.5.

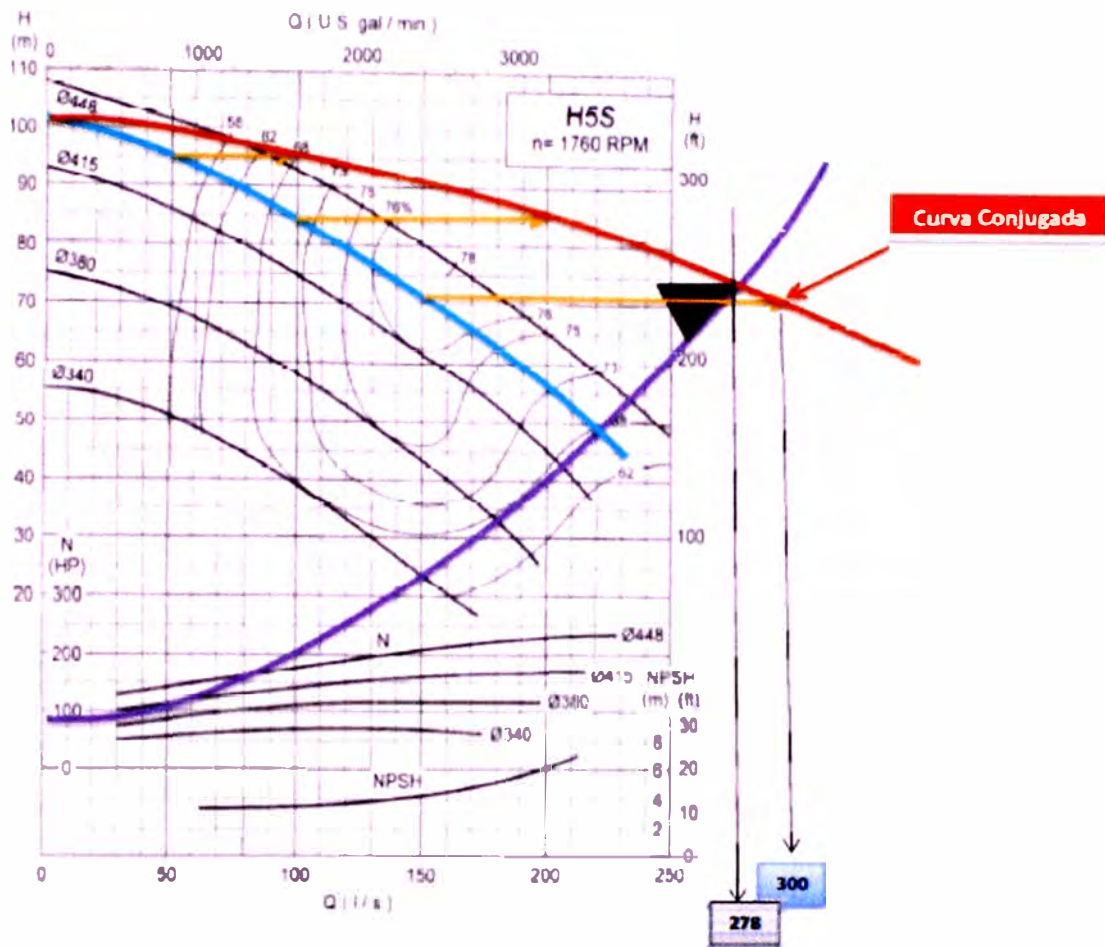


Figura 5.5. Curva de Operación de la Bomba Centrífuga H05S vs Curva del Sistema

De figura 5.4.

$Q = 138.9 \text{ l/s}$

$H = 74.36 \text{ m}$

$\eta_{\text{ bomba }} = 77 \%$

Diámetro impulsor = 426 mm

$NPSH_{\text{req}} = 4.0 \text{ m}$

$n = 1760 \text{ rpm}$

Potencia absorbida máxima = 200 HP

5.3.13.2. Cálculo de la Potencia del Motor

De la fórmula 4.11. tenemos:

$$P = \frac{G.E.* Q * H}{75 * \eta}$$

Para el caso de Apropisco:

$$H_{\text{diseño}} = 74.36 \text{ m}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 138.9 \text{ l/s}$$

$$\eta = 77.0 \%$$

$$G.E. = 1.025$$

Reemplazando en la fórmula, tenemos:

$$P = \frac{1.025 * 138.9 * 74.36}{75 * 0.77}$$

$$P = 183.3 \text{ HP}$$

Si bien la bomba absorberá una potencia de 183.3 HP debemos dividirla por la eficiencia global de la transmisión y la eficiencia del motor.

Por experiencia $\eta_{\text{trans+motor}} = 0.80$ a 0.90 , tomando valor intermedio igual a 0.85

Entonces:

$$\text{Pot req} = P / 0.85 = 183.3 / 0.85$$

$$\text{Pot req} = 215.6 \text{ HP}$$

Comprobamos este valor con la Potencia absorbida máxima para el impulsor de 426 mm

De donde:

$$\text{Pot req} > \text{Pot abs máx}$$

Podremos entonces seleccionar el motor de acuerdo a esta potencia.

La potencia comercial del motor eléctrico que cubra la Pot. Req es de 250HP. Sin embargo ya que estas bombas eran críticas y debían seleccionarse para que en un futuro se pueda cubrir cualquier variación sin cambiar el motor, se seleccionó el motor inmediato superior que cubriría la potencia absorbida máxima para el máximo diámetro.

Por consiguiente:

Potencia motor eléctrico = 300 HP @ 1790 rpm (De catálogo fabricante, anexo 11)

5.3.13.3. Selección de la Ejecución Metalúrgica

El criterio de selección es similar al caso de las bombas de las plantas. Se escoge entonces la ejecución 3A (de tabla 5.24.)

5.3.13.4. Selección del Tipo de Sellado

Siendo los criterios idénticos a los ya establecidos en el acápite 5.2.9.4. se eligió sellado mediante prensaestopas.

5.3.13.5. Selección del Acoplamiento Flexible

Para la selección del acoplamiento flexible necesitamos el diámetro del eje de la bomba, el diámetro del eje del motor eléctrico, la potencia del motor y su velocidad.

De los datos proporcionados por los fabricantes de bomba y motor (Anexos 11 y 12).

Diámetro eje bomba = 90 mm.

Diámetro eje motor = 100 mm.

Potencia del Motor = 300HP

Velocidad del Motor = 1790 rpm

Del catálogo del fabricante de acoplamientos flexibles (Anexo 13), se selecciona el modelo TG1100 cuyas características son:

HP por 100 rpm = 81 (Para nuestro caso el valor es $17.9 * 81 = 1450 \text{ HP} > 300 \text{ HP}$)

Máxima velocidad = 2250 rpm (Para nuestro caso $n=1790 \text{ rpm} < 2250 \text{ rpm}$)

Diámetro máximo = 4.21 pulgadas = 106.9 mm (Para nuestro caso Deje bomba = 90 mm y Deje motor = 100 mm ambos $< 106.9 \text{ mm}$)

5.3.13.6. Selección de la Base Metálica

La base metálica se selecciona de acuerdo al tipo de bomba seleccionada. Para eso hacemos uso de la tabla 5.45.

Tabla 5.45. Bases Metálicas

Bases Metálicas Línea K, DA y S	
Modelo	Código Base
C03K/D03K/D04K/D2-1/2S	HB/DA
E04K/E05K/E08K/E03S	HB/EA
F04K/F06K/F10K/F10D/F04S	HB/FA
H05K/H08K/H12K/H12DA/H05S	HB/HA
I06K/I10K/I16K/I16DA/I06S	HB/IA
L12K/L20DA	HB/LA
M28DA	HB/MA

Fuente: Hidrostral S.A.

De la tabla anterior y para el modelo H05S, seleccionamos la base HB/HA

5.3.13.7. Denominación del Equipo de Bombeo

Una vez seleccionado todos los componentes procedemos a denominar la electrobomba de acuerdo a la nomenclatura usada por Hidrostral, fabricante del equipo. La misma sigue la siguiente regla:

Modelo Bomba - Base – Acoplamiento - Pot Motor – Vel. Motor/100 – D impulsor

Por consiguiente la descripción completa del modelo de electrobomba seleccionada para el caso de Apropisco es:

Tabla 5.46. Datos de Bomba Seleccionada para Apropisco

Modelo : H05S-3A-H4S10-HBK-1100TG-300-18/426			
Datos de Bomba		Materiales de Construcción	
Líquido a bombear	Agua de bombeo tratada	Ejecución	3 A
Caudal (lps)	138.9	Caja	Fierro Fundido Gris
A.D.T. (m.c.a.)	74.4	Impulsor	Acero Inoxidable A743CF8M
Eficiencia (%)	77	Eje	Acero Inoxidable 416
Potencia Abs. (hp)	183.4	Datos de Motor	
Máx. Pot. Abs. (hp)	200	Potencia (hp)	300
NPSH req. (m)	4.0	Velocidad (rpm)	1790
Diám.imp (mm)	426	Frame	355 M/L
Características de Bomba		Voltaje (V)	440
Sellado	Prensaestopas	F. S.	1,00
Ø Succión (pulg)	10	Nº de polos	4
Ø Descarga (pulg)	5	Fases	3

Fuente: Hidrostral S.A.

La figura 5.6. nos muestra el sistema modificado de la evacuación de efluentes después de las modificaciones

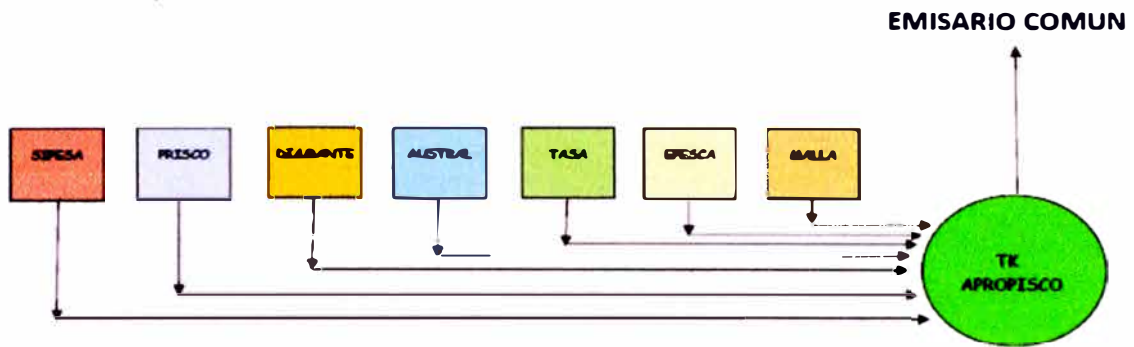


Figura 5.6. Nuevo Sistema de Evacuación de Efluentes





A modo de información podemos agregar la estación Central de Apropisco tiene una capacidad de electricidad contratada de 500 kw 10KV a través de Electroquinas. Además cuenta con un grupo electrógeno de 500KW que puede generar 500 kw. En la parte operativa trabajan 9 personas durante época de producción y 6 personas durante época de veda, a esto se suman 5 personas más del área administrativa. La labor es continua durante todo el año avocados en trabajos de mantenimiento preventivo, pruebas de la línea de descarga, inspecciones al emisor, etc.

CAPÍTULO 6

COSTOS

6.1. Consideraciones Generales

En vista que el presente proyecto no es un proyecto de inversión sino más bien un gasto ya que su único propósito es de índole ambiental, el análisis de costo que aquí se presenta es meramente informativo. Se presentará básicamente los costos de la implementación del nuevo sistema de bombeo incluyendo las tuberías y los equipos de bombeo.

Este capítulo no incluirá los costos de los sistemas de potencia, tableros, generadores, sistemas electrónicos de control, etc., los cuales no han sido materia del presente informe.

6.2. Costos Totales

6.2.1. Costos Sistema de Bombeo Plantas

6.2.1.1. Costo de Adquisición (CA)

En la tabla 6.1 se muestra el costo de las bombas, el árbol de succión y descarga, las tuberías de succión y descarga tanto internas como externas.

Tabla 6.1. Costo de Adquisición de Sistema de Bombeo Plantas

Planta	Accesorios Succión (US\$)	Accesorios Descarga (US\$)	Tubería Succión (US\$)	Tubería Descarga (US\$)	Bombas (US\$)	Total (US\$)
Sipesa	1115,00	9720,00	60,00	45170,00	15072,00	71137,00
Prisco	595,00	4197,00	18,00	6566,00	8432,00	19808,00
Diamante	830,00	7041,00	50,00	20626,00	9091,00	37638,00
Austral	1115,00	6861,00	77,00	13920,00	9527,00	31500,00
Tasa	830,00	7495,00	39,00	11615,00	9091,00	29070,00
Epesca	1115,00	7268,00	52,00	9839,00	9091,00	27365,00
Malla	830,00	7088,00	45,00	8052,00	8625,00	24640,00
Total					US\$ 241 158,00	

Fuente: Apropisco S.A.C.

6.2.1.2. Costo de Instalación (CI)

En la tabla 6.2. se detalla el costo de instalación de lo mencionado en el acápite

6.2.1.1.

Tabla 6.2. Costo de Instalación de Sistema de Bombeo Plantas

Planta	Accesorios Succión (US\$)	Accesorios Descarga (US\$)	Tubería Succión (US\$)	Tubería Descarga (US\$)	Bombas (US\$)	Total (US\$)
Sipesa	3350,00	5130,00	120,00	31680,00	3100,00	43380,00
Prisco	2760,00	3200,00	92,00	13720,00	1550,00	21322,00
Diamante	3120,00	4860,00	100,00	18700,00	2230,00	29010,00
Austral	3350,00	4520,00	120,00	12620,00	2560,00	23170,00
Tasa	3120,00	5120,00	100,00	10530,00	2230,00	21100,00
Epesca	3350,00	5030,00	120,00	8920,00	2230,00	19650,00
Malla	3120,00	4920,00	100,00	7300,00	1780,00	17220,00
Total					US\$ 174 852,00	

Fuente: Apropisco S.A.C.

6.2.1.3. Costo de Operación (CO)

En la tabla 6.3. presentamos los costos de operación por planta de acuerdo a las horas de trabajo esperadas por año.

Tabla 6.3. Costo de Operación de Sistema de Bombeo Plantas

Planta	H/día	Día/Año	H/Año	Pabs (kw)	η motor	Pefe (kw)	Costo kw-h (US\$)	Costo operación anual (US\$)
Sipesa	18	120	2160	22.6	0.905	24.98	0.06	3237.41
Prisco	18	120	2160	5.0	0.880	5.68	0.06	736.13
Diamante	18	120	2160	12.3	0.902	13.64	0.06	1767.74
Austral	18	120	2160	15.4	0.900	17.16	0.06	2223.94
Tasa	18	120	2160	10.1	0.902	11.17	0.06	1447.63
Epesca	18	120	2160	12.3	0.902	13.64	0.06	1767.74
Malla	18	120	2160	7.2	0.878	8.24	0.06	1067.90
Total Anual							US\$ 12 248.49	

Fuente: Apropisco S.A.C.

6.2.1.4. Costo de Mantenimiento Esperado (CM)

La tabla 6.4. nos muestra un estimado de los costos de mantenimiento preventivo anuales para todo el sistema de bombeo.

Tabla 6.4. Costo de Mantenimiento Preventivo Anual de Sistema de Bombeo Plantas

Planta	Repuestos (US\$)	Motor (US\$)	Alineamiento (US\$)	Lubricación (US\$)	Otros (US\$)	Total (US\$)
Sipesa	1541,00	150,00	125,00	165,00	280,00	2261,00
Prisco	1312,00	100,00	125,00	165,00	280,00	1982,00
Diamante	1312,00	135,00	125,00	165,00	280,00	2017,00
Austral	1312,00	140,00	125,00	165,00	280,00	2022,00
Tasa	1312,00	135,00	125,00	165,00	280,00	2017,00
Epesca	1312,00	135,00	125,00	165,00	280,00	2017,00
Malla	1312,00	110,00	125,00	165,00	280,00	1992,00
Total					US\$ 14 308,00	

Fuente: Apropisco S.A.C.

6.2.2. Costos Sistema de Bombeo Estación Central

6.2.2.1. Costo de Adquisición (CA)

En la tabla 6.5 se muestra el costo de las bombas, el árbol de succión y descarga, las tuberías de succión y descarga tanto internas como externas.

Tabla 6.5. Costo de Adquisición de Sistema de Bombeo Apropisco

Planta	Accesorios Succión (US\$)	Accesorios Descarga (US\$)	Tubería Succión (US\$)	Tubería Descarga (US\$)	Bombas (US\$)	Total (US\$)
Apropisco	6150,00	22920,00	0,00	446820,00	171528,00	647418,00
Total					US\$ 647 418,00	

Fuente: Apropisco S.A.C.

6.2.2.2. Costo de Instalación (CI)

En la tabla 6.6. se detalla el costo de instalación de lo mencionado en el acápite

6.2.2.1.

Tabla 6.6. Costo de Instalación de Sistema de Bombeo Apropisco

Planta	Accesorios Succión (US\$)	Accesorios Descarga (US\$)	Tubería Succión (US\$)	Tubería Descarga (US\$)	Bombas (US\$)	Total (US\$)
Apropisco	2300,00	6100,00	170,00	550800,00	3600,00	562970,00
Total					US\$ 562 970,00	

Fuente: Apropisco S.A.C.

6.2.2.3. Costo de Operación (CO)

En la tabla 6.7. presentamos los costos de operación por planta de acuerdo a las horas de trabajo esperadas por año.

Tabla 6.7. Costo de Operación de Sistema de Bombeo Apropisco

Planta	H/día	Día/Año	H/Año	Pabs (kw)	η motor	Pefe (kw)	Costo kw-h (US\$)	Costo operación anual (US\$)
Apropisco	22	120	2640	273.6	0.945	289,5	0.06	45 856.80
Total Anual							US\$ 45 856.80	

Fuente: Apropisco S.A.C.

6.2.2.4. Costo de Mantenimiento Esperado (CM)

La tabla 6.8. nos muestra un estimado de los costos de mantenimiento preventivo anuales para todo el sistema de bombeo.

**Tabla 6.8. Costo de Mantenimiento Preventivo Anual de Sistema de Bombeo
Apropisco**

Planta	Repuestos (US\$)	Motor (US\$)	Alineamiento (US\$)	Lubricación (US\$)	Otros (US\$)	Total (US\$)
Apropisco	6250,00	780.00	450.00	320.00	4820.00	12620,00
Total					US\$ 12 620,00	

Fuente: Apropisco S.A.C.

A modo de explicación se tiene que los costos de adquisición e instalación de equipos y árboles de succión y descarga de cada planta, fueron asumidos por cada empresa en forma individual. Las tuberías de impulsión y de succión de cada planta, así como el costo de las bombas, tuberías, accesorios y su instalación de Apropisco fueron asumidos por Apropisco con el aporte proporcional de sus miembros.

El costo de operación y mantenimiento anual de las bombas de planta son cubiertos en forma individual, mientras que todos los costos de Apropisco son asumidos en conjunto por todos los asociados.

CONCLUSIONES

- 1) Se pudo calcular, dimensionar y seleccionar los equipos de bombeo necesarios y suficientes que cumplen con el objetivo de evacuar la totalidad de emisiones de las plantas pesqueras hacia la Estación Central.
- 2) Se pudo calcular, dimensionar y seleccionar el sistema de bombeo, el cual cumple con evacuar los efluentes desde la Estación Central de Apropisco hacia la Bahía de Paracas a través de un emisario submarino.
- 3) El presente proyecto permitió que las siete empresas pesqueras mencionadas, a saber, Sipesa, Prisco, Pesquera Diamante, Austral Group, Tecnológica de Alimentos, Epesca y Consorcio Malla, pudieran seguir operando siguiendo las regulaciones ambientales dadas para proteger la Bahía de Paracas.
- 4) El cálculo permite, a futuro, incluir nuevas empresas dentro del sistema de Apropisco.
- 5) El diseño del sistema de bombeo permitirá que la Estación Central de Apropisco pueda implementar más adelante sistemas de control scada que monitoreen de manera más efectiva los caudales enviados por cada planta. De esta forma cada planta tendrá la obligación de controlar sus procesos y hacer más eficiente la recepción de materia prima y el almacenamiento y tratamiento interno del agua producida.
- 6) La presión social y de los medios de comunicación disminuyó considerablemente ya que al ser un sólo ente el que maneja los fluidos enviados a la Bahía de Paracas, el control es más sencillo y las mediciones del impacto en la Bahía son

más reales. Asimismo, las oficinas gubernamentales y ambientales tienen un único interlocutor responsable.

- 7) La independización de las líneas de impulsión de cada planta, a diferencia del anterior sistema, permite controlar y fiscalizar de mejor manera los efluentes emitidos. Cada planta ahora es más consciente de su proceso y se preocupa por mejorarlo.
- 8) Ya que Apropisco es una empresa sin fines de lucro y genera un gasto fijo anual a los miembros de la sociedad, obliga a que cada planta pesquera se preocupe por disminuir la generación de efluentes mejorando sus sistemas de descarga desde la chata.
- 9) La operación de la Estación Central de Apropisco ha permitido el florecimiento de la pesca artesanal, el aumento de la producción de conchas de abanico, aumento de la flora y fauna marina. Esto es el reflejo de la responsabilidad social de la industria hacia la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA

A. J. Stepanoff (1993), *Centrifugal and Axial Flow Pumps: Theory, Design and Application*, USA, segunda edición.

C.R. Westaway y A.W. Loomis (1984), *Cameron Hydraulic Data*, USA, décimo sexta edición, Ingersoll Rand.

Eduardo Blanco Marigorta, Sandra Velarde Suárez y Joaquín Fernández Francos (1994), *Sistemas de Bombeo*, España, Universidad de Oviedo.

Hidrostal (2000), *Catálogo de Bombas Centrifugas*, Perú

I. Martín, R. Salcedo y R. Font (2011), *Mecánica de Fluidos: Tema2. Impulsión de Fluidos*, España, Universidad de Alicante.

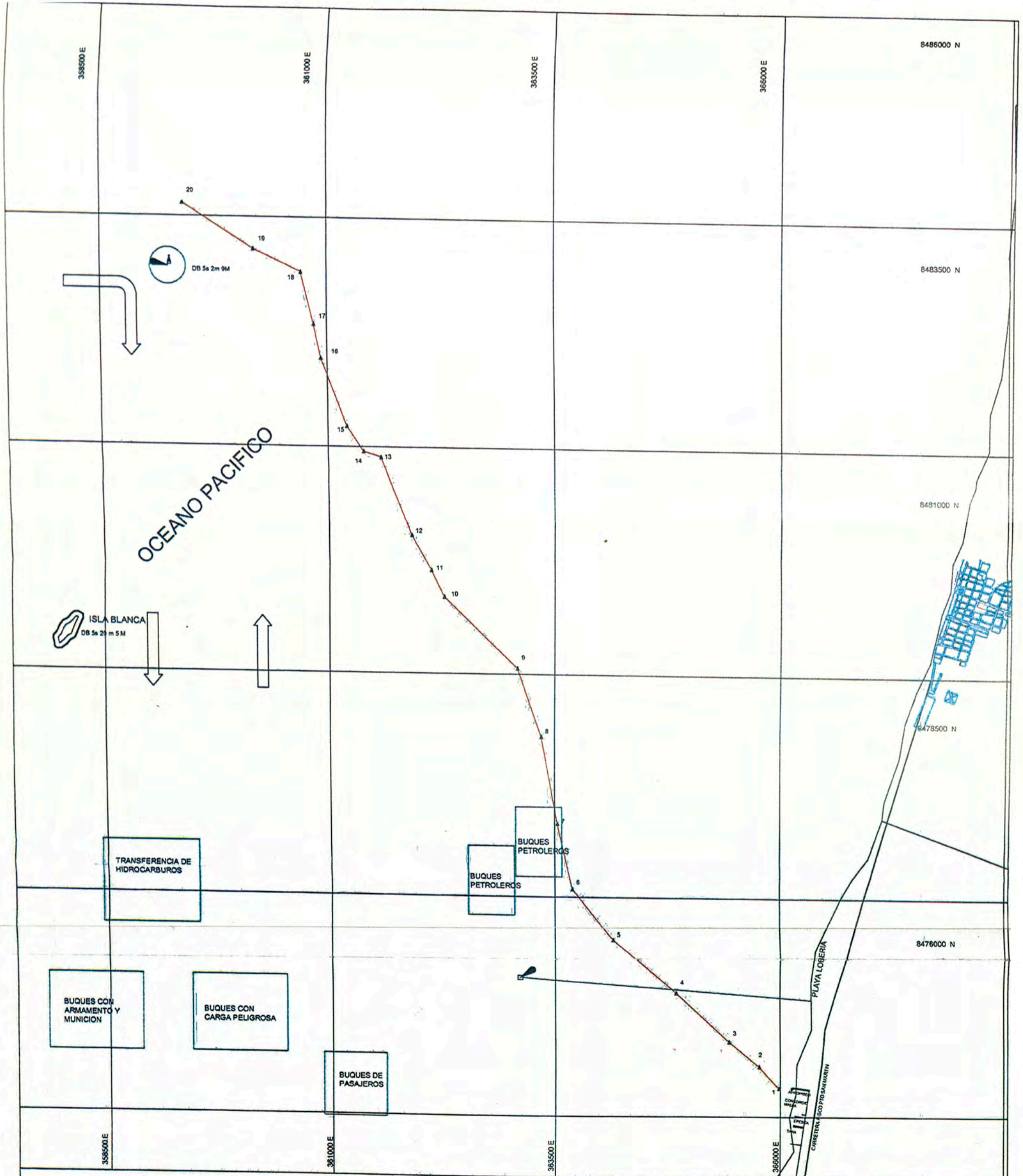
Igor Karassik, Joseph P. Messina, Paul Cooper y Charles C. Heald (2001), *Pump Handbook*, USA, tercera edición, McGraw-Hill.

Kenneth J. y el cuerpo de redactores de Chemical (1998), *Bombas: Selección, Uso y Mantenimiento*, USA, McGraw-Hill.

Luis E. Pérez Farrás (2005), *Selección Fina de Bombas*, Argentina, Universidad de Buenos Aires.

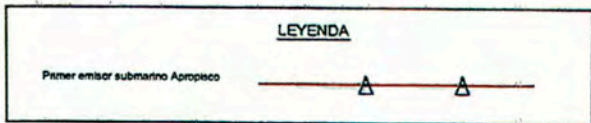
PLANOS

1. Posición de los Puntos Primer Emisor Submarino Apropisco.
2. Trayectoria Nuevo Emisor Submarino Apropisco.
3. Distribución de Plantas y Almacenes de Campo de Empresas Pesqueras – Paracas
- Pisco
4. Disposición de Estación Central de Apropisco
5. Montaje de electrobombas principales en Estación Central de Apropisco.



COORDENADAS DATUM WGS-84

VERTICE	LONGITUD ESTE	LATITUD NORTE
1	365984.0000	8476336.0000
2	365765.0000	8476583.0000
3	365430.0000	8476856.0000
4	364843.0000	8477413.0000
5	364145.0000	8478016.0000
6	363696.0000	8478594.0000
7	363532.0000	8479323.0000
8	363354.0000	8480301.0000
9	363090.0000	8481057.0000
10	362277.0000	8481846.0000
11	362131.0000	8482140.0000
12	361916.0000	8482530.0000
13	361563.0000	8483387.0000
14	361393.0000	8483449.0000
15	361211.0000	8483721.0000
16	360931.0000	8484470.0000
17	360857.0000	8484842.0000
18	360717.0000	8485411.0000
19	360196.0000	8485653.0000
20	359415.0000	8486142.0000



PROYECTO: POSICION DE LOS PUNTOS PRIMER EMISOR SUBMARINO APROPOSITO

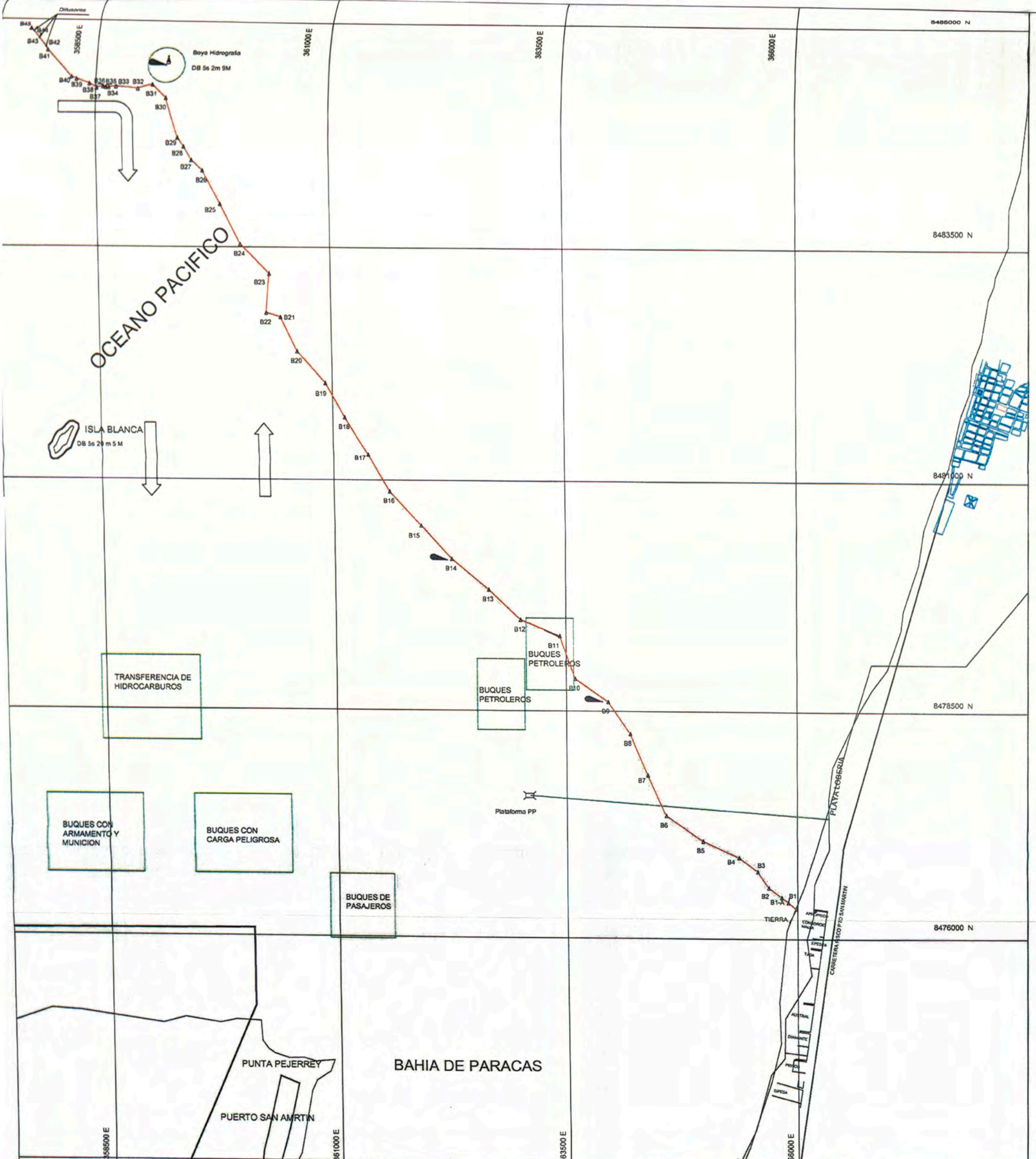
PLANO: PLANTA

UBICACION: BAHIA DE PARACAS
DIST.: PARACAS PROV.: PISCO DPTO.: ICA

ESCALA: 1/20,000

FECHA: JULIO/2009

PLANO 1



COORDENADAS DATUM WGS-84

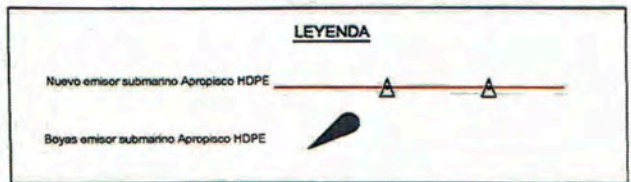
BRIDAS	LONGITUD ESTE	LATITUD NORTE
TIERRA	365985	8476344
B1	365899	8476414
B1-A	365829	8476470
B2	365688	8476576
B3	365569	8476755
B4	365368	8476910
B5	364977	8477091
B6	364579	8477363
B7	364381	8477605
B8	364190	8478252
B9	363953	8478604
B10	363597	8478855
B11	363433	8479317
B12	363008	8479490
B13	362666	8479811
B14	362268	8480141
B15	361938	8480506
B16	361604	8480878
B17	361378	8481281
B18	361130	8481682

COORDENADAS DATUM WGS-84

BRIDAS	LONGITUD ESTE	LATITUD NORTE
B19	360924	8482049
B20	360627	8482369
B21	360455	8482756
B22	360304	8482802
B23	360343	8483219
B24	360038	8483532
B25	359827	8483955
B26	359643	8484310
B27	359529	8484422
B28	359449	8484569
B29	359384	8484693
B30	359258	8485093
B31	359112	8485240
B32	358957	8485193
B33	358719	8485217
B34	358641	8485208
B35	358606	8485208
B36	358580	8485217
B37	358510	8485202
B38	358430	8485247

COORDENADAS DATUM WGS-84

BRIDAS	LONGITUD ESTE	LATITUD NORTE
B39	358291	8485298
B40	358234	8485322
B41	357962	8485623
B42	357939	8485664
B43	357860	8485762
B44	357796	8485845
B45	357762	8485878



PROYECTO:
TRAYECTORIA DEL NUEVO EMISOR SUBMARINO APROPOSITO

PLANO: PLANTA

UBICACION: BAHIA DE PARACAS
DIST.: PARACAS PROV.: PISCO DPTO.: ICA

ESCALA: 1/20,000

FECHA: AGOSTO/2009

PLANO 2



366,000 E

366,500 E

A SAN ANDRES

8 476,500 N.

8 476,000 N.

8 475,500 N.

8 475,000 N.

8 474,500 N.

OCEANO PACIFICO

CONSORCIO MALLA

EPESCA

TECNOLOGICA DE ALIMENTOS

ALMACEN DE HARINA N°

110.00

110.00

AUSTRAL GROUP

PESQUERA DIAMANTE

PRISCO

SIPESA

VIA DE ACCESO A TERRENOS POSTERIORES

CARRERA PRISCO - PARACAS

CALLE SIN NOMBRE

366,000 E

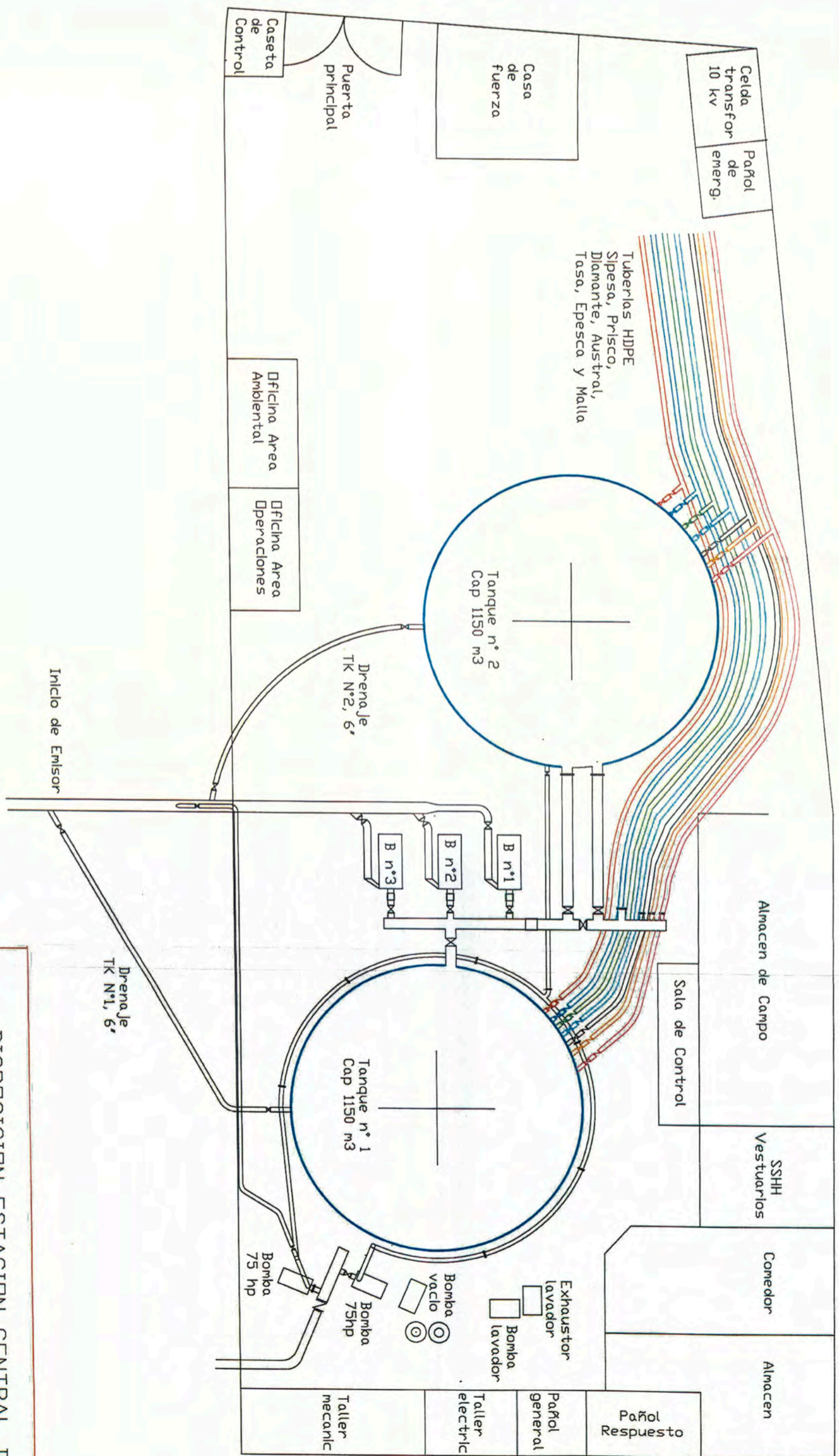
366,500 E

PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA: 1/5,000

DATUM: PSAD 56

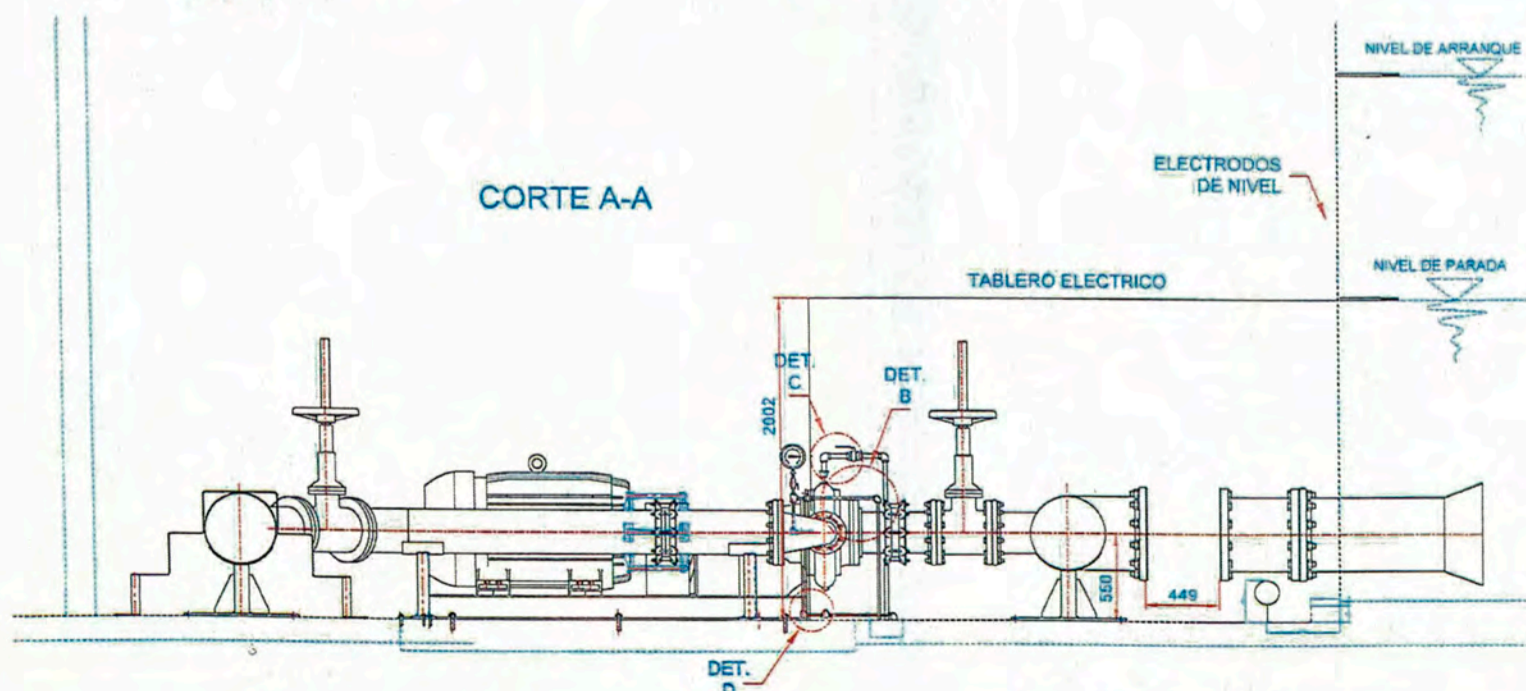
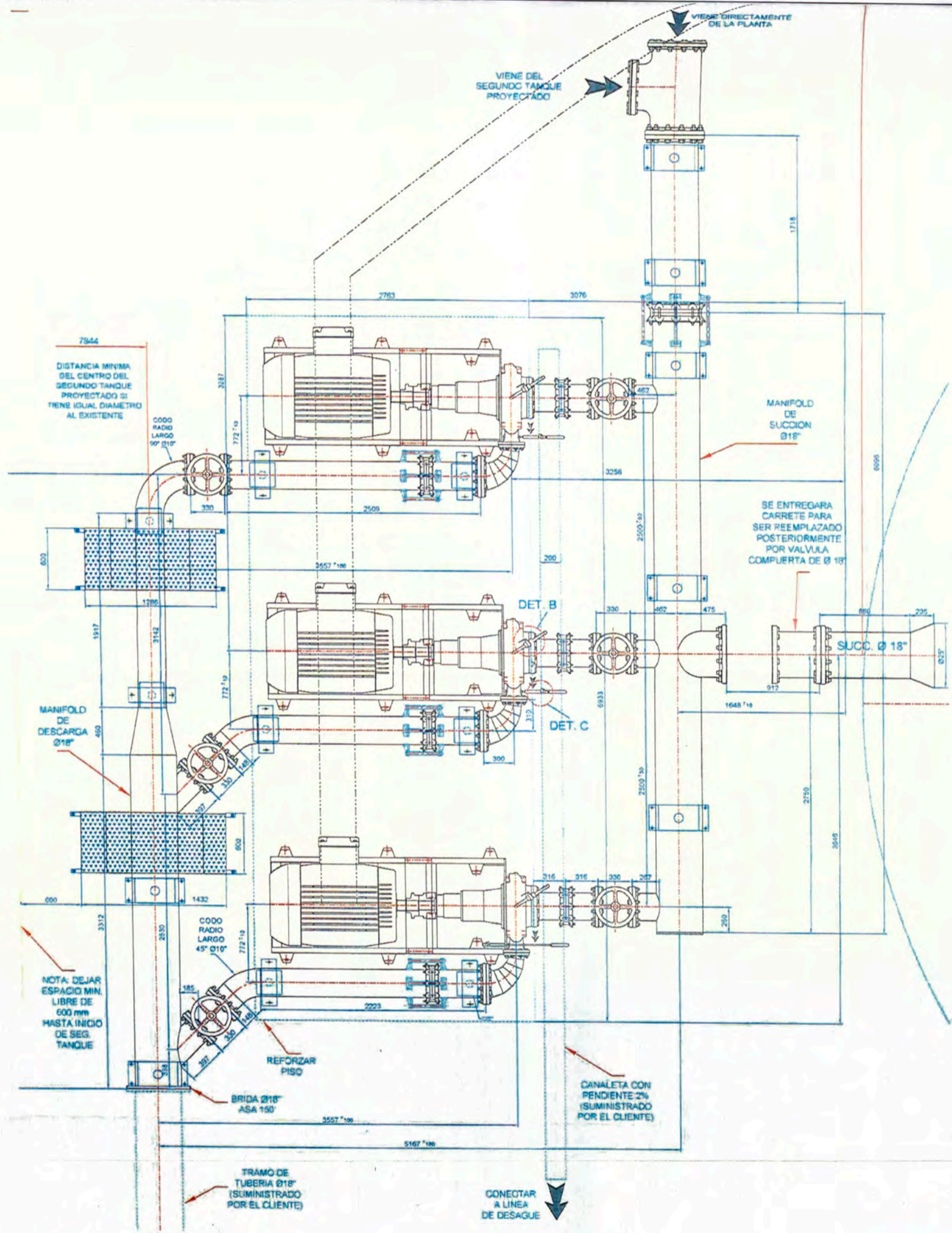
PLANO DE:			
DISTRIBUCION DE PLANTAS Y ALMACENES DE CAMPO DE EMPRESAS PESQUERAS - PARACAS - PISCO			
UBICACION:			
CARRERA A PARACAS - ZONA INDUSTRIAL PESQUERA			
DIST.: PARACAS	PROV.: PISCO	DPTO.: ICA	
ESCALA:	DIBUJO:	FECHA:	REVISADO:
INDICADAS	MARCO	ENERO 2012	

PLANO 3



DISPOSICION ESTACION CENTRAL DE
APROPISCOD

PLANO	PLANTA	PLANO 4
UBICACION	BAHIA DE PARACAS DIST. PARACAS PROV. PISCO DPTD. ICA	
ESCALA	1/20,000	FECHA: AGOSTO/2009



<p>"Este dibujo es de propiedad exclusiva de HIDROSTAL S.A., el cual no podrá ser copiado, adaptado o aprovechado sin autorización escrita de la propietaria."</p>		<p>INVESTIGACION Y DESARROLLO DPTO. DE PROYECTOS</p>	
<p>ESCALA: 1/25</p>	<p>PROYECTO: 2 BOMBAS EN PARALELO + 1 EN STAND BY H5S-03A-H4S27-HB/HA-TG1100-300-18 (APROPISCO)</p>		<p>DISEÑADO POR: W. LEGUA S. REVISADO POR: [Signature] APROBADO POR: [Signature]</p> <p>FECHA: 17-09-2004 REVISION: 0 HQA:</p>
<p>Hidrostral LIMA PERU</p>		<p>90-10405-1z</p>	

ANEXOS

Anexo 1: Densidad agua de mar.

Anexo 2: Viscosidad agua de mar.

Anexo 3: Salinidad agua de mar Bahía de Paracas.

Anexo 4: Presión de vapor agua de mar.

Anexo 5: Dimensiones tuberías hdpe.

Anexo 6: Valores de K de accesorios.

Anexo 7: Límites permisibles.

Anexo 8: Curvas de sistema de plantas y Apropisco

Anexo 9: Variación Presión vs Altitud.

Anexo 10: Curvas de operación bomba vs curvas de sistema

Anexo 11: Motores eléctricos.

Anexo 12: Dimensiones bombas línea S

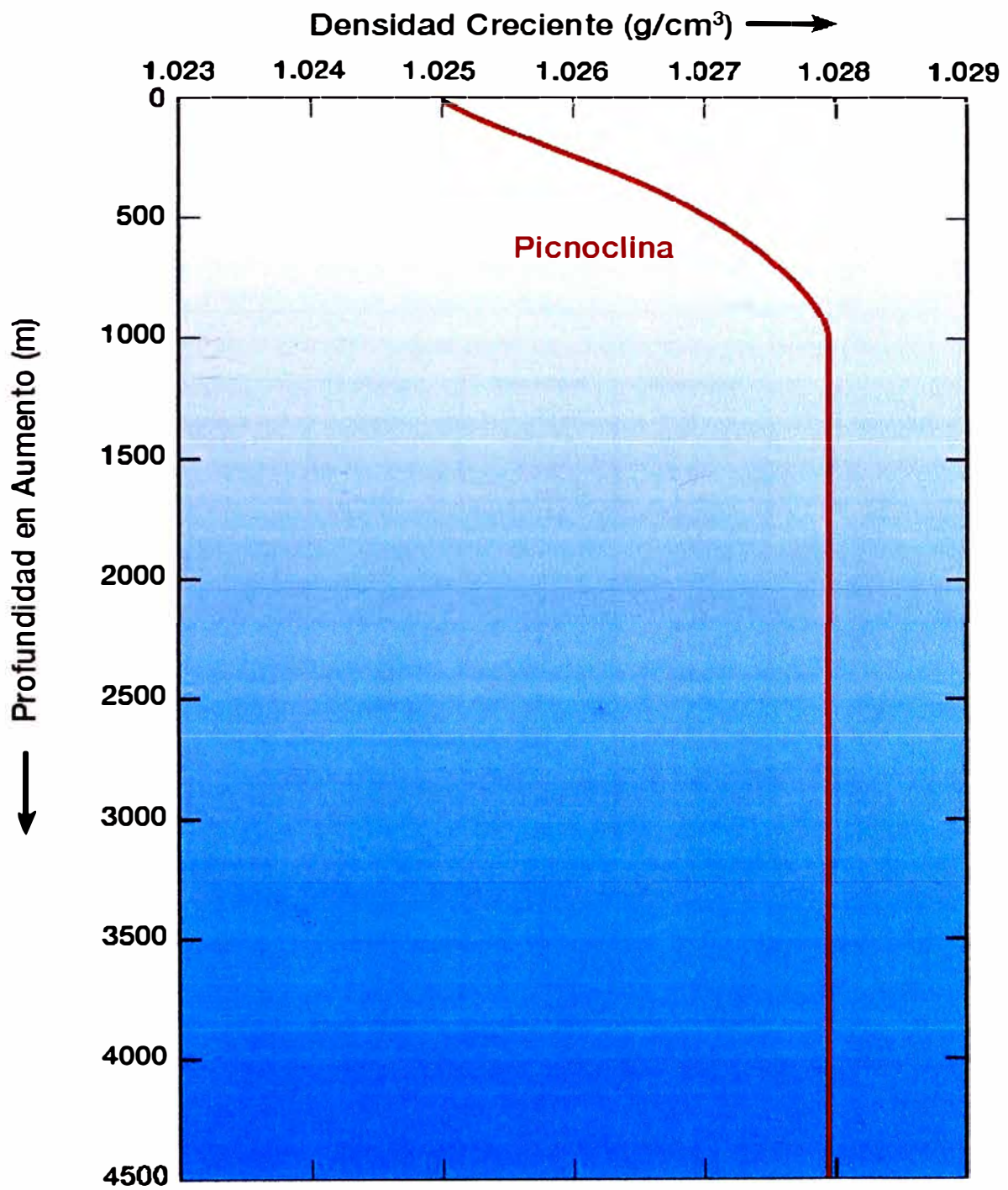
Anexo 13: Acoplamientos flexibles.

Anexo 14: Ejecuciones metalúrgicas.

Anexo 15: Corrosión galvánica.

Anexo 16: Dimensiones equipos de bombeo plantas

Anexo 17: Dimensiones y peso tuberías acero



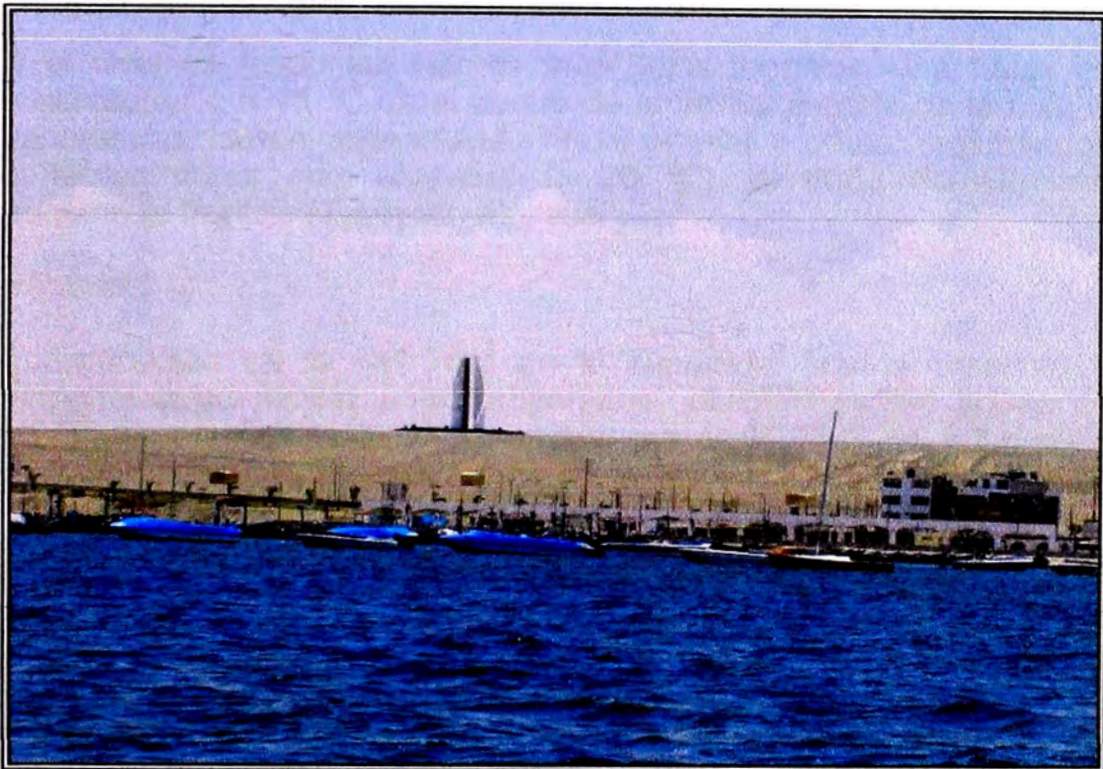
La viscosidad es afectada por dos variables: temperatura y salinidad. La viscosidad del agua aumenta con la salinidad, pero es más afectada por la disminución en temperatura, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Temp. °C	Viscosidad S = 0 ‰ $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$	Viscosidad S = 35 ‰ $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
5	1.519	1.607
6	1.472	1.561
7	1.428	1.516
8	1.386	1.474
9	1.346	1.434
10	1.308	1.395
11	1.272	1.357
12	1.237	1.321
13	1.204	1.287
14	1.172	1.254
15	1.141	1.223
16	1.112	1.192
17	1.084	1.163
18	1.057	1.135
19	1.031	1.108
20	1.007	1.082
21	0.983	1.057
22	0.96	1.033
23	0.938	1.009
24	0.917	0.988
25	0.896	0.967
26	0.876	0.946

Tabla 1.2. Relación Temperatura / Viscosidad en agua dulce y agua de mar. Fuente: Osorio Arias & Alvarez Silva, 2006

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

LABORATORIO DE PISCO



BASES TÉCNICAS PARA EL ORDENAMIENTO PESQUERO Y ACUÍCOLA DE LA BAHÍA DE PARACAS

LÍNEA BASE - 2010

Temperatura:

La temperatura superficial del mar (TSM) en la bahía de Paracas presentó valores que fluctuaron entre 15,4 y 21,3 °C. La distribución de la temperatura fue ascendente hacia el NE (isotermas de 16 °C a 20 °C), situándose las temperaturas más frías (< 16 °C) al SE de la zona denominada El Sequión; mientras que, las temperaturas más cálidas (> 20°C) se ubicaron en las inmediaciones del terminal portuario "General San Martín" y el área comprendida entre la zona industrial pesquera y la playa El Chaco (Tabla 02; Fig. 27).

El promedio de la TSM fue 18,9 °C, que es mayor en 0,5 °C al promedio mensual de octubre para el año 2009.

En el nivel de fondo los valores más bajos formaron una franja con temperaturas < a 15 °C en el centro de la bahía, a partir de la cual las temperaturas fueron ascendiendo hacia el este y oeste, registrándose las temperaturas más elevadas (> 20 °C), al norte del Complejo Pesquero la Puntilla (Tabla 02; Fig. 28).

Salinidad:

La distribución de la salinidad en la superficie marina presentó un comportamiento similar a la temperatura, ubicándose las aguas con salinidades más bajas (< 35,02 ups) al sur de El Sequión y las aguas con salinidades más elevadas (>35,10 ups) en la zona que se extiende desde el norte de Santo Domingo hasta la Puntilla (Tabla 02; Fig. 29).

Las masas de agua predominantes fueron las Aguas Costeras Frías (ACF), mientras que las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) se ubicaron solo en una franja entre El Chaco y La Puntilla; a diferencia de mediados de julio del 2009, cuando las ASS predominaron en toda el área de estudio.

El comportamiento de la salinidad en el nivel de fondo también presentó una similitud con la temperatura para ese nivel, presentando la parte central de la bahía los valores de salinidad más bajos (< 35,02 ups). En el fondo la salinidad varió de 35,009 a 35,091 ups (Tabla 02; Fig. 30).

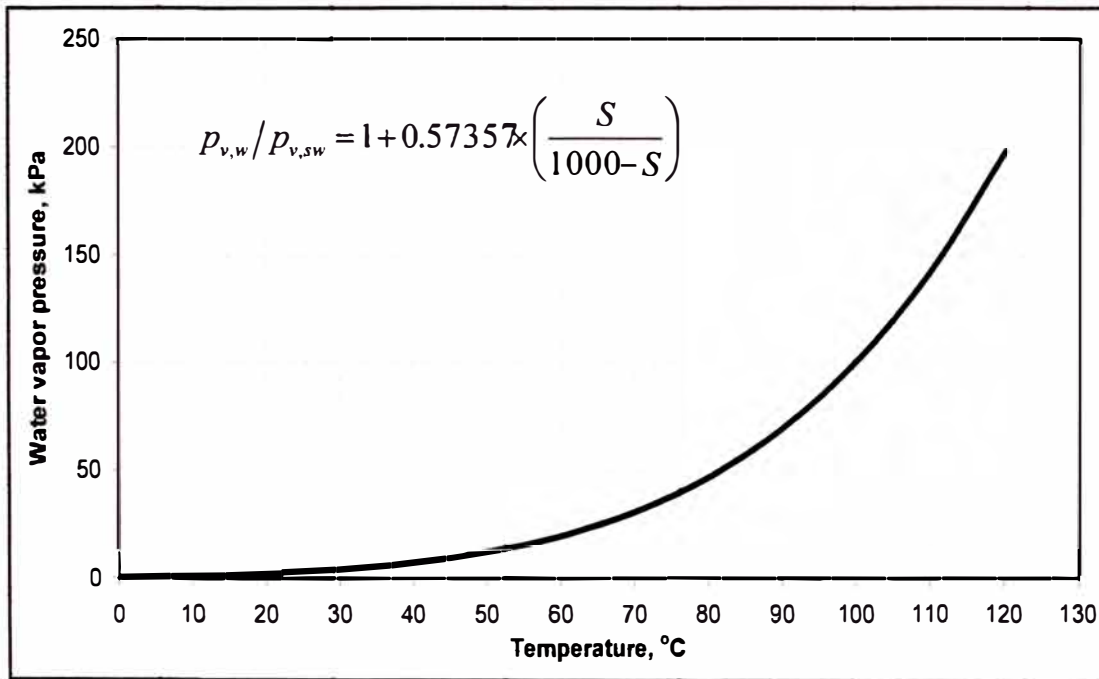
Oceanografía biológica

Los volúmenes de plancton presentaron valores altos en todas las estaciones evaluadas, registrándose volúmenes entre 1,07 mL/m³ (Est. 12) y 8,13 mL/m³ (Est. 10), con valor promedio de 4,58 mL/m³. Los volúmenes del plancton estuvieron asociados a la Temperatura Superficial del Mar (TSM) que varió de 15,7 a 21,0 °C (Tablas 02 y 03; Fig. 31).

Se han determinado 74 especies del fitoplancton marino: 37 diatomeas, 35 dinoflagelados y 02 silicoflagelados (Tabla 03). Hubo notoria

Vapor (saturation) pressure, kPa

Temp, °C	Salinity, g/kg												
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
0	0.611	0.608	0.604	0.601	0.597	0.593	0.590	0.586	0.582	0.578	0.575	0.571	0.567
10	1.228	1.221	1.214	1.207	1.199	1.192	1.185	1.177	1.170	1.162	1.154	1.147	1.139
20	2.339	2.325	2.312	2.298	2.284	2.270	2.256	2.242	2.228	2.213	2.199	2.184	2.169
30	4.247	4.222	4.197	4.172	4.147	4.122	4.096	4.070	4.044	4.018	3.992	3.965	3.938
40	7.384	7.341	7.298	7.255	7.211	7.167	7.123	7.078	7.033	6.987	6.941	6.895	6.848
50	12.351	12.279	12.207	12.135	12.062	11.988	11.914	11.839	11.763	11.687	11.610	11.532	11.454
60	19.946	19.829	19.713	19.596	19.478	19.359	19.239	19.118	18.996	18.873	18.749	18.624	18.497
70	31.201	31.018	30.837	30.654	30.470	30.284	30.096	29.907	29.716	29.523	29.329	29.133	28.935
80	47.415	47.139	46.863	46.585	46.305	46.022	45.737	45.449	45.159	44.866	44.571	44.273	43.972
90	70.182	69.776	69.368	68.957	68.542	68.124	67.701	67.276	66.846	66.413	65.975	65.534	65.089
100	101.418	100.835	100.245	99.651	99.052	98.447	97.837	97.221	96.601	95.974	95.343	94.705	94.062
110	143.376	142.558	141.725	140.884	140.037	139.182	138.320	137.450	136.572	135.687	134.793	133.892	132.982
120	198.665	197.541	196.386	195.222	194.048	192.863	191.668	190.463	189.246	188.019	186.782	185.533	184.272



Accuracy ±0.1%

4. DIMENSIONES

Tabla 4.1: Dimensiones para Tuberías PE-80, Norma ISO 4427 (tensión admisible 63 Kg/cm²)

Factor C:1,25		⁽³⁾ Relación estándar de dimensión (SDR)													
		SRD 41		SDR 33		SDR 21		SDR 17		SDR 13,6		SDR11		SDR9	
DN (mm)	⁽²⁾ DN equiv. (pulg)	⁽¹⁾ Presión Nominal PN													
		3,2 bar		4,0 bar		6,0 bar		8,0 bar		10,0 bar		12,5 bar		16 bar	
		e min. (mm)	Dm interior (mm)	e min. (mm)	Dm interior (mm)	e min. (mm)	Dm interior (mm)	e min. (mm)	Dm interior (mm)	e min. (mm)	Dm interior (mm)	e min. (mm)	Dm interior (mm)	e min. (mm)	Dm interior (mm)
20	1/2									2.3	15.4	2.3	15.4	2.3	15.4
25	1/4									2.3	20.4	2.3	20.4	2.8	19.4
32	1									2.4	27.2	3.0	26.0	3.6	24.8
40	1 1/4							2.4	35.2	3.0	34.0	3.7	32.6	4.5	31.0
50	1 1/2							3.0	44.0	3.7	42.6	4.6	40.8	5.6	38.8
63	2					3.0	57.0	3.8	55.4	4.7	53.6	5.8	51.4	7.1	48.8
75	2 1/2					3.6	67.8	4.5	66.0	5.6	63.8	6.8	61.4	8.4	58.2
90	3					4.3	81.4	5.4	79.2	6.7	76.6	8.2	73.6	10.1	69.8
110	4			3.4	103.2	5.3	99.4	6.6	96.8	8.1	93.8	10.0	90.0	12.3	85.4
160	6			4.9	150.2	7.7	144.6	9.5	141.0	11.8	136.4	14.6	130.8	17.9	124.2
200	8			6.2	187.6	9.6	180.8	11.9	176.2	14.7	170.6	18.2	163.6	22.4	155.2
250	10	6.2	237.6	7.7	234.6	11.9	226.2	14.8	220.4	18.4	213.2	22.7	204.6	27.9	194.2
315	12	7.7	299.6	9.7	295.6	15.0	285.0	18.7	277.6	23.2	268.6	28.6	257.8	35.2	244.6
355	14	8.7	337.6	10.9	333.2	16.9	321.2	21.1	312.8	26.1	302.8	32.2	290.6	39.7	275.6
400	16	9.8	380.4	12.3	375.4	19.1	361.8	23.7	352.6	29.4	341.2	36.3	327.4	44.7	310.6
450	18	11.0	428.0	13.8	422.4	21.5	407.0	26.7	396.6	33.1	383.8	40.9	368.2	50.3	349.4
500	20	12.3	475.4	15.3	469.4	23.9	452.2	29.7	440.6	36.8	426.4	45.4	409.2		
560	22	13.7	532.6	17.2	525.6	26.7	506.6	33.2	493.6	41.2	477.6				
630	24	15.4	599.2	19.3	591.4	30.0	570.0	37.4	555.2	46.3	537.4				
710	28	17.4	675.2	21.8	666.4	33.9	642.2	42.1	625.8	52.2	605.6				
800	32	19.6	760.8	24.5	751.0	38.1	723.8	47.4	705.2	58.8	682.4				
900	36	22.0	856.0	27.6	844.8	42.9	814.2	53.3	793.4						
1000	40	24.5	951.0	30.6	938.8	47.7	904.6	59.3	881.4						
1200	48	29.4	1141.2	36.7	1126.6	57.2	1085.6								
1400	54	34.3	1331.4	42.9	1314.2										
1600	64	39.2	1521.6	49.0	1502.0										

1) La presión nominal PN corresponde a la máxima presión de operación admisible pPMS, en bar, a 20°C
 2) Valores en pulgadas utilizados como referencia con la norma ASTM / ANSI B 36.10
 3) La relación SDR corresponde al cociente entre el diámetro externo y el espesor de la tubería
 Nota: La tabla se basa en la norma ISO 4427 *Table 4 – Polyethylene pipes with a design stress σ_s of 6.3 MPA

**Friction of Water
Head Losses Through Valves and Fittings**

Head losses (h_f) through valves, fittings, sudden contractions and enlargements, entrance and exit losses can be expressed in terms of the velocity head ($V^2/2g$) by using the applicable resistance coefficient (K) in the equations:

$$h_f = K \frac{V^2}{2g} = K(0.0155)V^2 = K \frac{(0.00259)gpm^2}{d^5}$$

Select applicable (K) from tables on pages 3-111 to 3-117; select (V) for average velocity in pipe of diameter required to accommodate fitting; see examples on page 3-119.

A second method of expressing head losses (h_f) through valves and fittings etc. is in terms of the equivalent length of straight pipe that will produce the same loss as calculated by the Darcy-Weisbach equation for straight pipe. (See table on page 3-120).

The applicable equations are:

$$h_f = \left(f \frac{L}{D} \right) \frac{V^2}{2g}; \quad K = f \frac{L}{D}; \quad L = \frac{KD}{f}$$

where

- d = pipe diameter—inches
- D = pipe diameter in feet
- f = friction factor (from chart, Page 3-11) for zone of complete turbulence.
- g = gravitational constant—32.174 ft/sec²
- h_f = head loss in feet of liquid
- K = resistance coefficient (from tables on pages 3-111 to 3-120) is based on test data, or extrapolated from test data; and depends on design, size and type of fitting.
- L = friction loss in pipe fittings in terms of equivalent length in feet of straight pipe (See table page 3-120).
- V = average velocity in pipe of diameter required to accommodate fitting—ft/sec.

From the above one can solve for (L) and L/D ratio using the value of K from the tables and selecting f for the zone of complete turbulence.

A third method of expressing head losses, particularly for control valves, is in terms of a flow coefficient C_v . This is defined as the flow of liquid at 60°F in gallons per minute at a pressure drop of one pound per square inch across the valve. The relationship of C_v and K is shown by the following formulas.

$$C_v = \frac{29.9 \times d^2}{\sqrt{K}} \quad \text{and} \quad K = \frac{894 \times d^4}{(C_v)^2}$$

The tables on pages 3-111 to 3-119 list K values for schedule 40 pipe in sizes up to and including 24" and are based on flows for complete turbulence.

Since the K values between pipe sizes are close, it is reasonable to interpolate between sizes if they do not correspond to schedule 40 diameters.

For K values for pipes larger than 24" it is suggested that the 24" value be used.

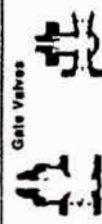
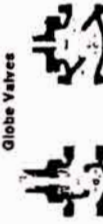

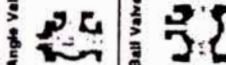
The above text and tables on pages 3-111 to 3-120 are based on material in Crane Co. Technical Paper No. 410*. Reference to this paper is suggested for more complete review of this subject.

* It should be noted that there is considerable variation in published values of resistance coefficient K for different valves and fittings.

Friction of Water (Continued)

Friction Loss in Pipe Fittings



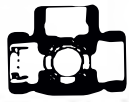


Resistance coefficient K (use in formula $h_f = K \frac{V^2}{2g}$)

Fitting	LD	Nominal pipe size												
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24	
Gate Valves 	6	0.22	0.20	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10
	340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1	0.66
Globe Valves 	55	1.48	1.38	1.27	1.21	1.16	1.05	0.99	0.94	0.83	0.77	0.72	0.66	1.80
	150	4.05	3.75	3.45	3.30	3.15	2.85	2.70	2.55	2.25	2.10	1.95	1.80	0.04
Angle Valves 	3	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04
	3	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04
Ball Valves 	3	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04

Note: Fittings are standard with full openings.

Calculated from data in Crane Co. Technical Paper No. 410.

Note: Fittings are standard with full openings.




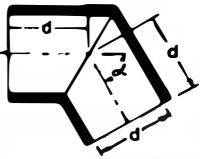
Fitting	L/D	Nominal pipe size												
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24	
		K value												
Butterfly Valve 								0.86	0.81	0.77	0.68	0.63	0.35	0.30
Plug Valve straightway 	18	0.49	0.45	0.41	0.40	0.38	0.34	0.32	0.31	0.27	0.25	0.23	0.22	
Plug Valve 3-way thru-bo 	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.67	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36	
Plug Valve branch-bo 	90	2.43	2.25	2.07	1.98	1.89	1.71	1.62	1.53	1.35	1.26	1.17	1.08	
Standard elbow 	90°	30	0.81	0.75	0.69	0.68	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	45°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	long radius 90°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19

Resistance coefficient K (use in formula $h_f = K \frac{V^2}{2g}$)

Friction of Water (Continued)
Friction Losses in Pipe Fittings

Calculated from data in Crane Co., Technical Paper No. 410.

Note: Fittings are standard with full openings.

Fitting	Type of bend	L/D	Nominal pipe size											
			1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24
			K value											
Close Return Bend 		50	1.35	1.25	1.15	1.10	1.05	0.95	0.90	0.85	0.75	0.70	0.65	0.60
Standard Tee 	thru flo	20	0.54	0.50	0.48	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.30	0.28	0.26	0.24
	thru branch	60	1.02	1.50	1.38	1.32	1.28	1.14	1.08	1.02	0.90	0.84	0.78	0.72
90° Bends, Pipe bends, flanged elbows, butt welded elbows 	r/d = 1	20	0.54	0.50	0.48	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.30	0.28	0.26	0.24
	r/d = 2	12	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14
	r/d = 3	12	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14
	r/d = 4	14	0.38	0.35	0.32	0.31	0.29	0.27	0.25	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17
	r/d = 6	17	0.46	0.43	0.39	0.37	0.36	0.32	0.31	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20
	r/d = 8	24	0.65	0.60	0.55	0.53	0.50	0.46	0.43	0.41	0.38	0.34	0.31	0.29
	r/d = 10	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	r/d = 12	34	0.92	0.85	0.78	0.75	0.71	0.65	0.61	0.58	0.51	0.48	0.44	0.41
	r/d = 14	38	1.03	0.95	0.87	0.84	0.80	0.72	0.68	0.65	0.57	0.53	0.49	0.46
	r/d = 18	42	1.13	1.05	0.97	0.92	0.88	0.80	0.76	0.71	0.63	0.59	0.55	0.50
r/d = 18	46	1.24	1.15	1.06	1.01	0.97	0.87	0.83	0.78	0.69	0.64	0.60	0.55	
r/d = 20	50	1.35	1.25	1.15	1.10	1.05	0.95	0.90	0.85	0.75	0.70	0.65	0.60	
Mitre Bends 	α = 0°	2	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
	α = 15°	4	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	
	α = 30°	8	0.22	0.20	0.18	0.18	0.17	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10
	α = 45°	15	0.41	0.38	0.35	0.33	0.32	0.29	0.27	0.26	0.23	0.21	0.20	0.18
	α = 60°	25	0.68	0.63	0.58	0.55	0.53	0.48	0.45	0.43	0.38	0.35	0.33	0.30
	α = 75°	40	1.08	1.00	0.92	0.88	0.84	0.76	0.72	0.68	0.60	0.56	0.52	0.46
	α = 90°	60	1.62	1.50	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.90	0.84	0.78	0.72






Resistance coefficient K (use in formula $h_f = K \frac{V^2}{2g}$)

Friction of Water (Continued)
Friction Losses in Pipe Fittings

Calculated from data in Crane Co., Technical Paper No. 410.



Note: Fittings are standard with full port openings.






Fitting stop-check valves	L/D	Minimum velocity for full disc lift		Nominal pipe size											
		general f/sec†	water f/sec	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-18	18-24
				K value*											
	400	55 √V	6.96	10.8	10	9.2	8.8	8.4	7.5	7.2	6.8	6.0	5.6	5.2	4.8
	200	75 √V	9.49	5.4	5	4.6	4.4	4.2	3.8	3.8	3.4	3.0	2.8	2.6	2.4
	350	60 √V	7.59	9.5	8.8	8.1	7.7	7.4	6.7	6.3	6.0	5.3	4.9	4.6	4.2
	300	60 √V	7.59	8.1	7.5	6.9	6.6	6.3	5.7	5.4	5.1	4.5	4.2	3.9	3.6
	55	140 √V	17.7	1.6	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	.94	.83	.77	.72	.66

Resistance coefficient K (use in formula $h_f = K \frac{V^2}{2g}$)

Friction of Water (Continued)
Friction Losses in Pipe Fittings

Calculated from data in Crane Co. Technical Paper No. 410.
* These K values for flow giving full disc lift. K values are higher for low flows giving partial disc lift.
† In these formulas, V, is specific volume—ft³/lb

Note: Fittings are standard with full port openings.

Fitting	L/D	Minimum velocity for full disc lift		Nominal pipe size											
		general f/sec†	water f/sec	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-18	18-24
				K value*											
 Swing check valve	100	35 √V	4.43	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2
	50	48 √V	6.08	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	.75	.70	.65	.6
 Lift check valve	600	40 √V	5.06	16.2	15	13.8	13.2	12.6	11.4	10.8	10.2	9.0	8.4	7.8	7.2
	55	140 √V	17.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	.94	.83	.77	.72	.66
 Tilting disc check valve	5°	80 √V	10.13						.76	.72	.68	.60	.56	.39	.24
	15°	30 √V	3.80						2.3	2.2	2.0	1.8	1.7	1.2	.72
 Foot valve with strainer poppet disc	420	15 √V	1.90	11.3	10.5	9.7	9.3	8.8	8.0	7.6	7.1	6.3	5.9	5.5	5.0
 Foot valve with strainer hinged disc	75	35 √V	4.43	2.0	1.9	1.7	1.7	1.7	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0	.90

Resistance coefficient K (use in formula $h_f = K \frac{V^2}{2g}$)

Friction of Water (Continued)
Friction Loss in Pipe Fittings

Calculated from data in Crane Co. Technical Paper No. 410.
* These K values for flow giving full disc lift. K values are higher for low flows giving partial disc lift.
† In these formulas, V, is specific volume—ft³/lb

Friction of Water (Continued)
Friction Loss in Pipe Fittings

Resistance coefficient (use in formula $h_f = K \frac{V^2}{2g}$)

Fitting	Description	All pipe sizes	
		K value	
Pipe exit	projecting sharp edged rounded	1.0	
Pipe entrance	inward projecting	0.78	
Pipe entrance flush	sharp edged	0.5	
	r/d = 0.02	0.28	
	r/d = 0.04	0.24	
	r/d = 0.06	0.15	
	r/d = 0.10	0.09	
	r/d = 0.15 & up	0.04	

From Crane Co. Technical Paper 410.

Friction Loss Due to Change in Pipe Size—Feet of Liquid
Loss of head in ft of liquid Based on velocity in smaller pipe

Velocity of d_1 fps	Sudden Enlargements										Sudden Contractions										Velocity of d_2 fps
	d_2/d_1										d_1/d_2										
	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1			
2	.00	.01	.02	.03	.03	.04	.05	.06	.06	.01	.01	.02	.02	.02	.03	.03	.03	.03	2		
3	.01	.02	.04	.06	.08	.10	.12	.13	.14	.01	.03	.03	.04	.05	.06	.06	.07	.07	3		
4	.01	.03	.06	.10	.14	.17	.21	.23	.24	.02	.04	.06	.08	.09	.10	.11	.12	.12	4		
5	.01	.05	.10	.16	.22	.27	.32	.36	.38	.04	.07	.10	.12	.15	.16	.18	.19	.19	5		
6	.02	.07	.15	.23	.31	.39	.48	.51	.55	.05	.10	.14	.18	.21	.23	.26	.27	.28	6		
7	.03	.10	.20	.31	.43	.53	.63	.70	.75	.07	.14	.19	.24	.29	.32	.35	.37	.38	7		
8	.04	.13	.26	.41	.56	.70	.83	.92	.97	.09	.18	.25	.32	.38	.42	.46	.48	.50	8		
9	.05	.16	.33	.52	.70	.88	1.04	1.16	1.23	.12	.23	.31	.40	.48	.53	.56	.60	.63	9		
10	.06	.20	.40	.64	.87	1.09	1.29	1.43	1.52	.15	.28	.38	.50	.59	.65	.71	.75	.77	10		
12	.08	.29	.58	.92	1.25	1.57	1.86	2.06	2.19	.21	.40	.56	.72	.85	.94	1.03	1.07	1.12	12		
15	.13	.45	.91	1.43	1.96	2.45	2.90	3.22	3.43	.33	.63	.87	1.12	1.33	1.47	1.61	1.68	1.75	15		
20	.22	.80	1.62	2.56	3.48	4.35	5.18	5.72	6.09	.59	1.12	1.55	1.99	2.36	2.61	2.86	2.98	3.10	20		
25	.35	1.28	2.53	3.98	5.44	6.80	8.06	8.94	9.52	.92	1.75	2.43	3.11	3.69	4.08	4.47	4.66	4.86	25		
30	.50	1.82	3.64	5.73	7.83	9.79	11.8	12.9	13.7	1.32	2.52	3.50	4.48	5.31	5.87	6.43	6.71	6.99	30		
40	.90	3.23	6.46	10.2	13.9	17.4	20.6	22.9	24.4	2.36	4.48	6.22	7.96	9.45	10.4	11.4	11.9	12.4	40		
K value	.036	0.13	0.26	0.41	0.56	0.70	0.83	0.92	0.96	.095	0.18	0.25	0.32	0.36	0.42	0.48	0.48	0.50	K value		

Friction of Water (Continued)

Calculated from formula $h_f = K \frac{V^2}{2g}$ For sudden enlargements $K = \left(1 - \frac{d_1^2}{d_2^2}\right)^2$ For sudden contractions $K = 0.5 \left(1 - \frac{d_1^2}{d_2^2}\right)$

Example: Assume $d_1 = 6"$, $d_2 = 10"$; velocity $d_1 = 10$ fps. $\frac{d_1}{d_2} = 0.60$
From chart: for sudden enlargements: $h_f = 0.64$ feet
from sudden contractions: $h_f = 0.50$ feet



PRODUCE

**Limites Máximos Permisibles (LMP)
para la Industria de Harina y Aceite de
Pescado y Normas Complementarias**DECRETO SUPREMO
N° 010-2008-PRODUCE

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

CONSIDERANDO

Que, el artículo 33°, inciso 1, de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, establece que la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores, elabora o encarga las propuestas correspondientes, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo.

Que, el artículo 1° de la Ley N° 28817, Ley que establece plazos para la elaboración y aprobación de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de Límites Máximos Permisibles (LMP) de Contaminación Ambiental, dispone que la Autoridad Ambiental Nacional, que dirige el proceso de elaboración y revisión de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), culminará dicho proceso en un plazo no mayor de dos (2) años, contados a partir de la vigencia de la referida Ley.

Que, el artículo 6° del Decreto Ley N° 25977, Ley General de Pesca, establece que el Estado, dentro del marco regulador de la actividad pesquera, vela por la protección y preservación del ambiente, exigiendo que se adopten las medidas necesarias para prevenir, reducir y controlar los daños o riesgos de contaminación o deterioro en el entorno marítimo, terrestre y atmosférico.

Que, el artículo 78° del Reglamento de la Ley General de Pesca, aprobado por Decreto Supremo N° 012-2001-PE, establece que los titulares de las actividades pesqueras y acuícolas son responsables de los efluentes, emisiones, ruido y disposición de desechos que generen o que se produzcan como resultado de los procesos efectuados

en sus instalaciones, norma que es concordante con los artículos 76° y 101° de la Ley General del Ambiente.

Que, los impactos ambientales del Sub Sector Pesquero están asociados con las descargas de efluentes industriales al cuerpo receptor, por lo que los Límites Máximos Permisibles (LMP) y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) son instrumentos de gestión ambiental que permiten la convivencia entre diferentes actividades productivas, la salud humana y, a su vez, asegurar la calidad del cuerpo receptor.

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 32° de la Ley General del Ambiente, el Límite Máximo Permisible es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente, siendo su cumplimiento exigible legalmente por la respectiva autoridad competente, según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

Que, el Protocolo de Monitoreo de Efluentes Líquidos y Cuerpo Manto Receptor, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 003-2002-PE, constituye un importante instrumento de gestión y de uso actual para el control y seguimiento de la presente norma.

Que, es prioritario el establecimiento de Límites Máximos Permisibles para los efluentes pesqueros debiendo fijarse como parámetros a ser regulados Aceites y Grasas (A y G), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y acidez o alcalinidad (pH).

De conformidad con lo dispuesto en la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 y en la Ley General de Pesca, Decreto Ley N° 25977, y

En uso de las facultades contenidas por el artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

DECRETA

Artículo 1°. - Límites Máximos Permisibles (LMP) para Efluentes de la Industria de Harina y Aceite de Pescado

1.1 Apruébese los Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de la Industria de Harina y Aceite de Pescado, de acuerdo a la Tabla N° 01 siguiente y el Glosario de Términos, que en Anexo 01, forma parte del presente Decreto Supremo.

TABLA N° 01

PARAMETROS CONTAMINANTES	I	II	III	MÉTODO DE ANÁLISIS	FORMATO
	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE LOS EFLUENTES QUE SERÁN VERTIDOS DENTRO DE LA ZONA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL LITORAL (a)	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE LOS EFLUENTES QUE SERÁN VERTIDOS FUERA DE LA ZONA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL LITORAL (a)	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE LOS EFLUENTES QUE SERÁN VERTIDOS FUERA DE LA ZONA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL LITORAL (b)		
Aceites y Grasas (A y G)	20 mg/l	1.5*10 ² mg/l	0.35*10 ³ mg/L	Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 20 ^a Ed Method 5520D Washington, o Equipo Automático Extractor Soxhlet	Los valores consisten en el promedio diario de un mínimo de tres muestras de un compuesto según se establece en la Resolución Ministerial N° 003-2002-PE
Sólidos suspendidos Totales (SST)	100 mg/l	2.5*10 ² mg/l	0.70*10 ² mg/L	Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20 ^a Ed Part 2540D Washington	
pH	6 - 9	5 - 9	5 - 9	Protocolo de Monitoreo aprobado por Resolución Ministerial N° 003-2002-PE	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	≤ 60 mg/l	(c)	(c)	Resolución Ministerial N° 003-2002-PE (d)	

- (a) La Zona de Protección Ambiental Litoral establecida en la presente norma es para uso pesquero.
 (b) De obligatorio cumplimiento a partir de los dos (2) años posteriores a la fecha en que sean exigibles los LMP señalados en la columna anterior.
 (c) Ver Segunda Disposición Complementaria y Transitoria.
 (d) El Protocolo de Monitoreo será actualizado.



1.2 El establecimiento de los parámetros considerados en la Tabla N° 01 no exime que las autoridades competentes puedan solicitar el análisis de otros parámetros químicos y/o biológicos que considere pertinentes, cuando existan indicios de contaminación en el cuerpo marino.

Artículo 2° - Obligatoriedad de los Límites Máximos Permisibles (LMP)

2.1 Los LMP establecidos en el artículo anterior, son de cumplimiento obligatorio para los establecimientos industriales pesqueros o plantas de procesamiento nuevos y para aquellos que se reubiquen, desde el día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano. Ningún establecimiento industrial pesquero o planta de procesamiento podrá operar si no cumple con los LMP señalados en la Tabla N° 01 de la presente norma, conforme al proceso de aplicación inmediata o gradual dispuesto en el texto del presente Decreto Supremo.

2.2 Los titulares de los establecimientos industriales pesqueros deben contar con un adecuado sistema integrado de tratamiento y disposición final de los efluentes generados el cual debe considerar aspectos técnicos hidroceanográficos y otros tales como la configuración de las bahías, ensenadas o caletas, el régimen de corrientes, batimetría, vientos, mareas, el caudal de los efluentes, la distancia y profundidad de las cargas vertidas al cuerpo de agua entre otros.

2.3 Para cumplir los LMP establecidos en el artículo 1° los titulares de los establecimientos industriales pesqueros deberán implementar sistemas de tratamiento químico, bioquímico u otros complementarios al tratamiento físico. En los casos en que la disposición final de los efluentes se realice mediante emisarios submareos fuera de la zona de protección ambiental litoral, estos deberán tener un difusor al final del emisario, a una distancia y profundidad suficientes para garantizar una adecuada dilución bajo las condiciones técnicas a fin de que guarden consistencia y coherencia con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

2.4 En los casos de concentración de dos (2) o más establecimientos pesqueros por zona, la instalación de emisarios comunes será regulada por las normas complementarias que dicte el Ministerio de la Producción.

2.5 Para aquellos casos en los cuales no sea técnicamente factible la instalación de emisarios submareos, se deberá realizar el tratamiento bioquímico y/o biológico de efluentes en tierra y cumplir con los LMP establecidos en el artículo 1° para los efluentes que serán vertidos dentro de la zona de protección ambiental litoral.

2.6 La longitud del emisario submarino estará determinada por los factores de diseño del dispositivo que asegure el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental.

Artículo 3° - Prohibición de Descarga de Efluentes
Para los casos de establecimientos industriales pesqueros nuevos o aquellos que se reubiquen, la autoridad competente no autorizará descargas en las zonas que por sus características o fragilidad ambiental, no lo permitan, tales como: Humedales marino-costeros, Estuarios, Bañeros, Loberas, Áreas Naturales Protegidas, zona cercanas a Islas y Puntas Guaneras, Cuerpos de agua con restringida circulación o escasa capacidad de renovación de sus aguas o condiciones de degradación ambiental entre otros, lo que será comunicado a la Autoridad Ambiental Nacional.

Artículo 4° - Vigilancia y la Fiscalización

4.1 Para vigilar el cumplimiento de los LMP se debe considerar el Protocolo de Monitoreo de Efluentes Líquidos y Cuerpo Marino Receptor, aprobado por Resolución Ministerial N° 003-2002-PE y los métodos de análisis indicados en el artículo 1° del presente Decreto Supremo.

4.2 El Procedimiento de Toma de Muestras se inicia con la inspección inopinada y obtención de muestras, las cuales se componen de un promedio diario según los métodos mencionados en el Protocolo de Monitoreo. Para efectos de la presente norma, para obtener el promedio diario se requiere como mínimo tres (03) muestras por día y durante tres días de una temporada de pesca. Sobre la base de dicho promedio se establece el cumplimiento o incumplimiento de los LMP.

4.3 La fiscalización del cumplimiento de los LMP se realiza en el marco del Reglamento de Inspecciones y Sanciones Pesqueras y Acuícolas (RISPAC), aprobado por Decreto Supremo N° 016-2007-PRODUCE.

Artículo 5° - Sanciones

El administrado será pasible de sanción si incumple con lo establecido en la presente norma, de conformidad con lo dispuesto en el Reglamento de Inspecciones y Sanciones Pesqueras y Acuícolas (RISPAC).

Artículo 6° - Coordinación interinstitucional

Si en el ejercicio de sus funciones de supervisión y vigilancia, las autoridades competentes tomarán conocimiento de la comisión de una infracción ambiental cuya sanción no es de su competencia, deberán informar a la autoridad competente o en su defecto al Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), adjuntando los documentos que correspondan, sin perjuicio de ejercer las funciones preventivas que le correspondan de acuerdo a ley.

Artículo 7° - Aprobación de la actualización del Plan de Manejo Ambiental para alcanzar los LMP para Efluentes Pesqueros

Ningún establecimiento industrial pesquero podrá seguir operando si no cuenta con la actualización de su Plan de Manejo Ambiental aprobado y vigente para la implementación de los LMP, establecidos en el artículo 1°, y de acuerdo al plazo señalado en la primera disposición complementaria, final y transitoria de la presente norma.

Artículo 8° - Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Presidente del Consejo de Ministros y el Ministro de la Producción.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS, FINALES Y TRANSITORIAS

PRIMERA DISPOSICIÓN

1. El Ministerio de la Producción, en un plazo no mayor de tres (03) meses contados a partir del día siguiente de la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, aprobará una Guía para la Actualización del Plan de Manejo Ambiental para que los administrados alcancen el cumplimiento de los LMP de sus efluentes pesqueros en concordancia con su EIA o PAMA.

Los administrados presentarán sus expedientes dentro de los dos (02) meses siguientes a la publicación de la Guía para la Actualización del Plan de Manejo Ambiental, los mismos que serán evaluados en un plazo no mayor de cinco (05) meses. Asimismo, se deberá considerar el establecimiento de garantías de fiel cumplimiento.

2. La actualización del Plan de Manejo Ambiental deberá contener objetivos de desempeño ambiental explícitos, metas y un cronograma de avance de cumplimiento, así como las medidas de prevención, control y mitigación de los posibles impactos al cuerpo receptor.

3. El incumplimiento de las obligaciones definidas en el Plan de Manejo Ambiental para el cumplimiento de los LMP para efluentes pesqueros será sancionado administrativamente, independientemente de la responsabilidad civil o penal a que haya a lugar.

4. Los LMP son exigibles a los establecimientos industriales pesqueros con actividades en curso de acuerdo con las obligaciones establecidas en la presente norma, referida a la actualización del Plan de Manejo Ambiental para alcanzar los LMP de sus efluentes en concordancia con su EIA o PAMA aprobados. La actualización del Plan de Manejo Ambiental contemplará un periodo de adecuación para cumplir con los LMP establecidos en la columna II de la Tabla N° 1 del artículo 1° en un plazo no mayor de cuatro (04) años, contados a partir de la aprobación de los refendos planes de actualización por parte del Ministerio de la Producción.

De igual forma, para la implementación de los LMP contenidos en la columna III de la Tabla N° 1 del artículo 1° del presente Decreto Supremo, se contemplará un periodo de adecuación adicional no mayor de dos (2) años.

5. Las obligaciones establecidas en la actualización del Plan de Manejo Ambiental para alcanzar los Límites Máximos Permisibles para efluentes pesqueros, son

complementarias a las obligaciones establecidas en los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) y los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) aprobados con anterioridad a la presente norma

SEGUNDA DISPOSICIÓN

En un periodo de dos (2) años a partir de la publicación de esta norma, se deberá establecer el valor del Límite Máximo Permisible para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) para efluentes pesqueros fuera de la zona de protección ambiental litoral a fin de completar la Tabla N° 1 y cumplir con lo establecido en la Primera Disposición Complementaria y Transitoria respecto a los plazos para su implementación.

Corresponde a la Autoridad Ambiental Nacional dirigir el proceso de elaboración de dicho Límite Máximo Permisible.

TERCERA DISPOSICIÓN

Incorpórese los numerales 87, 88, 89 y 90 al artículo 134° del Reglamento de la Ley General de Pesca, Decreto Supremo N° 012-2001-PE, conforme al siguiente texto:

87 El incumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes para los establecimientos industriales pesqueros o plantas de procesamiento nuevas o para aquellas que se reubiquen.

88 El incumplimiento de las obligaciones y compromisos ambientales establecidos en la actualización del Plan de Manejo Ambiental para el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) dentro de la zona de protección ambiental litoral.

89 El incumplimiento de las obligaciones y compromisos ambientales establecidos en la actualización del Plan de Manejo Ambiental para el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) fuera de la zona de protección ambiental litoral.

90 Descargar efluentes pesqueros en zonas no autorizadas por el Ministerio de la Producción.

CUARTA DISPOSICIÓN

Incorpórese los Códigos 87, 88, 89 y 90 al Cuadro de Sanciones establecido por el Reglamento de Inspecciones y Sanciones Pesqueras y Acuícolas (RISPAC), aprobado por el Decreto Supremo N° 016-2007-PRODUCE, según el siguiente texto:

Código	Infracción	Medida Cautelar	Sanción	Determinación de la Sanción
87	Incumplir la obligación de no exceder los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes para los establecimientos industriales pesqueros o plantas de procesamiento nuevas o para aquellas que se reubiquen.	Suspensión de la licencia de operación hasta que cumpla con el LMP.	Multa	Doce (02) UIT por tonelada de Capacidad Instalada.

Código	Infracción	Medida Cautelar	Sanción	Determinación de la Sanción
88	Incumplir las obligaciones y compromisos ambientales establecidos en la actualización del Plan de Manejo Ambiental para el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) dentro de la zona de protección ambiental litoral.	Suspensión de la licencia de operación hasta que cumpla las obligaciones y compromisos ambientales establecidos.	Multa	Tres (03) UIT por tonelada de Capacidad Instalada.

Código	Infracción	Medida Cautelar	Sanción	Determinación de la Sanción
89	El incumplimiento de las obligaciones y compromisos ambientales establecidos en la actualización del Plan de Manejo Ambiental para el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) fuera de la zona de protección ambiental litoral.	Suspensión de la licencia de operación hasta que cumpla las obligaciones y compromisos ambientales establecidos.	Multa	Una (01) UIT por tonelada de Capacidad Instalada.

Código	Infracción	Medida Cautelar	Sanción	Determinación de la Sanción
90	Descargar efluentes pesqueros en zonas no autorizadas por el Ministerio de la Producción.	Suspensión inmediata de la actividad.	Multa	Cinco (05) UIT por tonelada de Capacidad Instalada.

QUINTA DISPOSICIÓN

Mediante Decreto Supremo refrendando por los Ministros de Defensa y de la Producción, en un plazo no mayor de dieciocho (18) meses, contados a partir de la publicación de la presente norma, se fijará la Zona de Protección Ambiental Litoral en aquellos lugares donde existan establecimientos industriales pesqueros. El Ministro de Relaciones Exteriores refrendará dicho Decreto Supremo cuando se encuentren involucrados establecimientos industriales pesqueros ubicados en provincias limítrofes con otros países.

En aquellos casos en que el establecimiento pesquero se reubique en un lugar en el cual no se tenga determinada la Zona de Protección Ambiental Litoral, el costo del estudio técnico para su determinación, será asumido por el administrado o solicitante y aprobado por la Autoridad Marítima.

SEXTA DISPOSICIÓN

El Ministerio de la Producción emitirá mediante Resoluciones Ministeriales las normas complementarias para la aplicación del presente Decreto Supremo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintiocho días del mes de abril del año dos mil ocho.

ALAN GARCÍA PÉREZ
 Presidente Constitucional de la República

JORGE DEL CASTILLO GÁLVEZ
 Presidente del Consejo de Ministros

RAFAEL REY REY
 Ministro de la Producción

ANEXO 01

Glosario de Términos

Emisario Submarino:

Consiste de un ducto que de acuerdo a la necesidad tiene diferentes longitudes, es una opción para la disposición final de los efluentes residuales (pesqueros, domésticos y otros de origen orgánico) previamente tratados. Deben ser instalados bajo estudios técnicos científicos para determinar la velocidad de las corrientes mareas, densidad del agua de mar a diferentes profundidades, temperatura, batimetría del fondo marino y la orientación de las corrientes; dichos parámetros permitirán obtener una dispersión efectiva de los contaminantes fuera de la zona de protección ambiental litoral.

Zona de Protección ambiental litoral:

Es un ámbito territorial de aplicación de la presente norma que corresponde a la franja de playa, agua y fondo de mar adyacente a la costa continental o insular, delimitada por una línea superficial imaginaria, medida desde la línea de baja marea de sicigia, que se orienta paralela a ésta y que se proyecta hasta el fondo del cuerpo de agua, fijada de conformidad a la siguiente fórmula:

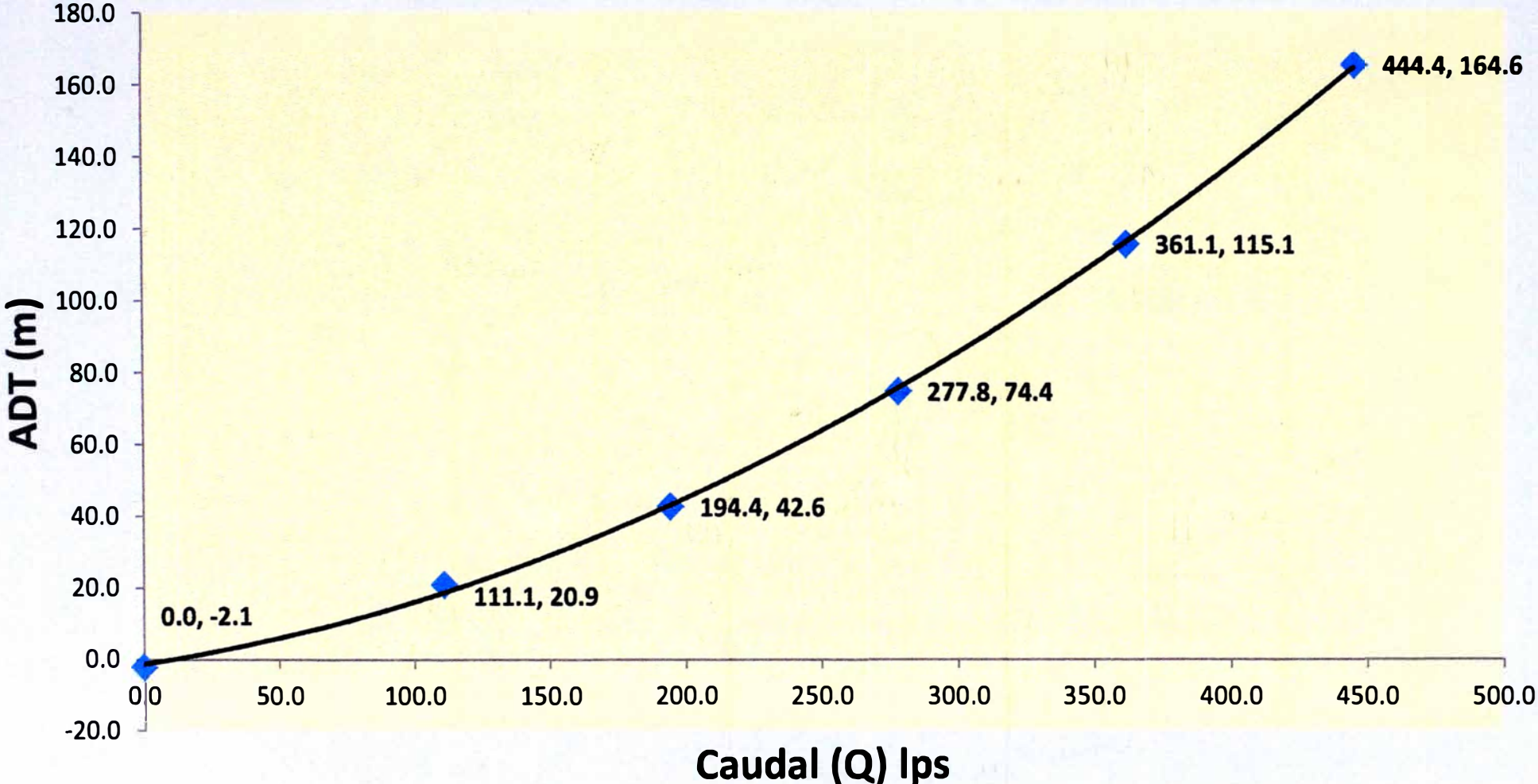
$$A = \{(1.28 \times H_b) / m\} \times 1.6$$

En la que,

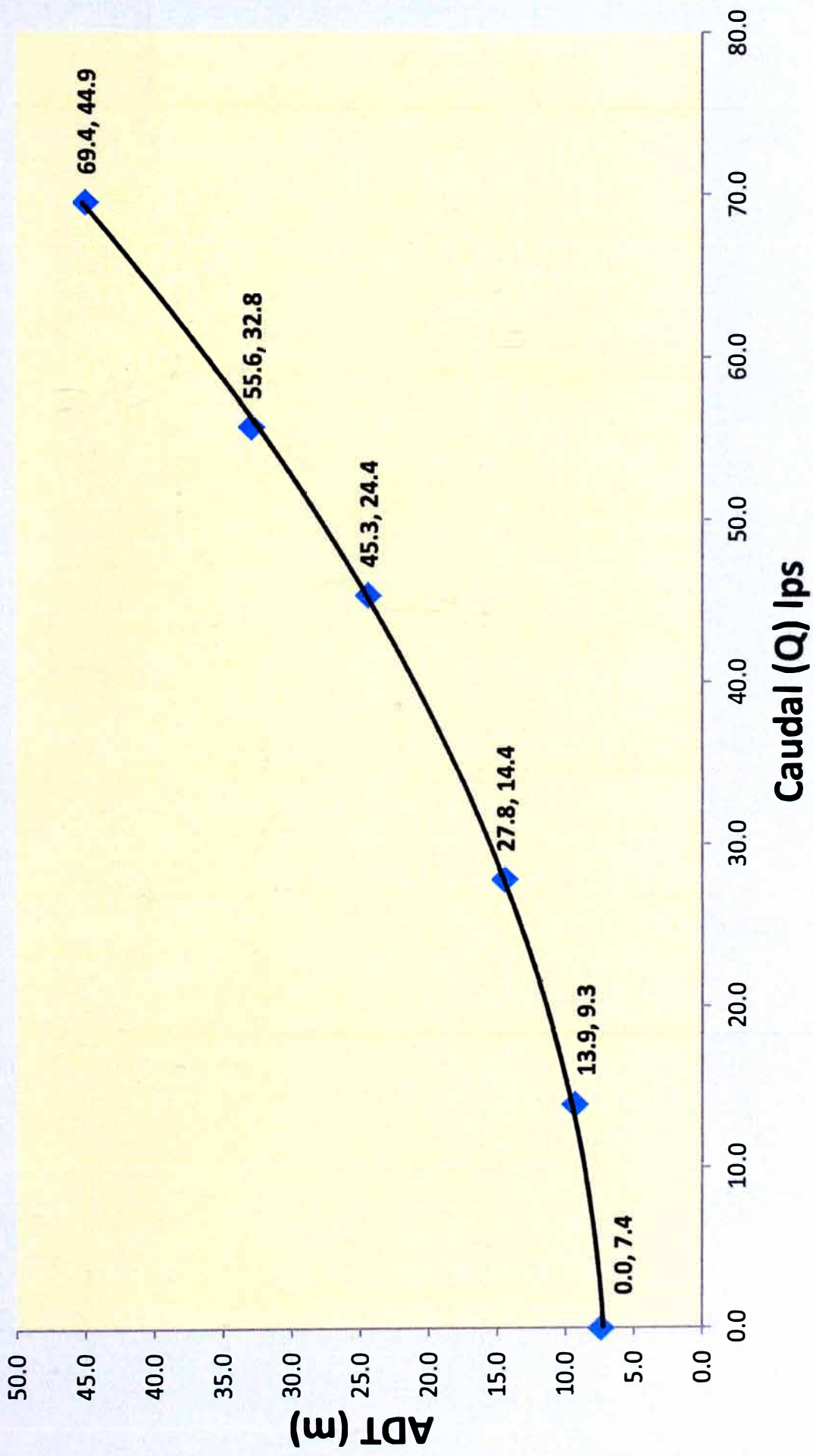
H_b = altura media de la rompiente (m.)
 m = pendiente del fondo
 A = ancho zona de protección ambiental litoral (m.)

Para el cálculo de H_b se deberá utilizar el método Hind Casting.

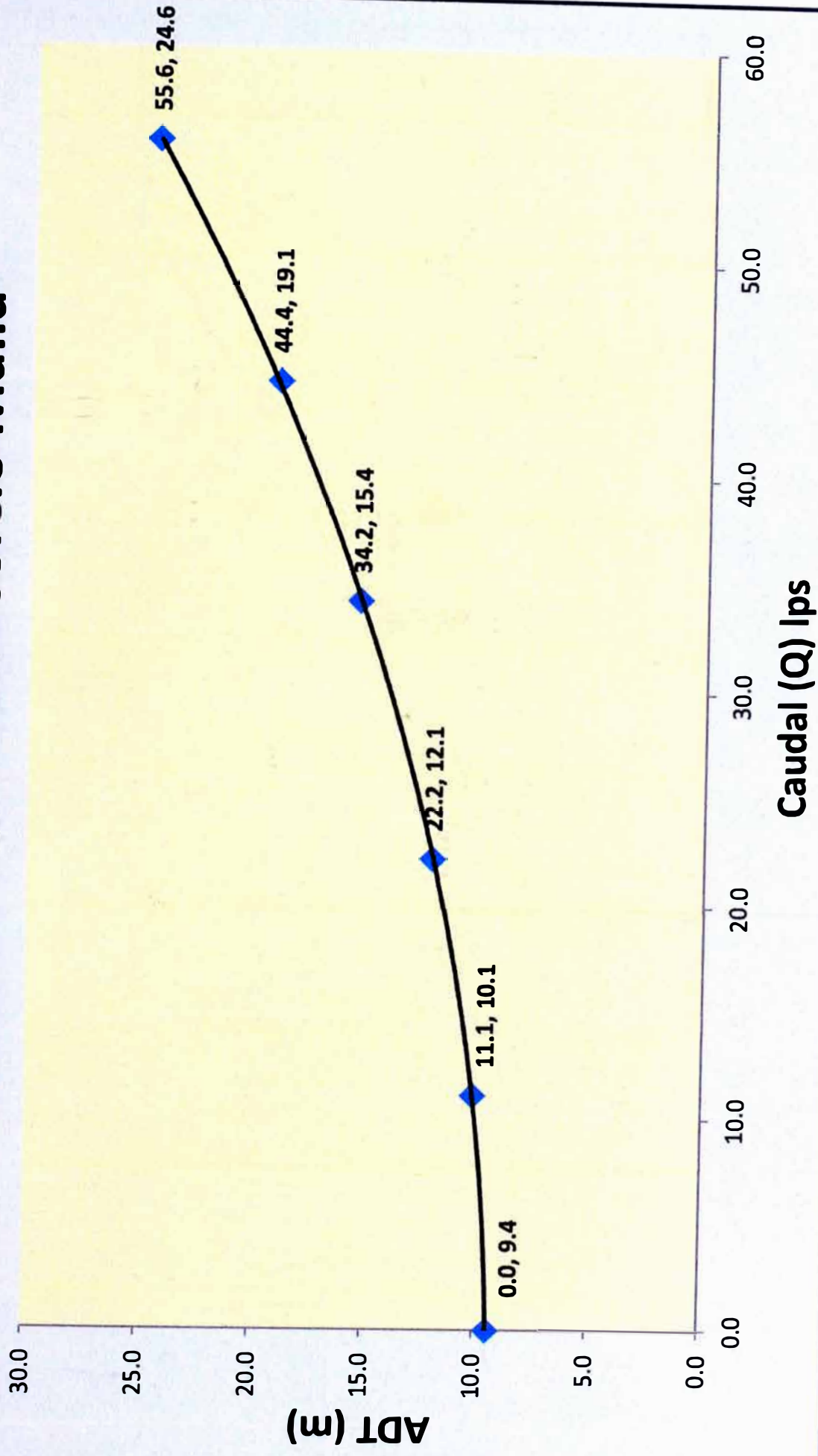
Curva del Sistema Apropisco



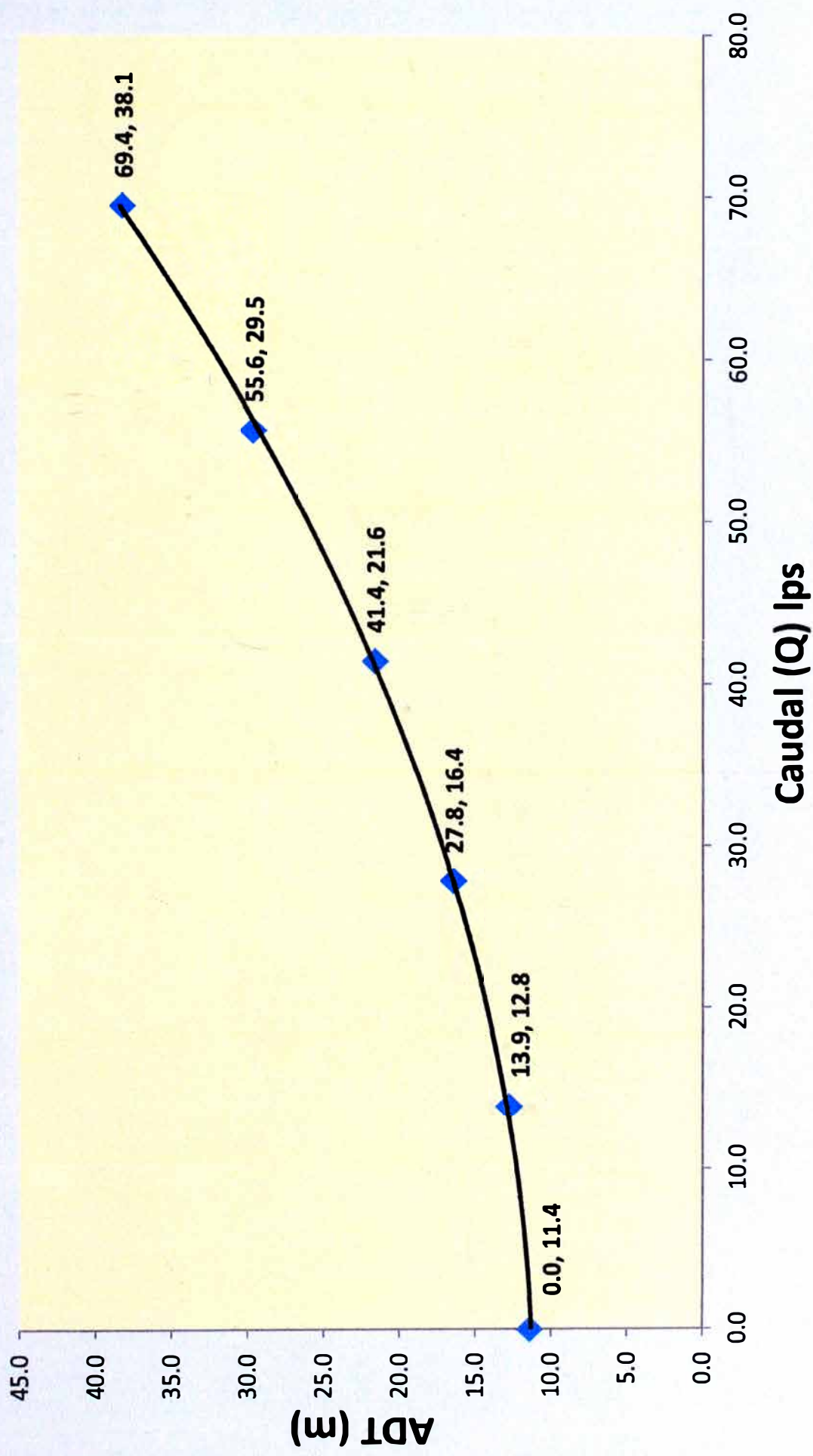
Curva del Sistema Austral Group



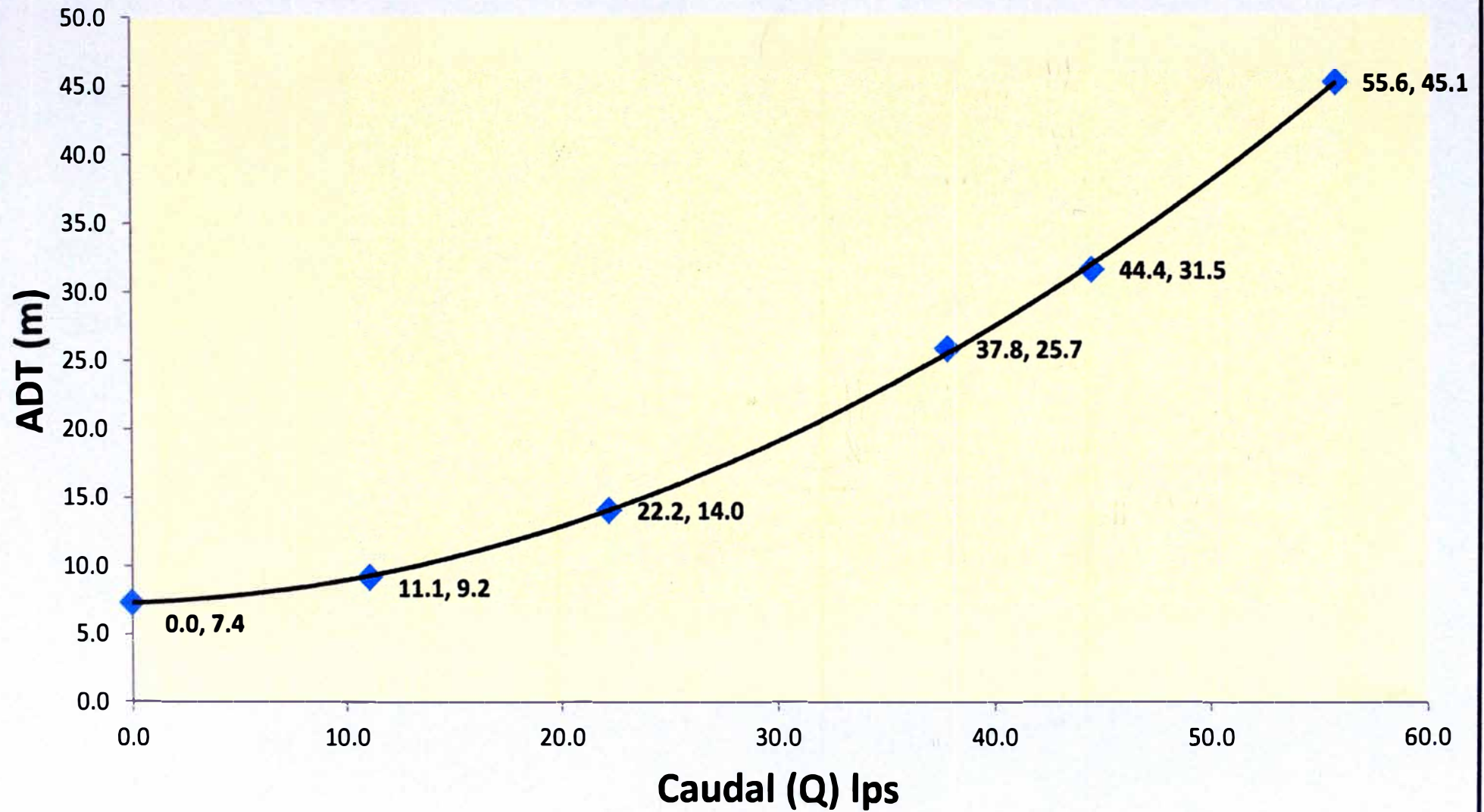
Curva del Sistema Consorcio Malla



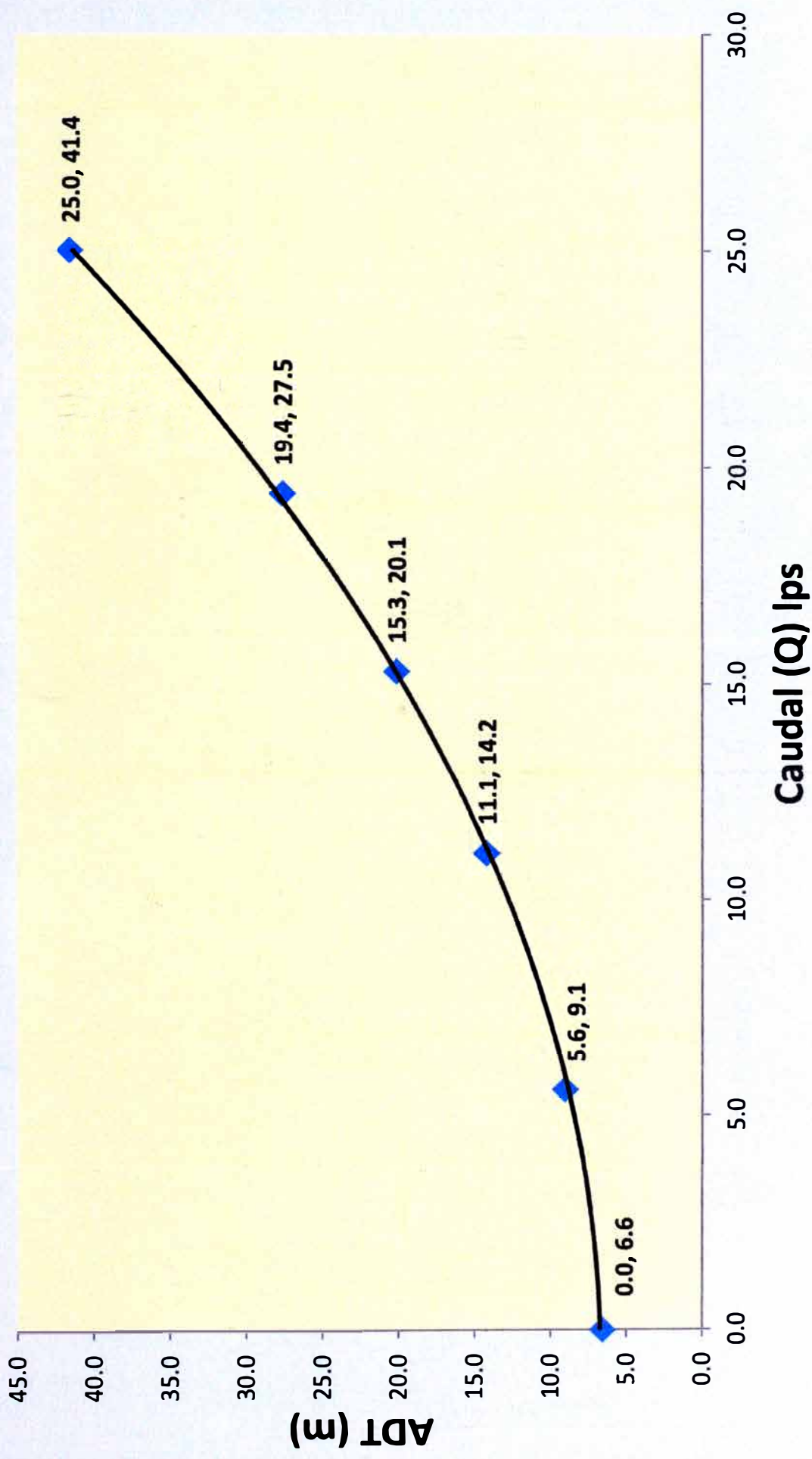
Curva del Sistema Epesca



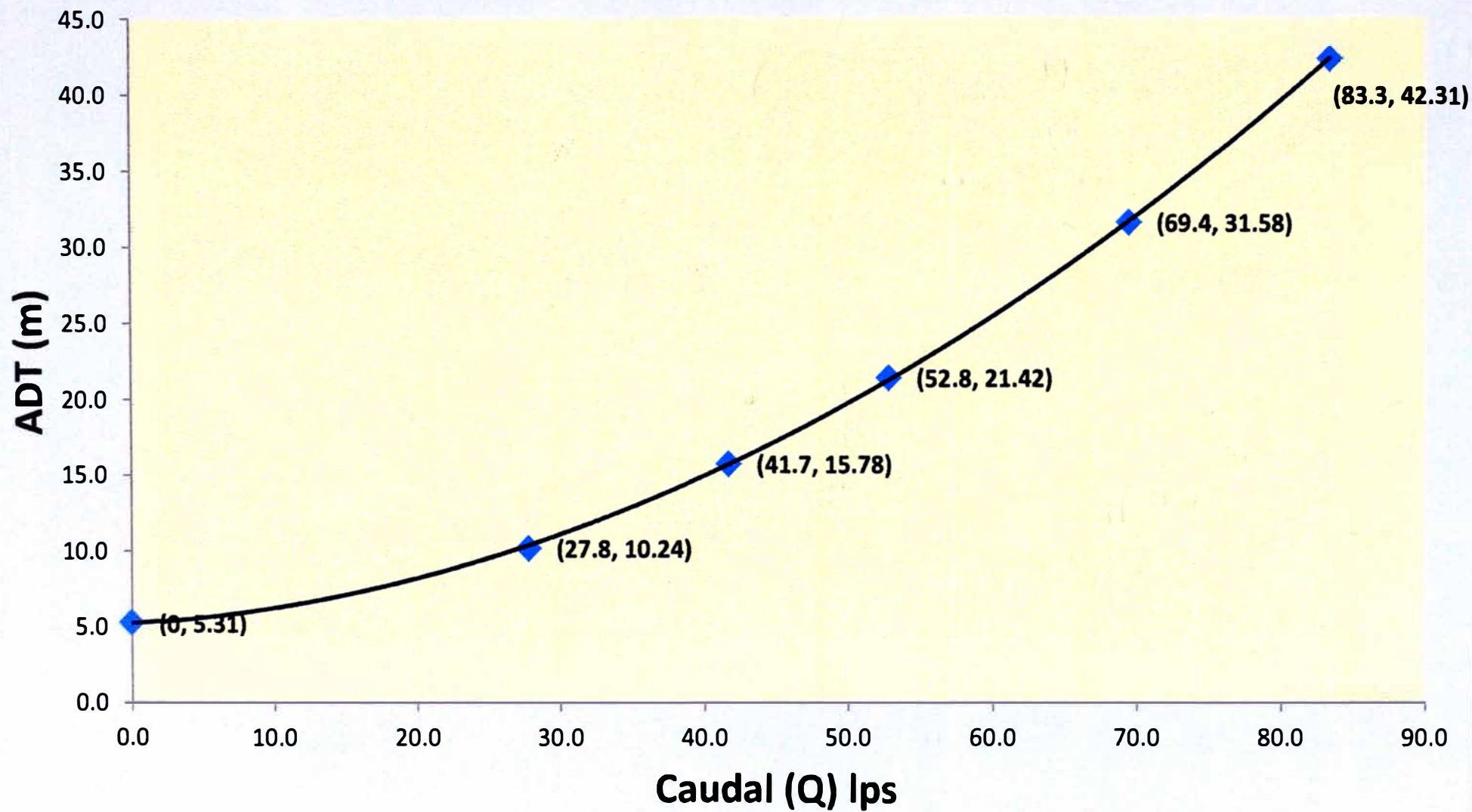
Curva del Sistema Pesquera Diamante



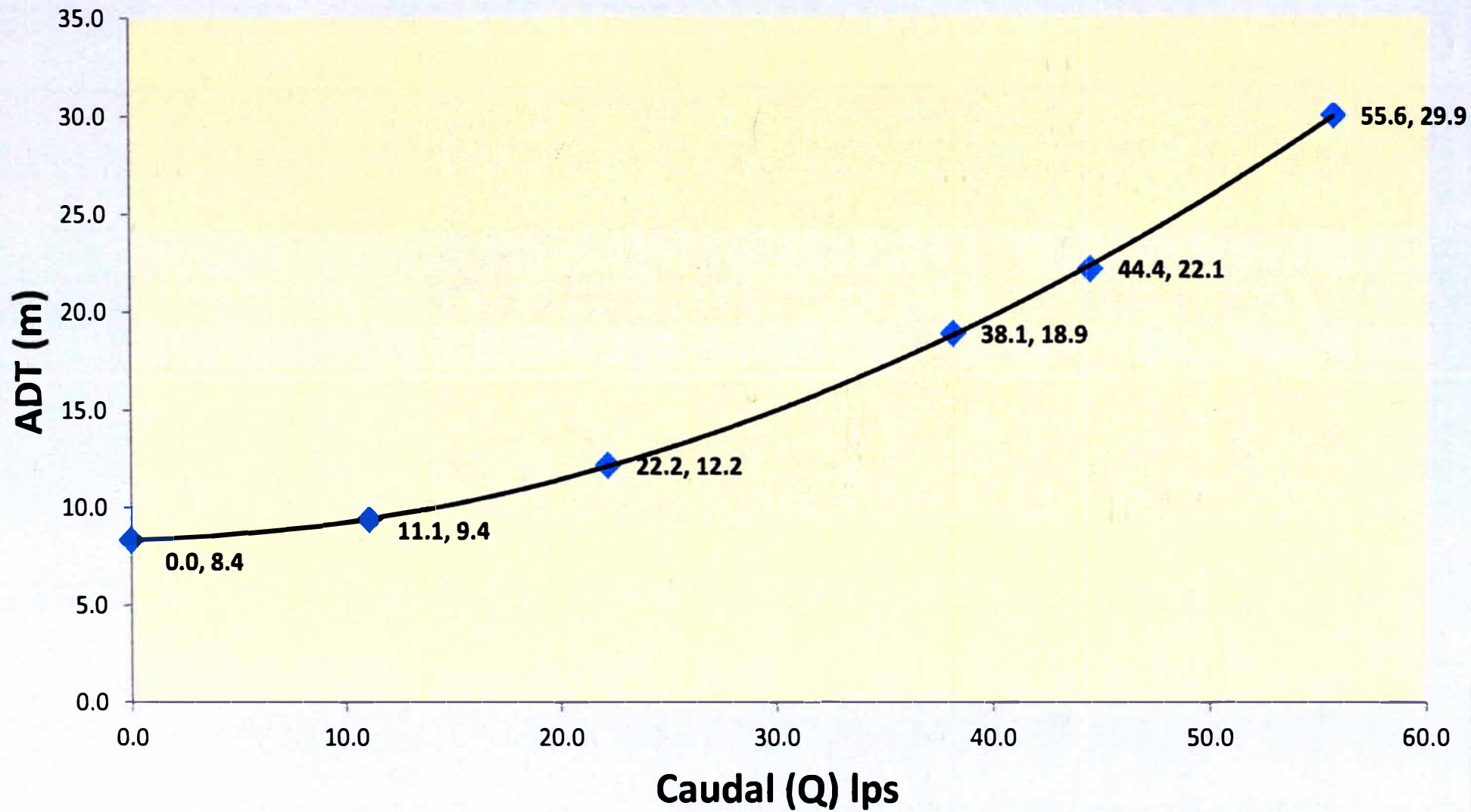
Curva del Sistema Prisco



Curva del Sistema Sipesa

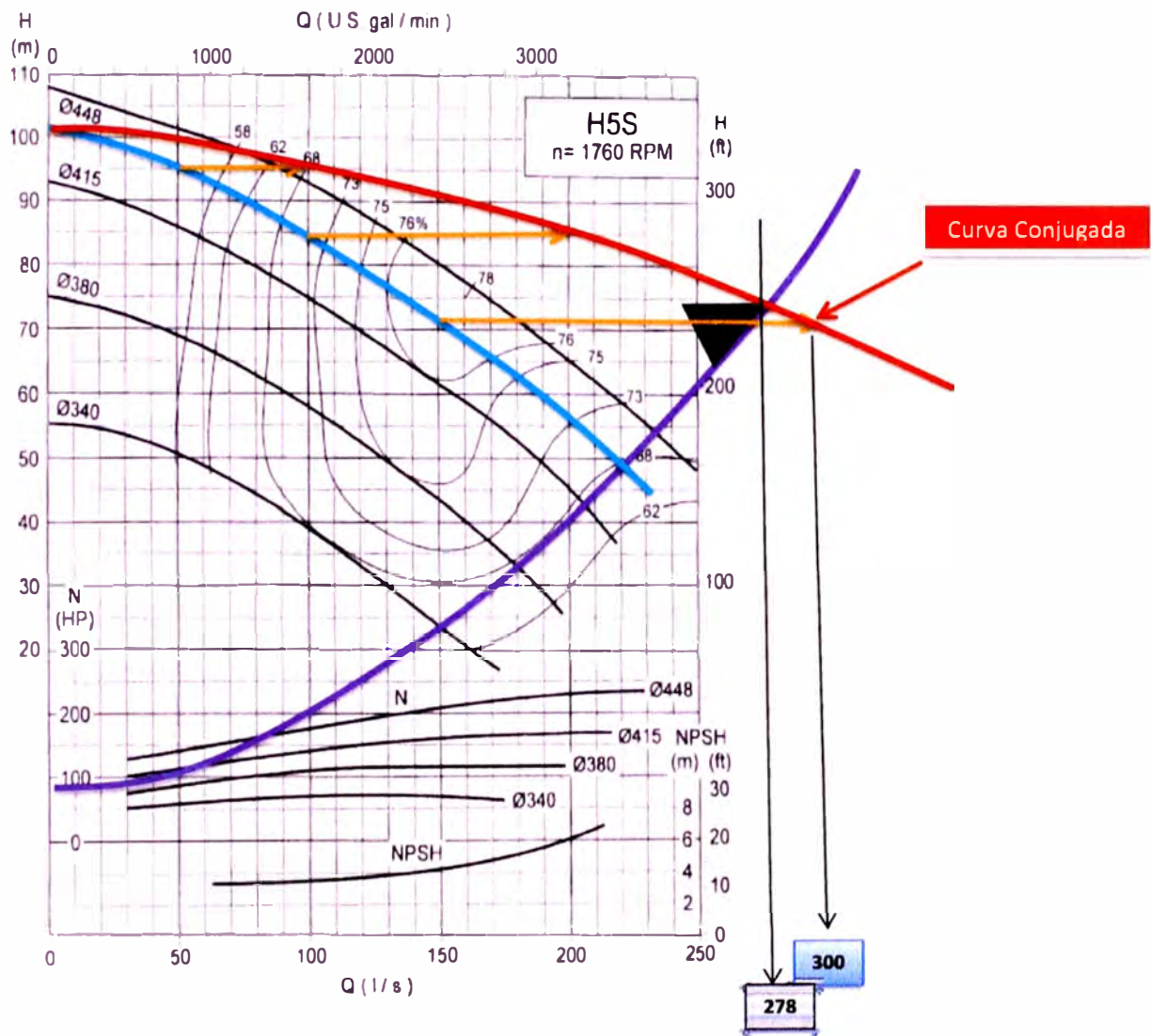


Curva del Sistema Tecnológica de Alimentos

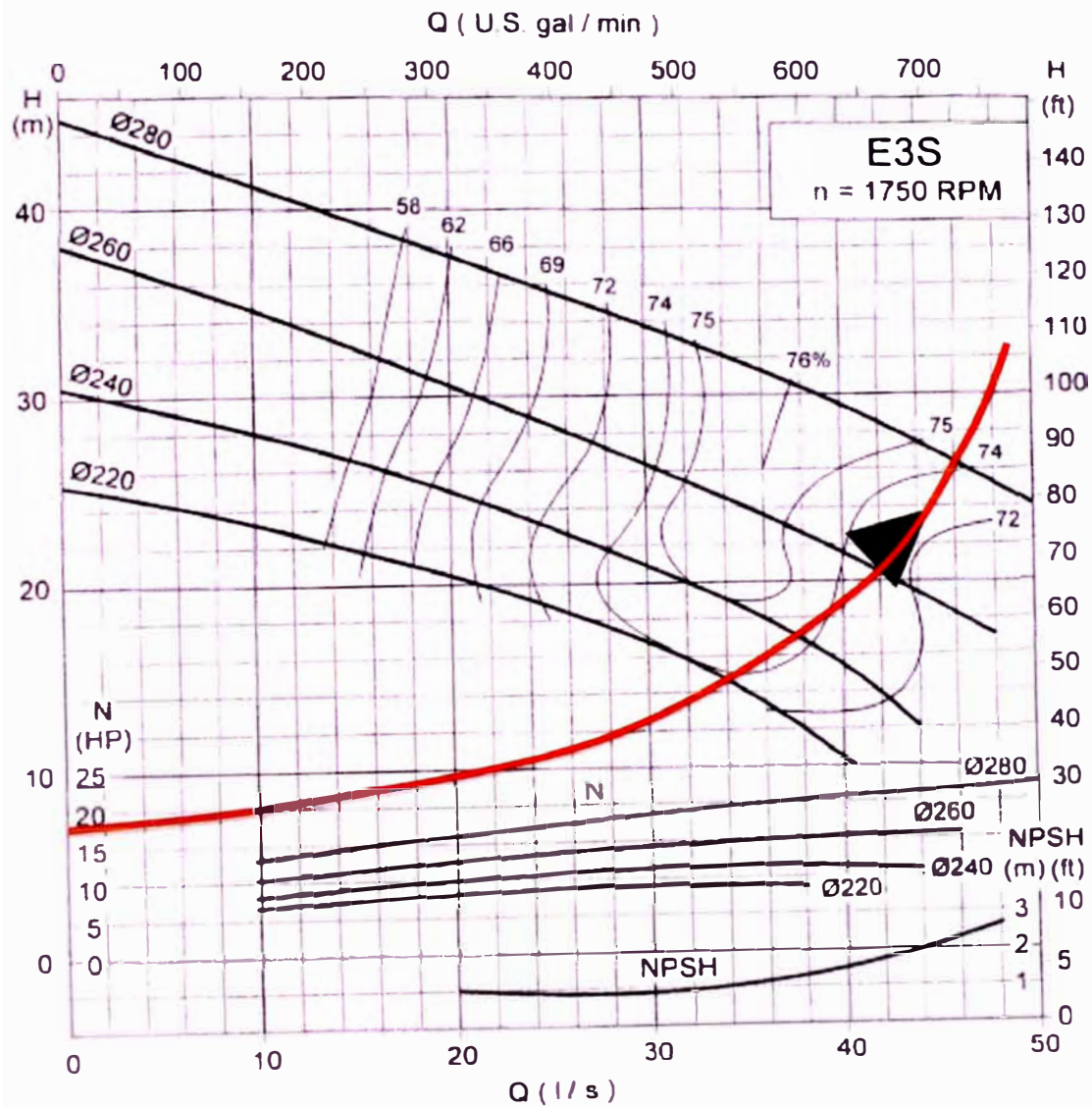


EQUIVALENCIAS DE PRESION ATMOSFERICA SEGÚN LA ALTITUD

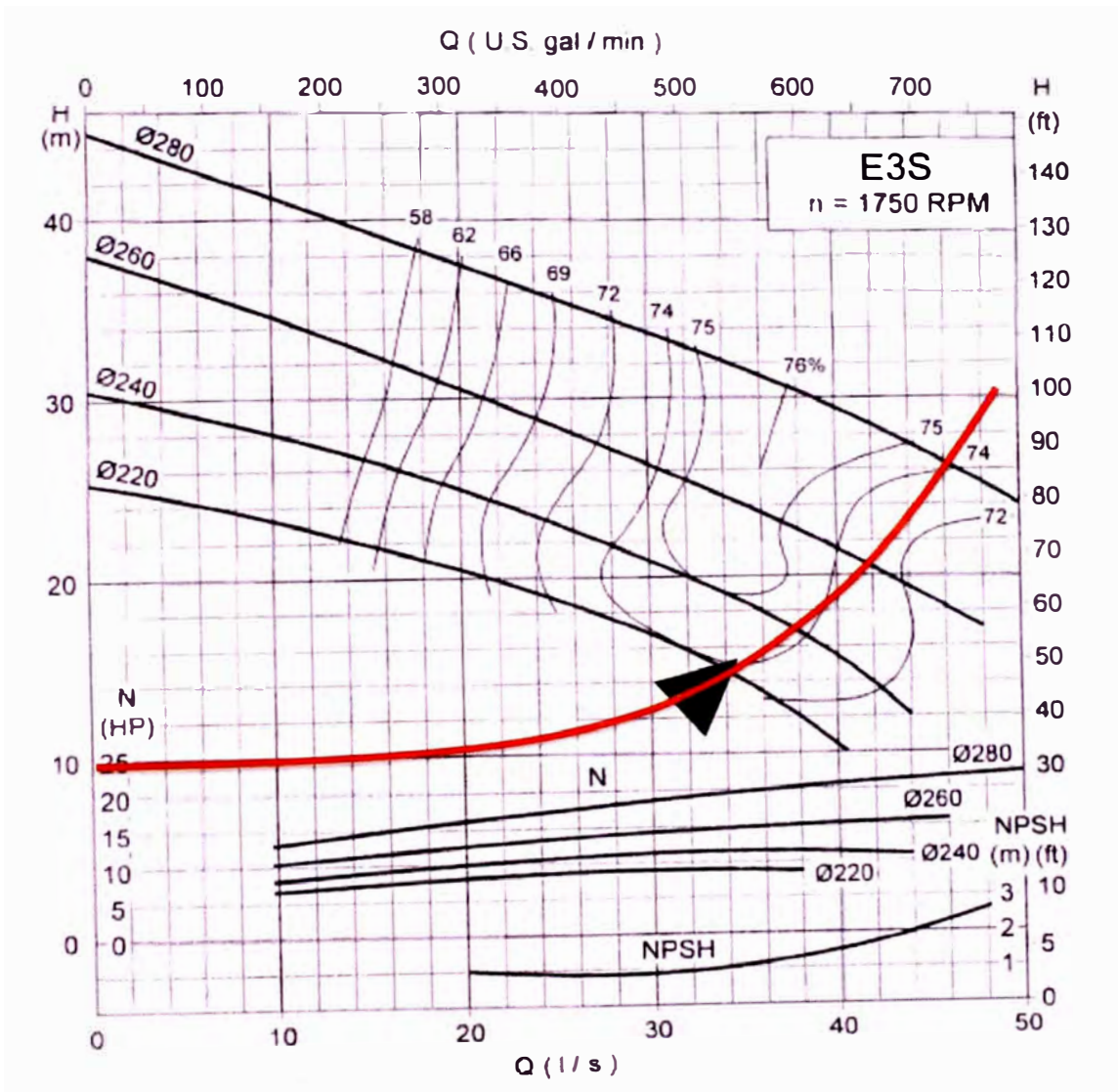
Altitud Metros	Presion Milibares	Altura en mm de Hg	Presion Atmosferica	Altitud Metros	Presion Milibares	Altura en mm de Hg	Presion Atmosferica
0	1013	760	1,000	3000	701	526	0,692
50	1007	756	0,994	3050	697	523	0,688
100	1001	751	0,988	3100	692	519	0,683
150	995	747	0,982	3150	688	516	0,679
200	989	742	0,977	3200	683	513	0,674
250	984	738	0,971	3250	679	509	0,670
300	978	733	0,965	3300	675	506	0,666
350	972	729	0,959	3350	670	503	0,662
400	966	725	0,953	3400	666	500	0,657
450	960	720	0,948	3450	662	496	0,653
500	955	716	0,942	3500	658	493	0,649
550	949	712	0,936	3550	653	490	0,645
600	943	707	0,931	3600	649	487	0,641
650	938	703	0,925	3650	645	484	0,637
700	932	699	0,920	3700	641	481	0,632
750	926	695	0,914	3750	637	478	0,628
800	921	691	0,909	3800	633	475	0,624
850	915	686	0,903	3850	629	471	0,620
900	910	682	0,898	3900	624	468	0,616
950	904	678	0,892	3950	620	465	0,612
1000	899	674	0,887	4000	616	462	0,608
1050	893	670	0,882	4050	612	459	0,604
1100	888	666	0,876	4100	608	456	0,600
1150	883	662	0,871	4150	604	453	0,597
1200	877	658	0,866	4200	600	450	0,593
1250	872	654	0,860	4250	597	447	0,589
1300	867	650	0,855	4300	593	445	0,585
1350	861	646	0,850	4350	589	442	0,581
1400	856	642	0,845	4400	585	439	0,577
1450	851	638	0,840	4450	581	436	0,573
1500	846	634	0,834	4500	577	433	0,570
1550	840	630	0,829	4550	573	430	0,566
1600	835	626	0,824	4600	570	427	0,562
1650	830	623	0,819	4650	566	424	0,559
1700	825	619	0,814	4700	562	422	0,555
1750	820	615	0,809	4750	558	419	0,551
1800	815	611	0,804	4800	555	416	0,548
1850	810	607	0,799	4850	551	413	0,544
1900	805	604	0,794	4900	547	411	0,540
1950	800	600	0,789	4950	544	408	0,537
2000	795	596	0,785	5000	540	405	0,533
2050	790	593	0,780	5050	537	402	0,530
2100	785	589	0,775	5100	533	400	0,526
2150	780	585	0,770	5150	529	397	0,523
2200	775	582	0,765	5200	526	394	0,519
2250	771	578	0,761	5250	522	392	0,516
2300	766	574	0,756	5300	519	389	0,512
2350	761	571	0,751	5350	515	387	0,509
2400	756	567	0,746	5400	512	384	0,505
2450	752	564	0,742	5450	508	381	0,502
2500	747	560	0,737	5500	505	379	0,498
2550	742	557	0,732	5550	502	376	0,495
2600	737	553	0,728	5600	498	374	0,492
2650	733	550	0,723	5650	495	371	0,488
2700	728	546	0,719	5700	492	369	0,485
2750	724	543	0,714	5750	488	366	0,482
2800	719	539	0,710	5800	485	364	0,479
2850	715	536	0,705	5850	482	361	0,475
2900	710	533	0,701	5900	478	359	0,472
2950	706	529	0,696	5950	475	356	0,469



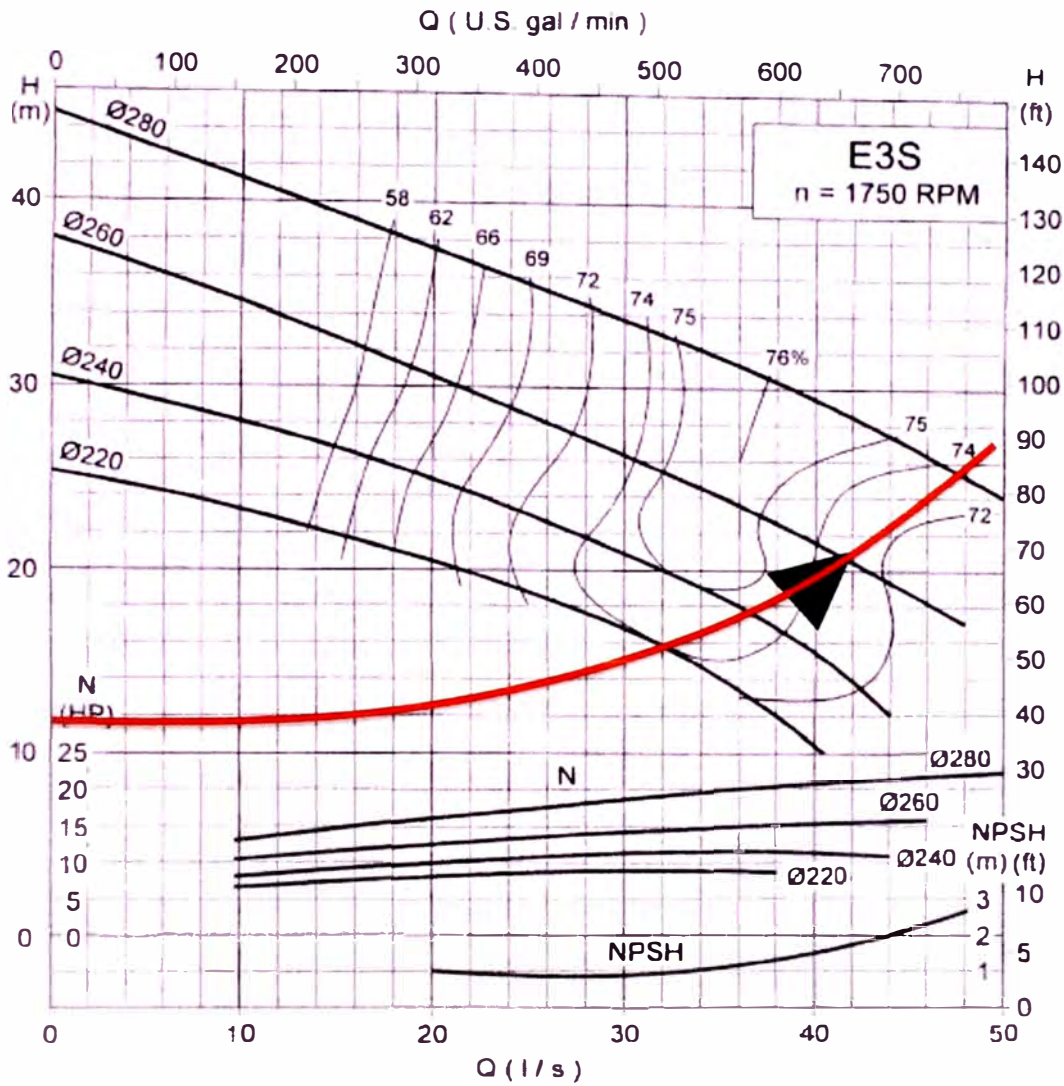
Curva de Operación de Bomba vs Curva del Sistema – Apropisco



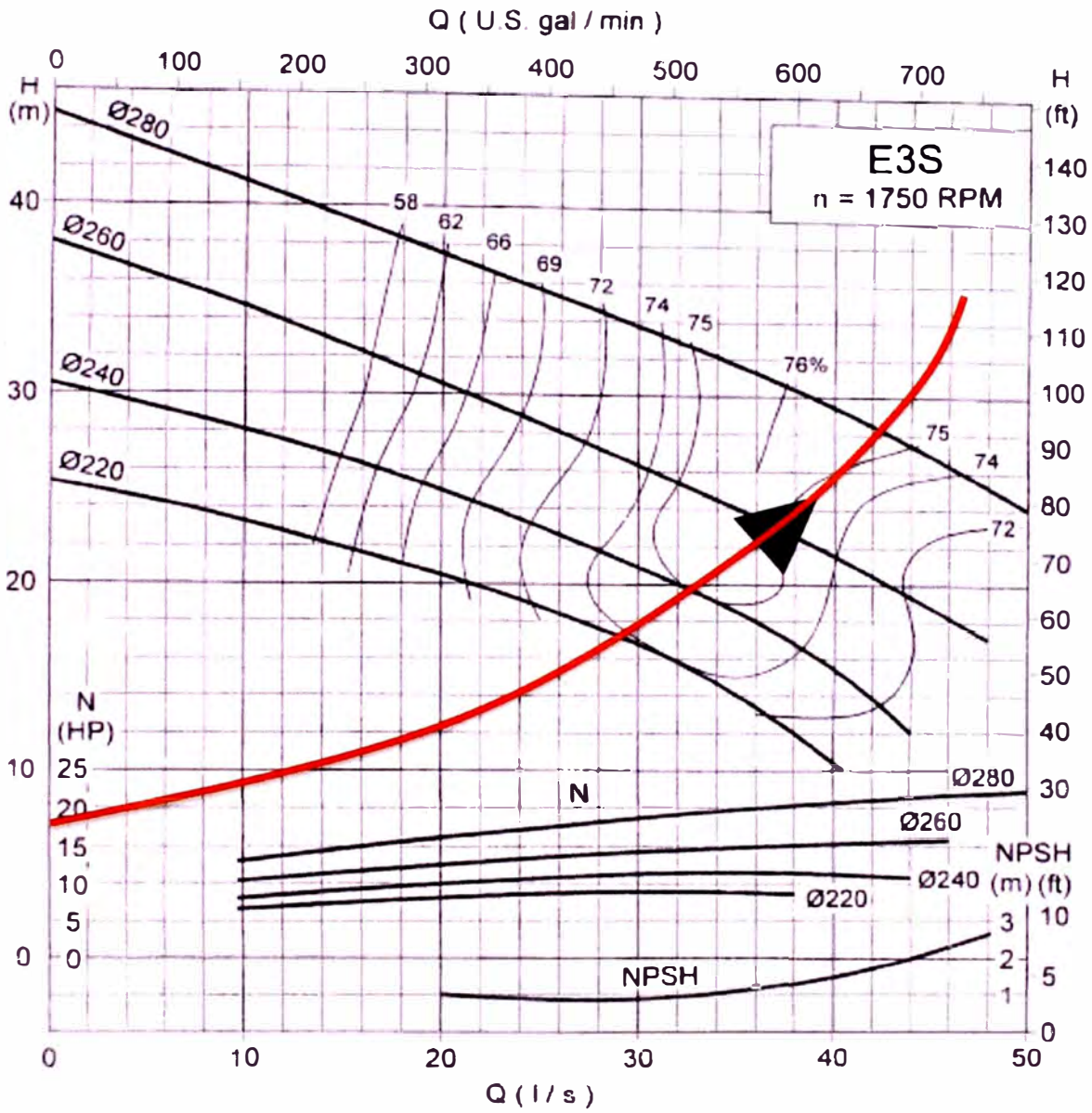
Curva de Operación de Bomba vs Curva del Sistema – Austral Group



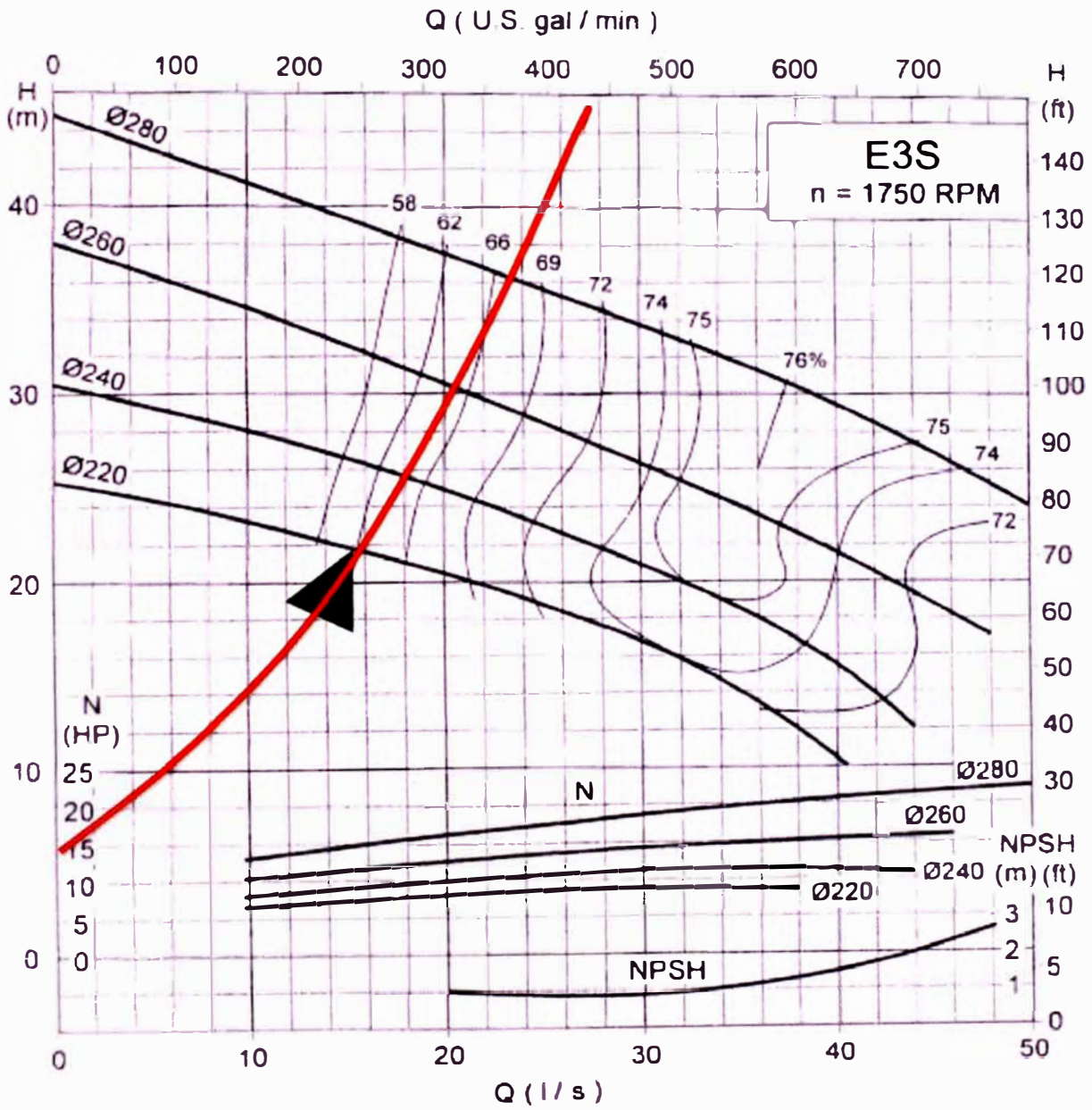
Curva de Operación de Bomba vs Curva del Sistema – Consorcio Malla



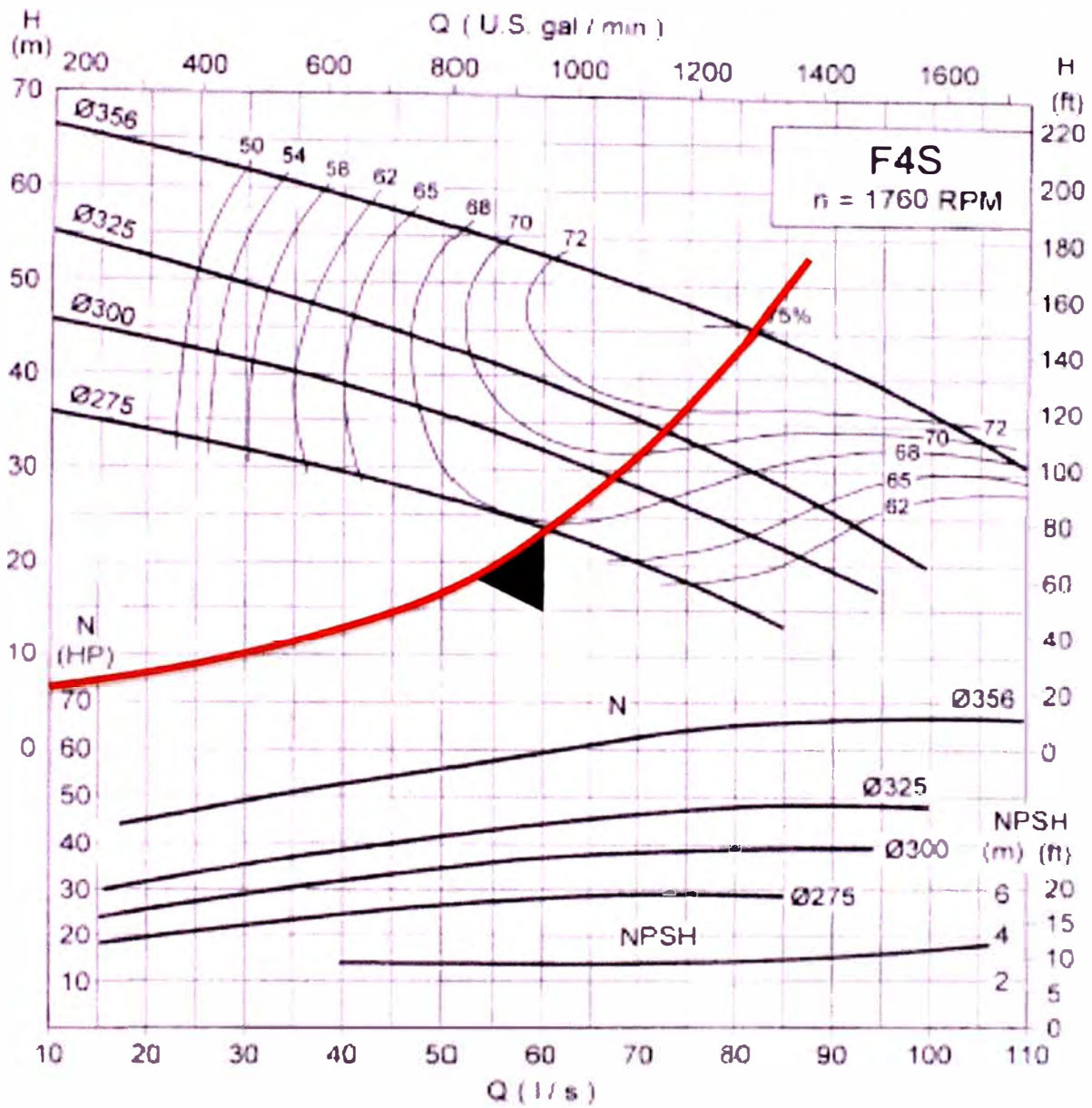
Curva de Operación de Bomba vs Curva del Sistema – Epesca



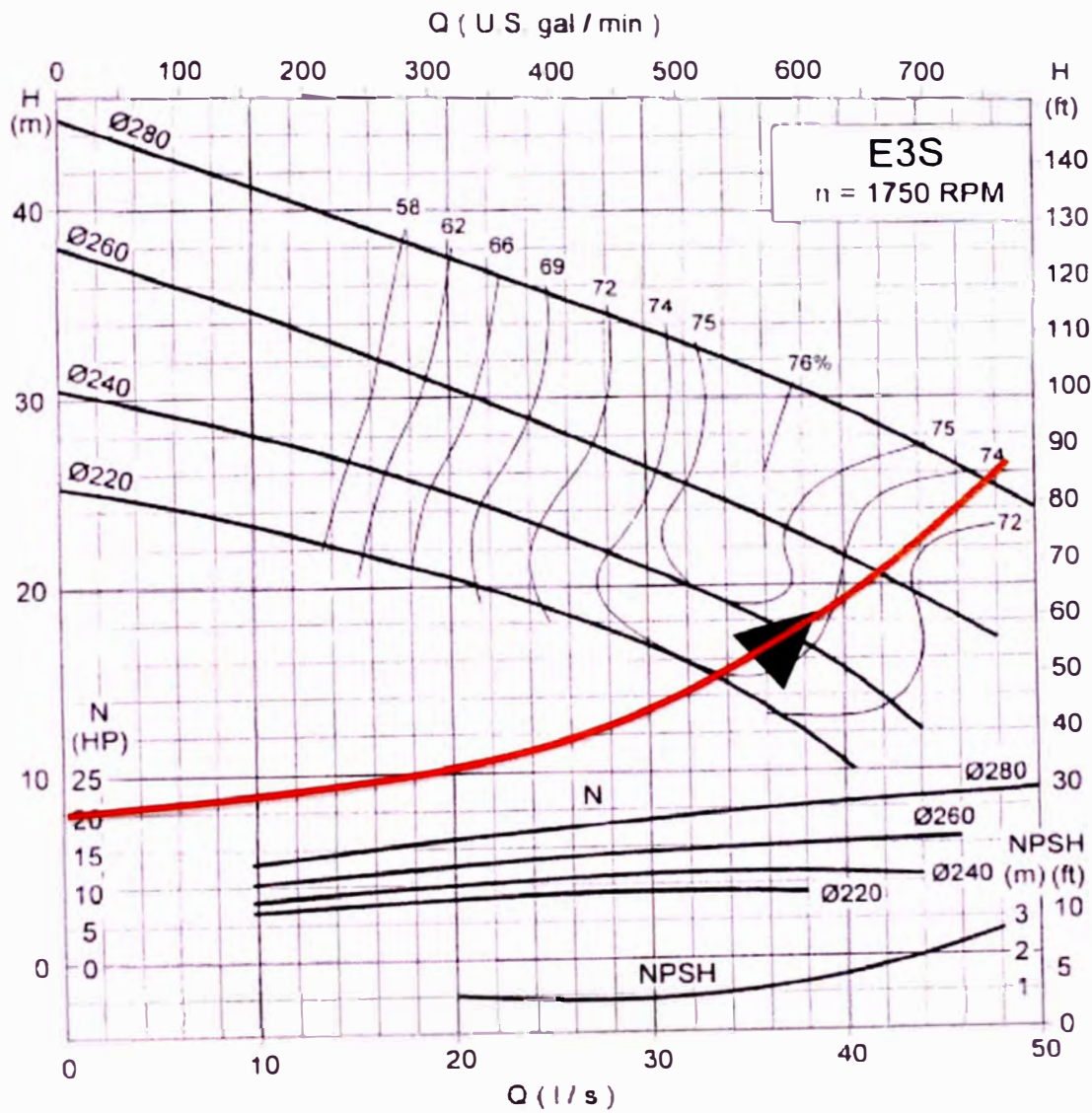
Curva de Operación de Bomba vs Curva del Sistema – Pesquera Diamante



Curva de Operación de Bomba vs Curva del Sistema – Prisco



Curva de Operación de Bomba vs Curva del Sistema - Sipesa



Curva de Operación de Bomba vs Curva del Sistema – Tecnológica de Alimentos



Nr.: 300-04

Fecha: 30/05/2008

PLANILLA DE DATOS

Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula

Cliente : Sr. Francisco García
 Línea de producto : Motores Industriales Trifásicos - 60HZ - Uso General - Eficiencia Estándar

Carcasa : 355M/L
 Potencia : 300 HP (cv)
 Frecuencia : 60 Hz
 Polos : 4
 Rotación nominal : 1790
 Resbalamiento : 0.56
 Tensión nominal : 220/380/440V
 Corriente nominal : 691/400/346 A
 Corriente de arranque : 4840/2800/2420 A
 I_p/I_n : 7.0
 Corriente en vacío : 186/108/93.0 A
 Par nominal : 1174.35 Nm
 Par de arranque : 220 %
 Par máximo : 230 %
 Categoría : N
 Clase de aislamiento : F
 Elevación de temperatura : 80 K
 Tiempo de rotor bloqueado : 48 s (caliente)

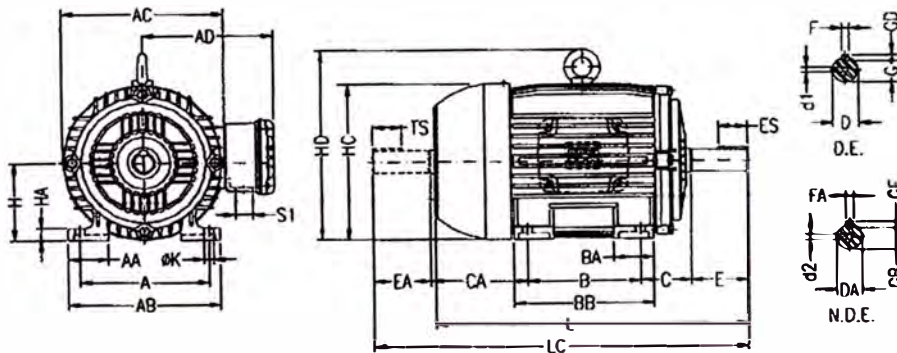
Factor de servicio : 1.00
 Régimen de servicio : S1
 Temperatura ambiente : 40
 Altitud : 1000 m
 Protección : IP55
 Masa aproximada : 1434 kg
 Momento de inercia : 6.3381 kgm²
 Nivel de Presión Sonora : 83 db(A)

	Delantero	Trasero
Rodamiento	NU-322 C3	6319 C3
Interv. lubrif.	3330 h	7038 h
Cant. de grasa	60 g	45 g

DESEMPEÑO EN CONDICIONES DE CARGA		
Carga	Fact. potencia	Eficiencia (%)
100%	0.88	95.0
75%	0.85	94.5
50%	0.79	93.0

Notas:

DIBUJOS Y DIMENSIONES



A	AA	AB	AC	AD	B	BA	BB
610	140	750	816	685	560/630	200	760
C	CA	D	E	ES	F	G	GD
254	467/397	100m8	210	200	28	90	16
DA	EA	TS	FA	GB	GF	H	HA
80m8	170	160	22	71	14	355	50
HC	HD	K	L	LC	S1	d1	d2
725	834	28	1466	1661	2 X RWG 3	DM24	DM20

Ejecutado:

Verificado:

*Todos los valores mostrados están sujetos a cambios sin previo aviso. Nivel de ruido con tolerancia de +3 dB(A).

Versión 6.0.2



PLANILLA DE DATOS Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula

Cliente :
 Línea del producto : Motores Industriales Trifásicos - 60HZ - Uso General - Eficiencia Estándar

Carcasa : 160L
 Potencia : 25 HP (cv)
 Frecuencia : 60 Hz Hz
 Polos : 4
 Rotación nominal : 1755
 Resbalamiento : 2.50
 Tensión nominal : 220/380/440 V
 Corriente nominal : 64.3/37.2/32.2 A
 Corriente de arranque : 405/235/203 A
 Ip/In : 6.3
 Corriente en vacío : 26.0/15.1/13.0 A
 Par nominal : 100.72 Nm
 Par de arranque : 230 %
 Par máximo : 240 %
 Categoría : N
 Clase de aislamiento : F
 Elevación de temperatura : 80 K
 Tiempo de rotor bloqueado : 15 s (caliente)

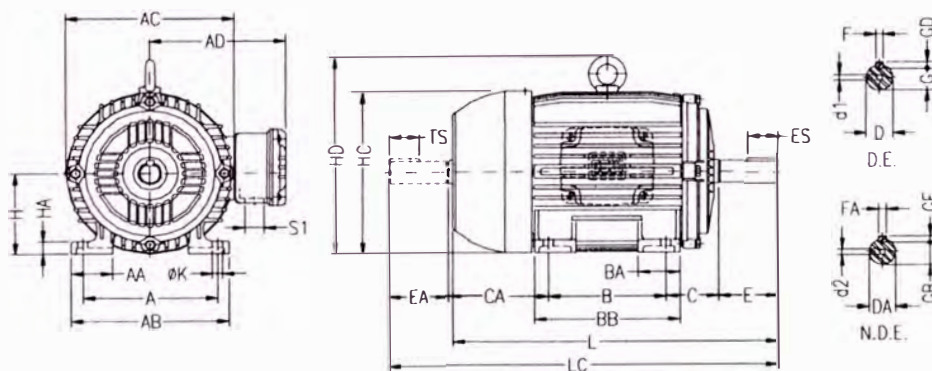
Factor de servicio : 1.15
 Régimen de servicio : S1
 Temperatura ambiente : 40
 Altitud : 1000 m
 Protección : IP55
 Masa aproximada : 130 kg
 Momento de inercia : 0.11542 kgm²
 Nivel de Presión Sonora : 69 db(A)

	Delantero	Trasero
Rodamiento	6309 C3	6209 Z-C3
Interv. lubrif.	20000 h	20000 h
Cant. de grasa	13 g	9 g

DESEMPEÑO EN CONDICIONES DE CARGA		
Carga	Fact. potencia	Eficiencia (%)
100%	0.83	91.0
75%	0.79	90.0
50%	0.70	89.0

Notas:

DIBUJOS Y DIMENSIONES



A 254	AA 64	AB 308	AC 312	AD 255	B 254	BA 65	BB 298
C 108	CA 174	D 42k6	E 110	ES 80	F 12	G 37	GD 8
DA 42k6	EA 110	TS 80	FA 12	GB 37	GF 8	H 160	HA 22
HC 317	HD 370	K 14.5	L 642	LC 756	S1 RWG 1 1/2	d1 DM16	d2 DM16

Ejecutado:

Verificado:



Nr.:

Fecha: 02/03/2009

PLANILLA DE DATOS

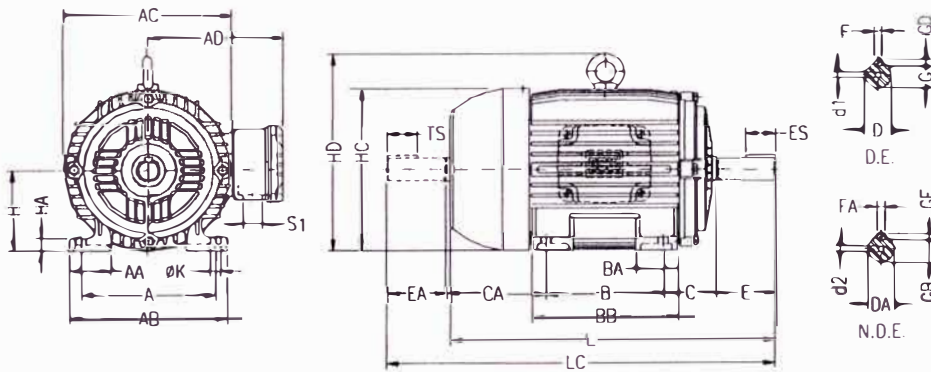
Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula

Cliente :
 Línea de producto : Motores Industriales Trifásicos - 60HZ - Uso General - Eficiencia Estándar

<p>Carcaza : 132M Potencia : 12.5 HP (cv) Frecuencia : 60 Hz Hz Polos : 4 Rotación nominal : 1755 Resbalamiento : 2.50 Tensión nominal : 220/380/440 V Corriente nominal : 33.3/19.3/16.7 A Corriente de arranque : 290/168/145 A Ip/In : 8.7 Corriente en vacío : 16.8/9.73/8.40 A Par nominal : 50.09 Nm Par de arranque : 250 % Par máximo : 290 % Categoría : N Clase de aislamiento : F Elevación de temperatura : 80 K Tiempo de rotor bloqueado : 7 s (caliente)</p>	<p>Factor de servicio : 1.15 Régimen de servicio : S1 Temperatura ambiente : 40 Altitud : 1000 m Protección : IP55 Masa aproximada : 66.1 kg Momento de inercia : 0.05427 kgm² Nivel de Presión Sonora : 61 db(A)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 35%; text-align: center;">Delantero</td> <td style="width: 35%; text-align: center;">Trasero</td> </tr> <tr> <td>Rodamiento</td> <td style="text-align: center;">6308 ZZ</td> <td style="text-align: center;">6207 ZZ</td> </tr> <tr> <td>Interv. lubrif.</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">—</td> </tr> <tr> <td>Cant. de grasa</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">—</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">DESEMPEÑO EN CONDICIONES DE CARGA</th> </tr> <tr> <th style="width: 33%;">Carga</th> <th style="width: 33%;">Fact. potencia</th> <th style="width: 34%;">Eficiencia (%)</th> </tr> <tr> <td>100%</td> <td style="text-align: center;">0.82</td> <td style="text-align: center;">88.5</td> </tr> <tr> <td>75%</td> <td style="text-align: center;">0.73</td> <td style="text-align: center;">87.8</td> </tr> <tr> <td>50%</td> <td style="text-align: center;">0.62</td> <td style="text-align: center;">86.3</td> </tr> </table>		Delantero	Trasero	Rodamiento	6308 ZZ	6207 ZZ	Interv. lubrif.	—	—	Cant. de grasa	—	—	DESEMPEÑO EN CONDICIONES DE CARGA			Carga	Fact. potencia	Eficiencia (%)	100%	0.82	88.5	75%	0.73	87.8	50%	0.62	86.3
	Delantero	Trasero																										
Rodamiento	6308 ZZ	6207 ZZ																										
Interv. lubrif.	—	—																										
Cant. de grasa	—	—																										
DESEMPEÑO EN CONDICIONES DE CARGA																												
Carga	Fact. potencia	Eficiencia (%)																										
100%	0.82	88.5																										
75%	0.73	87.8																										
50%	0.62	86.3																										

Notas:

DIBUJOS Y DIMENSIONES



A	AA	AB	AC	AD	B	BA	BB
216	51	248	270	212	178	55	225
C	CA	D	E	ES	F	G	GD
89	150	38k6	80	63	10	33	8
DA	EA	TS	FA	GB	GF	H	HA
28j6	60	45	8	24	7	132	20
HC	HD	K	L	LC	S1	d1	d2
274	319	12	490	557	RWG 1	A4	A4

Ejecutado:

Verificado:

PLANILLA DE DATOS

Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula

Cliente : Sr. Francisco García
 Línea del producto : Motores Industriales Trifásicos - 60HZ - Uso General - Eficiencia Estándar

Carcaza : 355M/L
 Potencia : 300 HP (cv)
 Frecuencia : 60 Hz Hz
 Polos : 4
 Rotación nominal : 1790
 Resbalamiento : 0.56
 Tensión nominal : 220/380/440 V
 Corriente nominal : 691/400/346 A
 Corriente de arranque : 4840/2800/2420 A
 Ip/In : 7.0
 Corriente en vacío : 186/108/93.0 A
 Par nominal : 1174.35 Nm
 Par de arranque : 220 %
 Par máximo : 230 %
 Categoría : N
 Clase do aislamiento : F
 Elevación de temperatura : 80 K
 Tiempo de rotor bloqueado : 48 s (caliente)

Factor de servicio : 1.00
 Régimen de servicio : S1
 Temperatura ambiente : 40
 Altitud : 1000 m
 Protección : IP55
 Masa aproximada : 1434 kg
 Momento de inercia : 6.3381 kgm²
 Nivel de Presión Sonora : 83 db(A)

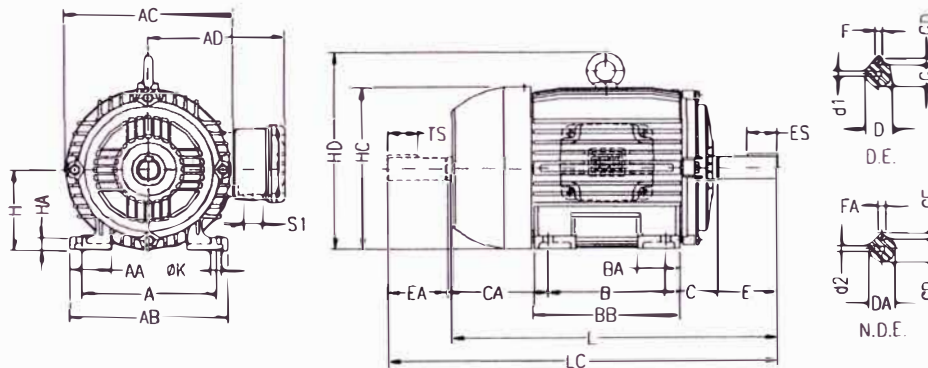
	Delantero	Trasero
Rodamiento	NU-322 C3	6319 C3
Interv. lubrif.	3330 h	7038 h
Cant. de grasa	60 g	45 g

DESEMPEÑO EN CONDICIONES DE CARGA

Carga	Fact. potencia	Eficiencia (%)
100%	0.88	95.0
75%	0.85	94.5
50%	0.79	93.0

Notas:

DIBUJOS Y DIMENSIONES



A	AA	AB	AC	AD	B	BA	BB
610	140	750	816	685	560/630	200	760
C	CA	D	E	ES	F	G	GD
254	467/397	100m6	210	200	28	90	16
DA	EA	TS	FA	GB	GF	H	HA
80m6	170	160	22	71	14	355	50
HC	HD	K	L	LC	S1	d1	d2
725	834	28	1466	1661	2 X RWG 3	DM24	DM20

Ejecutado:

Verificado:



HIDROSTAL S.A.

Nr.:

Fecha: 19/08/2011

PLANILLA DE DATOS Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula

Cliente :
 Línea del producto : Motores Industriales Trifásicos - 60HZ - Uso General - Eficiencia Estándar

Carcasa : 160M
 Potencia : 20 HP (cv)
 Frecuencia : 60 Hz Hz
 Polos : 4
 Rotación nominal : 1760
 Resbalamiento : 2.22
 Tensión nominal : 220/380/440 V
 Corriente nominal : 52.6/30.5/26.3 A
 Corriente de arranque : 321/186/160 A
 Ip/In : 6.1
 Corriente en vacío : 21.0/12.2/10.5 A
 Par nominal : 60.07 ft.lb
 Par de arranque : 230 %
 Par máximo : 220 %
 Categoría : N
 Clase de aislamiento : F
 Elevación de temperatura : 80 K
 Tiempo de rotor bloqueado : 13 s (caliente)

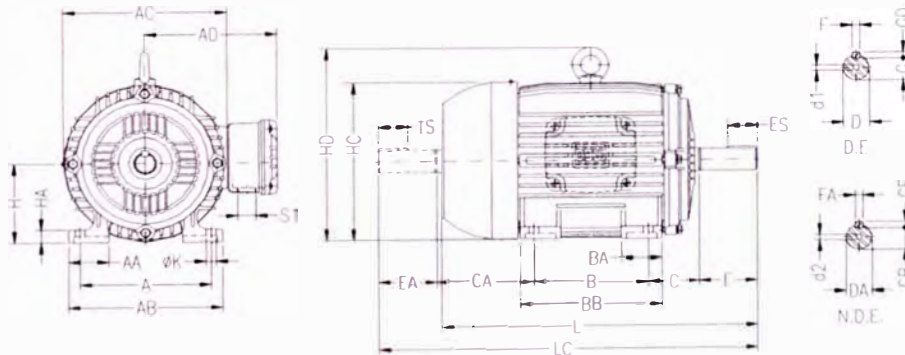
Factor de servicio : 1.15
 Régimen de servicio : S1
 Temperatura ambiente : 40
 Altitud : 1000 m
 Protección : IP55
 Masa aproximada : 115 lb
 Momento de inercia : 2.2627 sq.ft.lb
 Nivel de Presión Sonora : 69 db(A)

	Delantero	Trasero
Rodamiento	6309 C3	6209 Z-C3
Interv. lubrif.	20000 h	20000 h
Cant. de grasa	13 g	9 g

DESEMPEÑO EN CONDICIONES DE CARGA		
Carga	Fact. potencia	Eficiencia (%)
100%	0.83	90.2
75%	0.79	90.2
50%	0.69	89.5

Notas:

DIBUJOS Y DIMENSIONES



A	AA	AB	AC	AD	B	BA	BB
254	64	308	312	255	210	65	254
C	CA	D	E	ES	F	G	GD
108	174	42k6	110	80	12	37	8
DA	EA	TS	FA	GB	GF	H	HA
42k6	110	80	12	37	8	160	22
HC	HD	K	L	LC	S1	d1	d2
317	370	14.5	598	712	RWG 1 1/2"	A 4 mm	A 4 mm

Ejecutado:

Verificado:

Todos los valores mostrados están sujetos a cambios sin previo aviso. Nivel de ruido con tolerancia de +3 dB(A).

Versión 6.0.9



Nr.:

Fecha: 02/03/2009

PLANILLA DE DATOS

Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula

Cliente :
 Línea del producto : Motores Industriales Trifásicos - 60HZ - Uso General - Eficiencia Estándar

Carcasa : 132S
 Potencia : 10 HP (cv)
 Frecuencia : 60 Hz Hz
 Polos : 4
 Rotación nominal : 1760
 Resbalamiento : 2.22
 Tensión nominal : 220/380/440 V
 Corriente nominal : 26.6/15.4/13.3 A
 Corriente de arranque : 213/123/106 A
 I_p/I_n : 8.0
 Corriente en vacío : 14.0/8.11/7.00 A
 Par nominal : 40.72 Nm
 Par de arranque : 220 %
 Par máximo : 300 %
 Categoría : N
 Clase de aislamiento : F
 Elevación de temperatura : 80 K
 Tiempo de rotor bloqueado : 7 s (caliente)

Factor de servicio : 1.15
 Régimen de servicio : S1
 Temperatura ambiente : 40
 Altitud : 1000 m
 Protección : IP55
 Masa aproximada : 61.9 kg
 Momento de inercia : 0.04652 kgm²
 Nivel de Presión Sonora : 61 db(A)

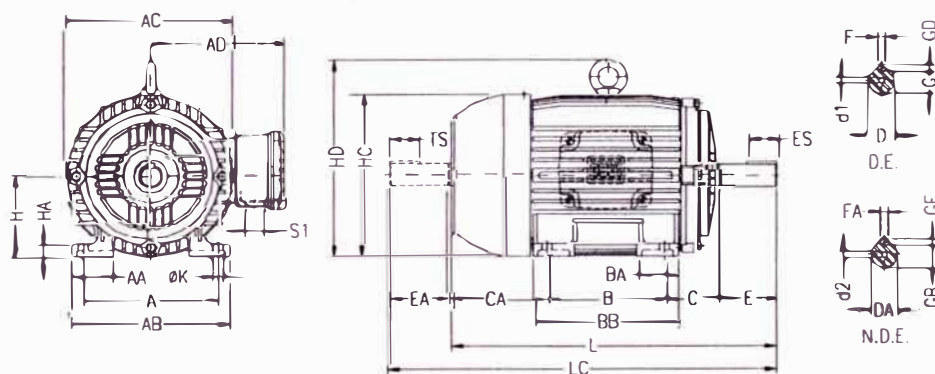
	Delantero	Trasero
Rodamiento	6308 ZZ	6207 ZZ
Interv. lubrif.	—	—
Cant. de grasa	—	—

DESEMPEÑO EN CONDICIONES DE CARGA

Carga	Fact. potencia	Eficiencia (%)
100%	0.83	89.0
75%	0.77	88.0
50%	0.66	86.0

Notas:

DIBUJOS Y DIMENSIONES



A	AA	AB	AC	AD	B	BA	BB
216	51	248	270	212	140	55	187
C	CA	D	E	ES	F	G	GD
89	150	38k6	80	63	10	33	8
DA	EA	TS	FA	GB	GF	H	HA
28j6	60	45	8	24	7	132	20
HC	HD	K	L	LC	S1	d1	d2
274	319	12	452	519	RWG 1	A4	A4

Ejecutado:

Verificado:



Nr.:

Fecha: 11/06/2009

PLANILLA DE DATOS

Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula

Cliente :
 Línea del producto : Motores Industriales Trifásicos - 60HZ - Uso General - Eficiencia Estándar

Carcasa : 200M
 Potencia : 40 HP (cv)
 Frecuencia : 60 Hz
 Polos : 4
 Rotación nominal : 1770
 Resbalamiento : 1.67
 Tensión nominal : 220/380/440 V
 Corriente nominal : 101/58.5/50.5 A
 Corriente de arranque : 667/386/333 A
 Ip/In : 6.6
 Corriente en vacío : 36.0/20.8/18.0 A
 Par nominal : 161.95 Nm
 Par de arranque : 230 %
 Par máximo : 250 %
 Categoría : N
 Clase de aislamiento : F
 Elevación de temperatura : 80 K
 Tiempo de rotor bloqueado : 19 s (caliente)

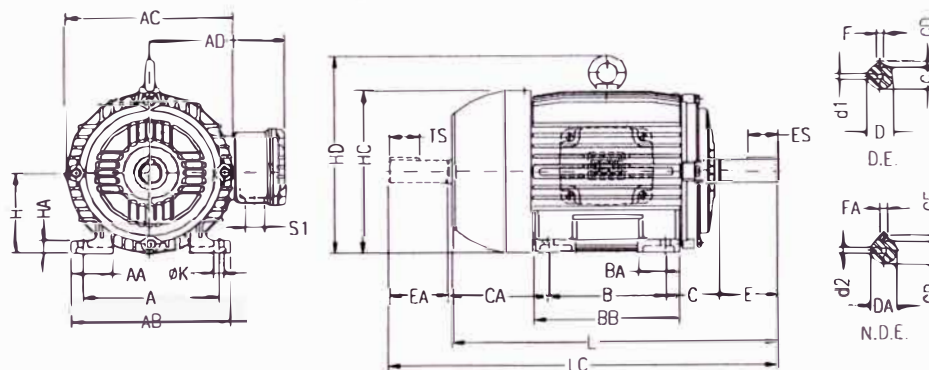
Factor de servicio : 1.15
 Régimen de servicio : S1
 Temperatura ambiente : 40
 Altitud : 1000 m
 Protección : IP55
 Masa aproximada : 210 kg
 Momento de inercia : 0.27579 kgm²
 Nivel de Presión Sonora : 71 db(A)

	Delantero	Trasero
Rodamiento	6312 C3	6212 Z-C3
Interv. lubrif.	20000 h	20000 h
Cant. de grasa	21 g	13 g

DESEMPEÑO EN CONDICIONES DE CARGA		
Carga	Fact. potencia	Eficiencia (%)
100%	0.85	91.8
75%	0.82	90.5
50%	0.72	89.5

Notas:

DIBUJOS Y DIMENSIONES

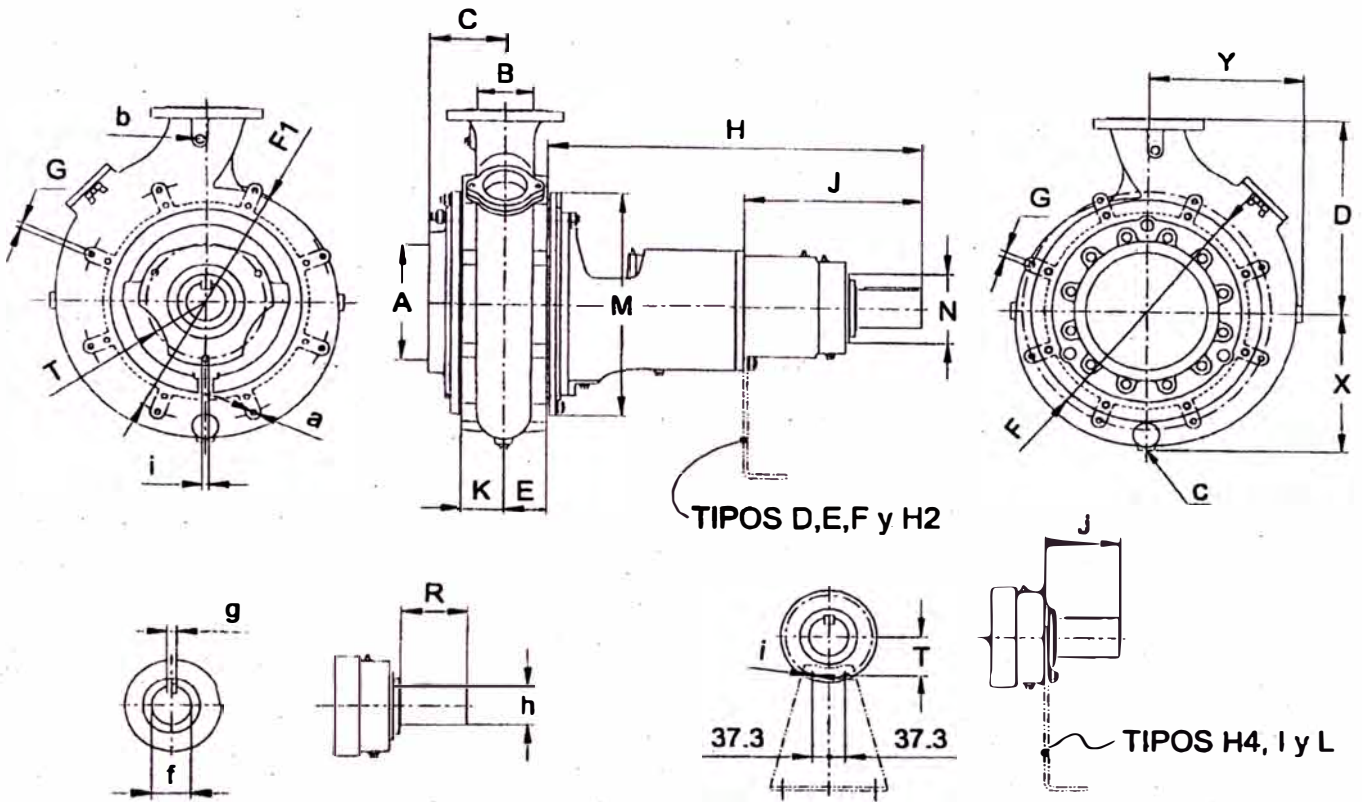


A	AA	AB	AC	AD	B	BA	BB
318	82	385	396	300	267	85	332
C	CA	D	E	ES	F	G	GD
133	222	55m6	110	80	16	49	10
DA	EA	TS	FA	GB	GF	H	HA
48k6	110	80	14	42.5	9	200	30
HC	HD	K	L	LC	S1	d1	d2
402	464	18.5	729	842	RWG 2	A4	A4

Ejecutado:

Verificado:

TABLA DE MEDIDAS



DIMENSIONES DE LA BOMBA																SOPORTE					EJE				
TIPO	A	B	C	D	E	F	F1	G	a	K	X	Y	M	b	c	TIPO	H	J	N	T	I	f	R	g	h
D2.1/2S	100	65	100	225	55	-	-	-	-	-	180	190	290	1/2"	1/2"	DOS	447	187	150	102.5	M12	32	70	10	35
																D2S	450	190							
E3S	150	80	132	285	62	380	380	M12	8	62	230	245	350	1/2"	1/2"	E2S	484	190	150	102.5	M12	42	75	12	45
F4S	200	100	150	364	80	470	470	M16	8	80	275	300	435	1/2"	1/2"	F2S	675	270	220	135	M16	60	115	18	64
H5S	250	125	171	460	96	570	570	M16	8	96	350	370	530	1/2"	1/2"	H2S	700	270	220	135	M16	60	115	18	64
H5S-L	200															H4S	858	175	165	90	M12	90	150	25	95
I6S	300	150	216	580	120	700	700	M16	12	120	440	460	660	1/2"	1"	I1-S	903	175	165	90	M12	90	150	25	95
I6S-L	250															I4-7S	1023	178							

DIMENSIONES	C	M	N	FRAME	H	f
TOLE-RANCIA	+4 0	0 -0.2	h8	C, D, E & F	+2-6	< 50 = K6 > 50 = m8
				H	+2-7	
				I	+2-8	
				L	+2-12	

TODAS LAS ESPECIFICACIONES SON LAS VIGENTES AL MOMENTO DE LA EMISION DE LAS MISMAS. COMO NUESTRO OBJETIVO ES «LA MEJORA CONTINUA» ENTREGAREMOS EL PRODUCTO MEJORADO O EL ESPECIFICADO.

BOMBA CENTRIFUGA
HELICOIDAL TIPO S
CATALOGO III

HIDROSTAL S.A.
PORTADA DEL SOL 722 - LIMA 38, PERU
APARTADO POSTAL 3989 - LIMA 1, PERU
E-MAIL: hidrostral@hidrostral.com.pe
WEB: www.hidrostral.com.pe

CENTRAL TELEFONICA: (51-1) 319 10 00
FAX: (51-1) 489 00 08
FAX VENTAS: (51-1) 319 10 19
SERVICIO AL CLIENTE SOLO PERU: 0 801 - 10000



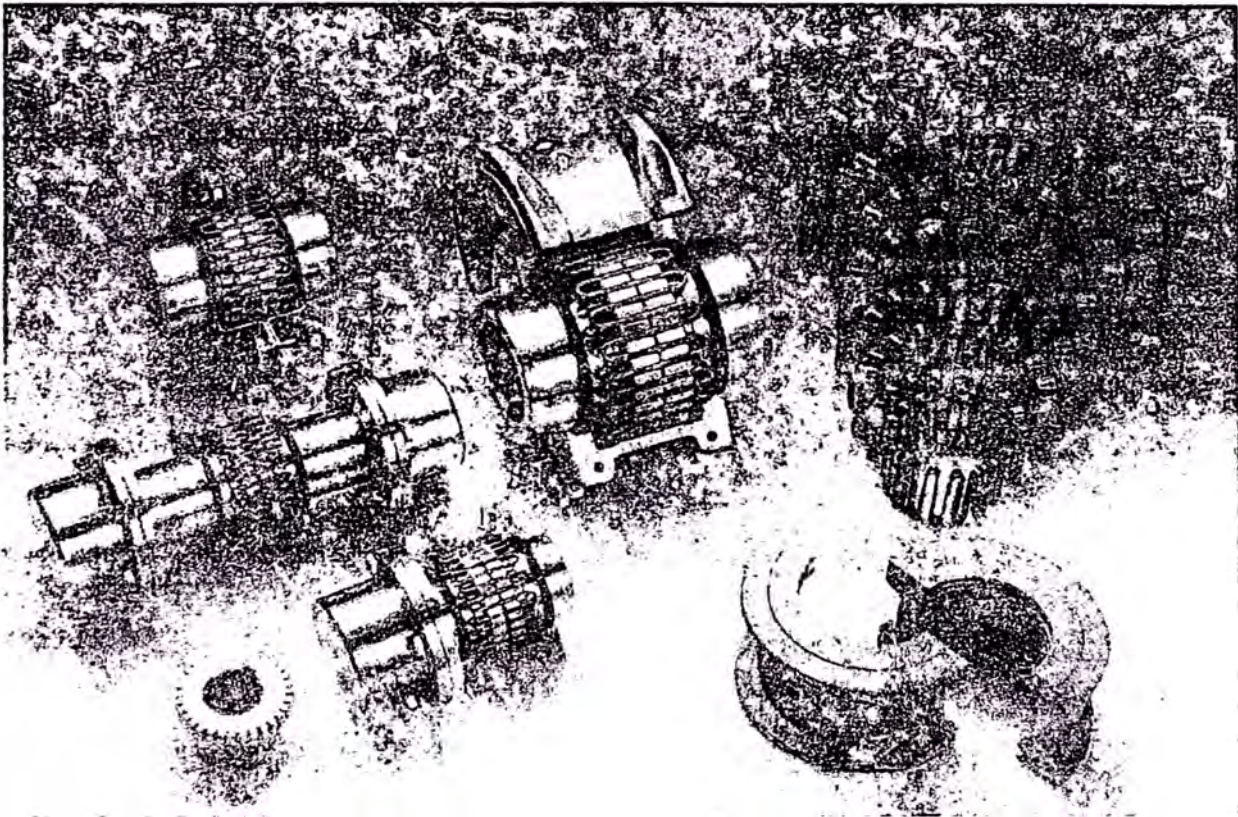
ISO 14001 - ISO 9001
Certificado N° 39711 Certificado M-3251

GUARDIAN

TG99

GUARDEX™

TAPER GRID COUPLING



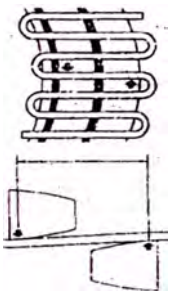
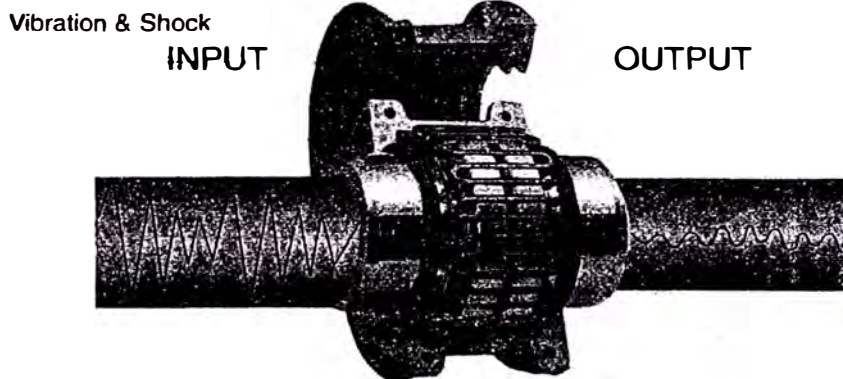
HIGH TORSIONAL FLEXIBILITY • HIGH TORQUE CAPACITY
ALUMINUM SPLIT COVER, STEEL GEAR HUBS
BORE SIZES TO 11" • SHOCK LOAD ABSORPTION

GUARDIAN Industries

3201 Ohio Street, P.O. Box 478, Michigan City, IN 46361
219/874-5248 • FAX 219/879-6643 • www.guardiancouplings.com

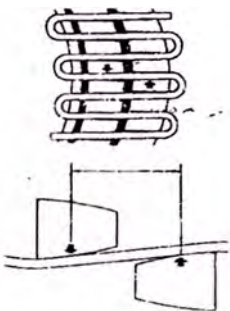
INTRODUCTION

The steel tapered grid coupling is similar in nature to a steel gear coupling, except the connecting sleeve is replaced by a flexible chrome-vanadium alloy leaf spring grid. The steel hubs are cut with profiled slots, allowing the grid to engage circumferentially. The grid "springs" deflect under torque, distributing the peak torque load over a large angle of rotation. The inherent property of torsional softness allows the coupling to absorb shock loads.



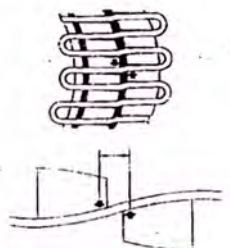
Light Load

The grid contacts near the outer edges of the hub teeth. A long span between the points of contact remains free to flex under load.



Normal Load

As the load increases, the distance between the contact points on the hub teeth is shortened, but a free span still remains to cushion the load.



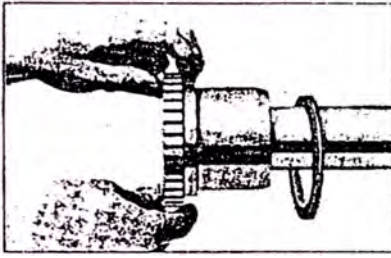
Shock Load

The coupling is flexible within its rated capacity. Under extreme overloads, the grid bears fully on the hub teeth and transmits full load directly.

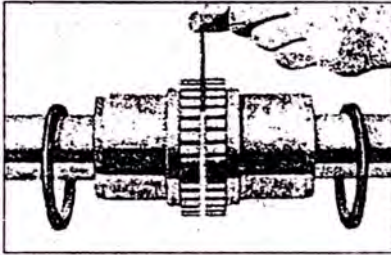
ADVANTAGES

- Overload conditions cause the grid element to shear, like a mechanical fuse.
- Grid can be changed "in place", saving time.
- Low maintenance
- Quiet operation
- Allows for parallel/angular misalignment and permits end float
- Torsional flexibility
- Competitively priced

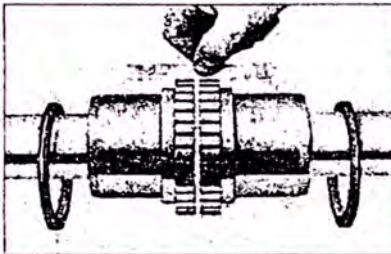
GUARDEX™ "TG" TAPERED GRID COUPLING INSTALLATION INSTRUCTIONS



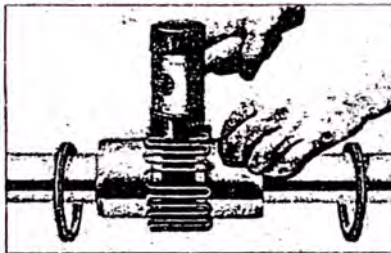
- ① Clean all metal parts using nonflammable solvent. Lightly coat seals with grease and place on shaft before mounting hub. Mount hubs on the shafts.



- ② Use a Feeler Gauge equal in thickness to the normal gap.

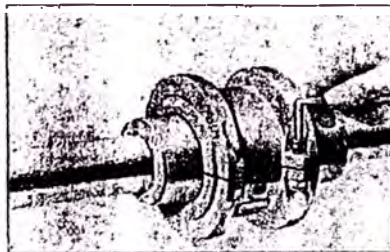
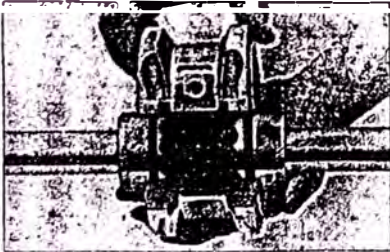


- ③ Align so that a straight edge rests squarely on both hubs as shown as well as at 90° interval. The clearance must not exceed the limits specified on page 3.



- ④ After greasing the tooth groove hub, fix the GRID in the same direction. Remember! Adequate lubrication is essential for satisfactory operation and longevity of coupling. We recommend the following lubricants:

- Gulfcrown #2 (Gulf Oil)
- Marfak #2 (Texaco)
- Alvania #2 (Shell Oil)
- Mobilux #2 (Mobile)



- ⑤ Pack the spaces between and around the grid with as much lubricant as possible and position gaskets on assembled lower cover so that the match marks are on the same side. New grease should be applied every 3 months or 250 hours of operation, whichever is longer.

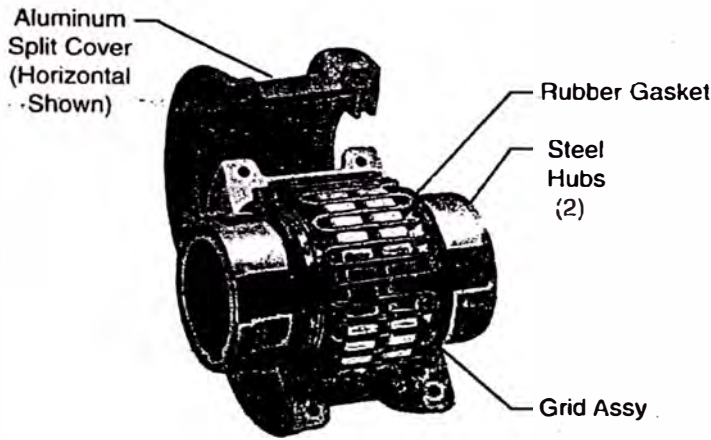
GUARDIAN Industries

3201 Ohio Street, P.O. Box 478, Michigan City, IN 46361

219/874-5248 • FAX 219/879-6643 • www.guardiancouplings.com

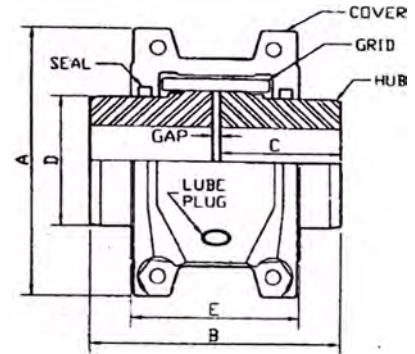
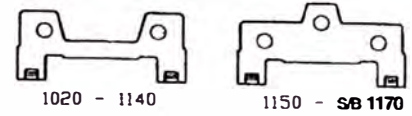
Copyright© Guardian Industries 1999

GUARDEX™ STYLE "TG" GRID COUPLING HORIZONTAL SPLIT COVER (Vertical Split Cover Available Upon Request)



"TG" TAPERED GRID

COVER PROFILES



DIMENSIONAL DATA

Size	HP Per 100 rpm	Max. Speed (rpm)	Nom. Torque (IN #)	Bore Dia. (IN)		Dimensions (IN)					Gap (IN)		Cplg. wt #
				Max.	Min.	A	B	C	D	E	Min.	Max.	
1020	0.68	4,500	422	1.18	.47	4.00	3.86	1.87	1.56	2.62	.060	.177	4
1030	1.93	4,500	1,200	1.38	.47	4.33	3.86	1.87	1.94	2.69	.060	.177	6
1040	3.22	4,500	2,000	1.70	.47	4.63	4.12	2.00	2.25	2.75	.060	.177	8
1050	5.63	4,500	3,500	1.97	.47	5.43	4.87	2.37	2.63	3.13	.060	.177	12
1060	8.85	4,350	5,500	2.17	.75	5.93	5.12	2.50	3.00	3.62	.060	.177	16
1070	13	4,125	8,000	2.56	.75	6.37	6.12	3.00	3.44	3.74	.060	.177	22
1080	27	3,600	16,500	3.07	1.06	7.64	7.12	3.50	4.13	4.57	.060	.177	40
1090	48	3,600	30,000	3.75	1.06	8.39	7.87	3.87	4.87	4.80	.060	.236	55
1100	81	2,400	50,510	4.21	1.61	9.84	9.67	4.75	5.59	6.12	.060	.236	93
1110	121	2,250	75,014	4.61	1.61	10.63	10.18	5.00	6.31	6.36	.060	.375	119
1120	177	2,025	110,020	5.35	2.36	12.13	11.98	5.87	7.06	7.54	.060	.375	179
1130	257	1,800	160,030	6.50	2.64	13.62	12.98	6.37	8.56	7.68	.060	.500	267
1140	370	1,650	230,043	7.25	2.64	15.12	14.63	7.20	10.00	7.91	.060	.500	393
1150	515	1,500	320,060	8.00	4.25	17.84	14.64	7.20	10.60	10.68	.060	.500	516
1160	724	1,350	450,084	8.98	4.75	19.74	15.83	7.80	12.00	10.98	.060	.500	700
1170	965	1,225	600,112	10.98	5.25	22.30	17.24	8.50	14.00	11.98	.060	.500	988

EJECUCIONES METALURGICAS LINEA K

COMPONENTE			MATERIALES									
			FIJO					REGULABLE				
DIBUJO	POS	DESCRIPCION	1	2	3	4	5	1R	2R	3R	4R	5R
	400	CAJA Y CAJATAPA	A48CL-30B				A743CF-8M	A48CL-30B				A743CF-8M
	401	IMPULSOR	A536-80-60-06	A743CF-8M	A532-III-A	A743CF-8M	A536-80-60-06	A743CF-8M	A532-III-A	A743CF-8M		A743CF-8M
	402	TAPA	A48CL-30B	_____			A743CF-8M	_____				
	405	TAPA LIMPIEZA	A48CL-30B				A743CF-8M	A48CL-30B				A743CF-8M
	408	ANILLO DESGASTE	_____					A48CL-30B	A532-III-A			A743CF-8M
	416	SOBRETAPA *	_____					A48CL-30B				A743CF-8M
	421	CAMISETA *	A48CL-30B	A532-III-A			A743CF-8M	A48CL-30B	A532-III-A			A743CF-8M
	200	PIEZA INTERMEDIA	A48CL-30 B				A743CF-8M	A48CL-30 B				A743CF-8M
	201	CAJA PRENSAESTOPA	A48CL-30B				A743CF-8M	A48CL-30B				A743CF-8M
	202	LUNETTA	A-536-80-60-06				A743CF-8M	A536-80-60-06				A743CF-8M
	204	BOCINA PRENSAESTOPA	B584-836				A743CF-8M	B584-836				A743CF-8M
	208	BOCINA EJE	AISI 420				AISI 316	AISI 420				AISI 316
	100	CASCO RODAMIENTO	A48CL-30B									
	110	EJE	1045				AISI 316	1045				AISI 316
	165	BRIDA IMPULSOR	A536-80-60-06				A743CF-8M	A536-80-60-06				A743CF-8M

MATERIALES:

Nº 1 / 1R PARA MANEJO DE FLUIDOS SIN SOLIDOS O CON SOLIDOS SUAVES.

Nº 2 / 2R PARA LIQUIDOS ABRASIVOS TIPO DESAGUES O CON CONTENIDO DE ARENA.

Nº 3 / 3R PARA LIQUIDOS ABRASIVOS Y CORROSIVOS.

Nº 4 / 4R PARA LIQUIDOS ABRASIVOS AGRESIVOS.

Nº 5 / 5R PARA APLICACIONES QUIMICAS RESISTENTE A LA CORROSION. TODAS LAS PARTES HIDRAULICAS EN AISI 316.

* SOLO PARA CASOS DE REEMPLAZO DE PARTE 402.

GALVANIC CORROSION

WHAT GALVANIC CORROSION IS

Galvanic corrosion is a localised mechanism by which metals can be preferentially corroded. This form of corrosion has the potential to attack junctions of metals, or regions where one construction metal contacts another. Frequently this condition arises because different metals are more easily fabricated into certain forms; an example might be a door frame manufactured from aluminium extrusions (aluminium extrudes extremely well into architectural sections), but with a door handle fabricated from stainless steel tube to exploit its higher strength and abrasion resistance. Galvanic corrosion is well known to most designers, specifiers and fabricators, but often the only rule in force is "don't mix metals".

WHAT CONDITIONS ARE NEEDED

For galvanic corrosion to occur there are three conditions which must be met ... and some qualifications to these conditions as well:-

Condition 1. Metals must be far apart on the galvanic series

The galvanic or electrochemical series ranks metals according to their potential, generally measured with reference to the Standard Calomel Electrode (S.C.E.). The results are often viewed as a chart similar to that on the third page of this Atlas TechNote. This chart says that the "anodic" or "less noble" metals at the negative end of the series – at the right of this diagram, such as magnesium, zinc and aluminium - are more likely to be attacked than those at the "cathodic" or "noble" end of the series such as gold and graphite. The critical point is the difference in potential of the two materials being considered as a joined pair. A difference of hundreds of millivolts is likely to result in galvanic corrosion, but only a few tens of millivolts is unlikely to be a problem. A rule of thumb is that differences over about 200mV (0.2 Volts) suggest galvanic corrosion could be a concern.

Although stainless steels are rightly considered to be towards the noble end of the spectrum, other materials are even more noble. Note particularly the position of graphite – galvanic coupling between stainless steels and graphite should be avoided. Graphite-containing gaskets, seals, packing and lubricants should not be used in contact with stainless steels in contact with sea water. Carbon black in rubber is a common source of this graphite; significant variations in the galvanic effect occur due to the use of different rubbers containing various amounts and types of carbon black filler.

Condition 2. The metals must be in electrical contact

The two different metals must be in electrical contact with each other. This is of course very common. The two metals can be bolted, welded or clamped together, or even just resting against each other.

Condition 3. The metal junction must be bridged by an electrolyte

An electrolyte is simply an electrically conducting fluid. Almost any fluid falls into this category, with distilled water as an exception. Even rain water is likely to become sufficiently conducting after contact with common environmental contaminants. If the conductivity of the liquid is high (a common example is sea water) the galvanic corrosion of the less noble metal will be spread over a larger area; in low

conductivity liquids the corrosion will be localised to the part of the less noble metal near to the junction. Different ions in the fluid also behave differently; chloride ions (such as in sea water) are particularly aggressive while hydroxide ions are often passive. The concentration of ions is relevant but the effect can be changed due to dissolution of ions from the corroding metal and to variable solubility of oxygen, among other effects.

THE AREA EFFECT

The relative area of the anode and cathode has a pronounced effect upon the amount of corrosion that occurs. A small anode (the less noble metal, such as aluminium) joined to a large cathode (the more noble metal, such as stainless steel) will result in a high current density on the aluminium, and hence a high rate of corrosion. The corrosion is concentrated by the area difference. Conversely if the area of the anode is large compared to that of the cathode this dilutes the corrosive effect, in many cases to the extent that no problem occurs. It is common practice to use stainless steel fasteners to fix aluminium sheeting or signs, but if aluminium screws were used to fix stainless steel sheet the screws may rapidly corrode.

An apparent contradiction of the area effect occurs when the component comprised of the two metals is only partly wetted. Consider for instance a stainless steel bolt in an aluminium plate; if water collects in the corner at the edge of the bolt but the remainder of the plate remains dry, the effective area of the less noble aluminium is only the wetted region, which may be only a similar size to that section of the bolt that is wetted thus it is quite possible for the aluminium plate to be galvanically attacked in the region immediately surrounding the bolt. Only the wet “area” counts.

CREVICES & STAGNANT CONDITIONS

As shown in the electrochemical series chart on the next page there are two different potentials associated with each stainless steel grade. The less noble value shown in outlined boxes is that which applies inside a crevice formed between the two dissimilar metals or such as beneath bio-fouling. Such a crevice could be from the design or fabrication of the component, and formation of biological films is more likely in stagnant or slow-flowing sea water. The result of these stagnant conditions is oxygen depletion and the less noble potential which can make the stainless steel susceptible to corrosion in conditions that might otherwise be considered non-corrosive.

PASSIVE SURFACE FILMS

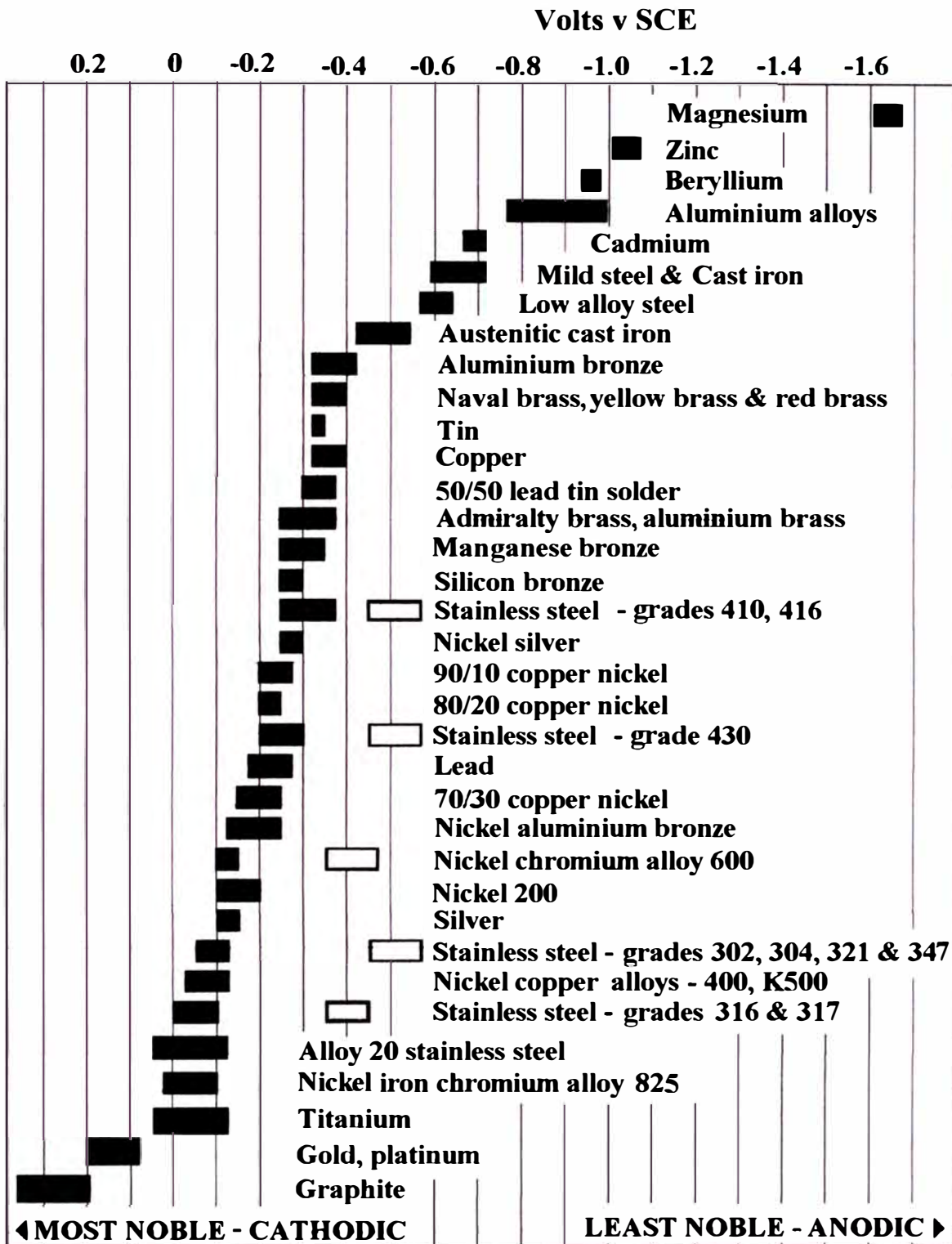
Stainless steels naturally form passive surface films – this is what makes them “stainless”. This film also reduces the amount of current available for corrosion, so slows the corrosion rate down compared to some other galvanic pairs.

AVOIDANCE OF GALVANIC CORROSION

The methods for avoidance of galvanic corrosion are in general suggested by the above descriptions of the conditions necessary for its occurrence.

Don't Mix Metals. If only one material is used in a construction the problem is avoided (Condition 1 is not present – no mixed metals). Be particularly aware of zinc plated or galvanised fasteners in stainless steel sheets – a common substitution because of perceived cost savings, better availability or just incorrect material identification. These less noble fasteners look fine when installed but are likely to be rapidly attacked.

Prevent Electrical Contact. It is often practical to prevent electrical contact between the (...cont'd page 4)



Corrosion potentials in flowing sea water at ambient temperature. The unshaded symbols show ranges exhibited by stainless steels in acidic water such as may exist in crevices or in stagnant or low velocity or poorly aerated water. The more Noble materials at the left side tend to be cathodic and hence protected; those at the right are less Noble and tend to be anodic and hence corroded in a galvanic couple.

dissimilar metals (removal of Condition 2). This may be achieved by the use of non-conducting (eg rubber or plastic) spacers, spool pieces or gaskets, perhaps in conjunction with sleeves around bolts. For the same reason a gap may be left between galvanised roofing and a stainless steel down-pipe.

Prevent the Wetted Junction. The third Condition can be removed by ensuring that no electrolyte remains at the intermetallic junction - this may require extra attention to drainage or to protection from the weather. A good covering of paint or sealant over the junction can be effective.

Use the Area Effect. The area effect should also be considered in avoiding corrosion damage, particularly in selection of fastener materials. Stainless steel fasteners can be used to hold aluminium structures, but the area effect will not apply if the wetted area shrinks over time due to evaporation.

Positively Use Galvanic Protection. The galvanic effect can also be used to provide corrosion protection. For example it is prudent to guard against possible crevices, perhaps associated with marine fouling, or simply under bolt heads, by specifying slightly more noble bolt materials. An example is the use of 316 fasteners in conjunction with 304 structural materials – the minor galvanic protection afforded the fasteners improves their corrosion resistance.

REFERENCES FOR FURTHER READING

1. Atlas Tech Note 2, "Pitting and Crevice Corrosion of Stainless Steels".
2. Sedriks, A.J., "Corrosion of Stainless Steels", Wiley Interscience, 2nd Edition, 1996.
3. ASM Specialty Handbook "Stainless Steels", ASM International, 1994.
4. AS 4036-2006 "Corrosion of metals – dissimilar metals in contact with seawater"
5. ASSDA Technical FAQ No1 "Galvanic / dissimilar metal corrosion"
6. AS HB39-1997 "Installation code for metal roof and wall cladding"

ATLAS STEELS TECHNICAL SERVICES DEPARTMENT

Atlas Steels maintains a Technical Services Department to assist customers and the engineering community generally on correct selection, fabrication and application of specialty metals. Our metallurgists are supported by our laboratory and have a wealth of experience and readily available information.

Telephone 1800 818 599 (Australia) or +61 3 9272 9963

e-mail: tech@atlassteels.com.au or tech@atlassteels.co.nz

Further information is given on the Atlas website at www.atlassteels.com.au
Contact details for the extensive Atlas branch network are also listed on this website.

LIMITATION OF LIABILITY

The information contained in this Atlas Steels Tech Note is not an exhaustive statement of all relevant information. It is a general guide for customers to the products and services available from Atlas Steels and no representation is made or warranty given in relation to this information or the products or processes it describes.

This Tech Note may be freely copied, but it is requested that the source be acknowledged.

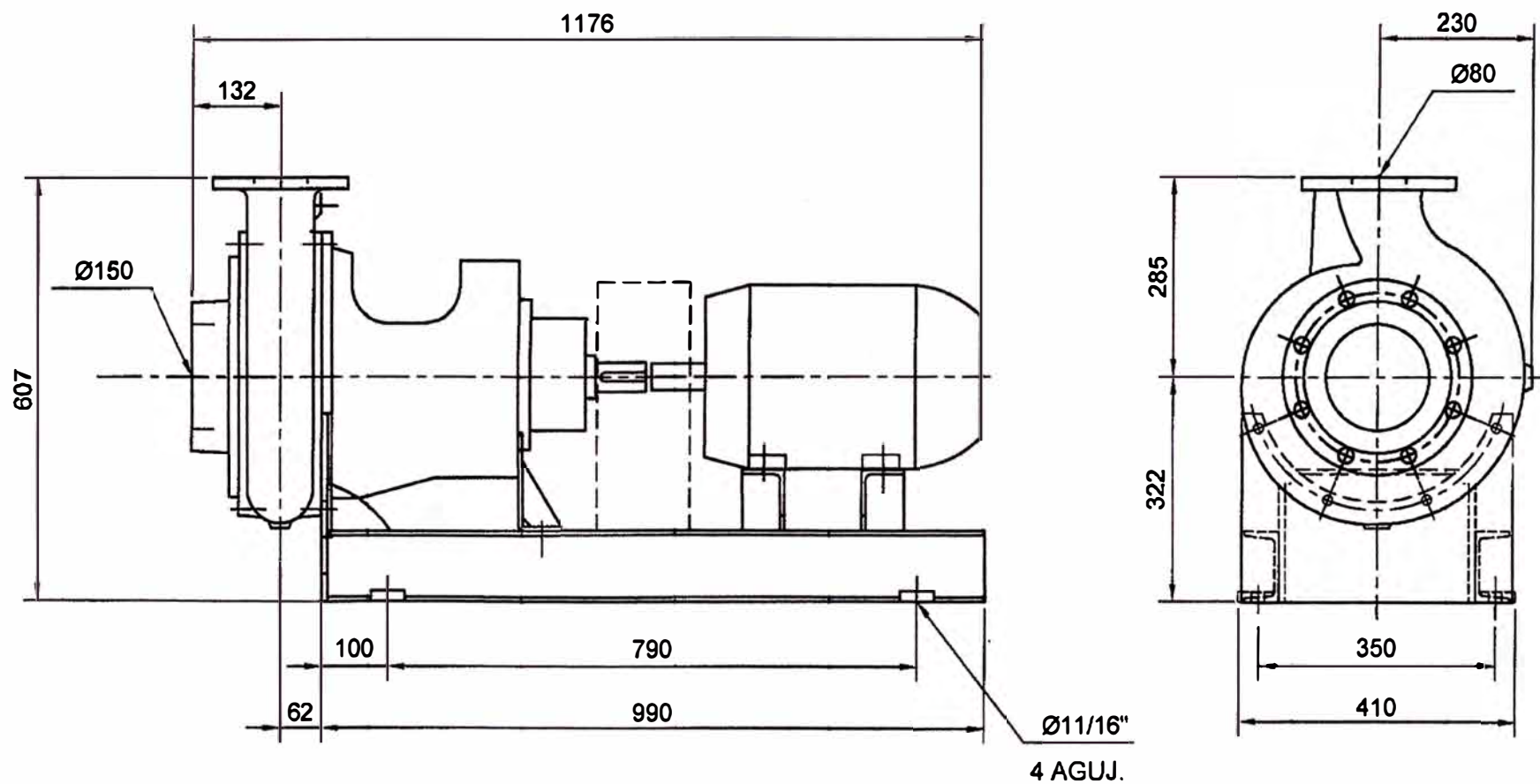
Copyright © Atlas Steels 2010

ESQUEMA DE DIMENSIONES GENERALES

EQUIPO BOMBA E03S-3A-E2S10-HBK-50TG-12.5HP-18



CLIENTE: CONSORCIO MALLA



DIB.: M.GUERRA

REV.:

APROB.:

06-03555-4_

ESQUEMA DE DIMENSIONES GENERALES BOMBA E03S-3AR-E2S10-HBK-50TG-20HP-18

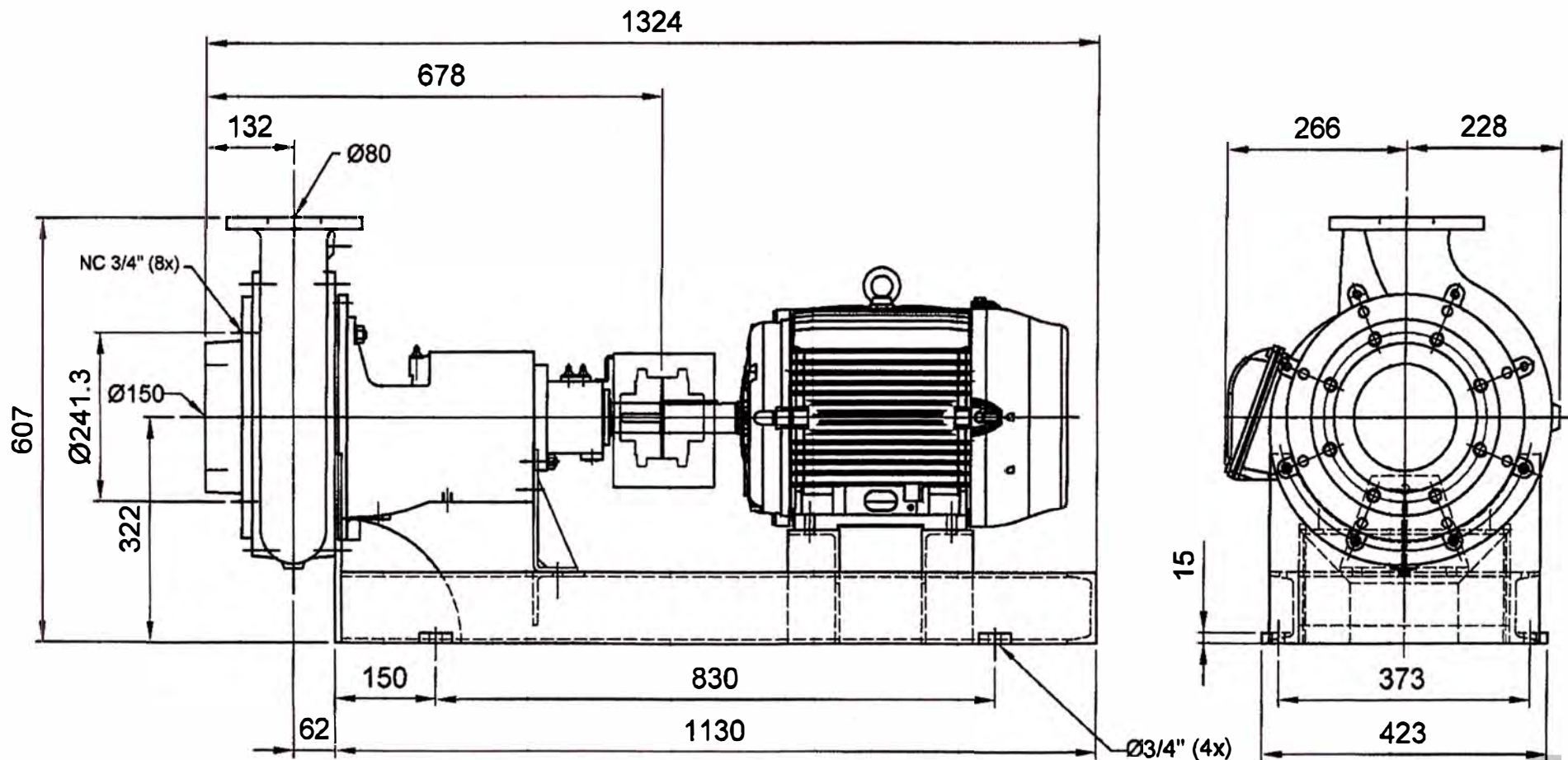


TÜVRheinland
CERT
ISO 9001
ISO 14001



hidrostat MR
SOLUCIK

CLIENTE : EPESCA



NOTAS:

- MEDIDAS EN mm SALVO INDICACION.
- BRIDAS SEGUN NORMA ANSI B16.5.
- LAS DIMENSIONES SON PRELIMINARES, NO USAR CON FINES DE CONSTRUCCIÓN.
- TODAS LAS ESPECIFICACIONES SON LAS VIGENTES AL MOMENTO DE LA EMISION DE LAS MISMAS. COMO NUESTRO OBJETIVO ES "LA MEJORA CONTINUA" ENTREGAREMOS EL PRODUCTO MEJORADO O EL ESPECIFICADO.

DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL PARA ESTRUCTURAS									
1	> 8	> 30	> 120	> 315	> 500	> 800	> 1250	> 2000	> 3150
-- 3	-- 30	-- 120	-- 315	-- 500	-- 800	-- 1250	-- 2000	-- 3150	-- 4000
± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.6	± 1.0	± 1.5	± 2.0	± 3.0	± 5.0	± 6.0

DIB.: M.GUERRA

REV. :

APROB. :

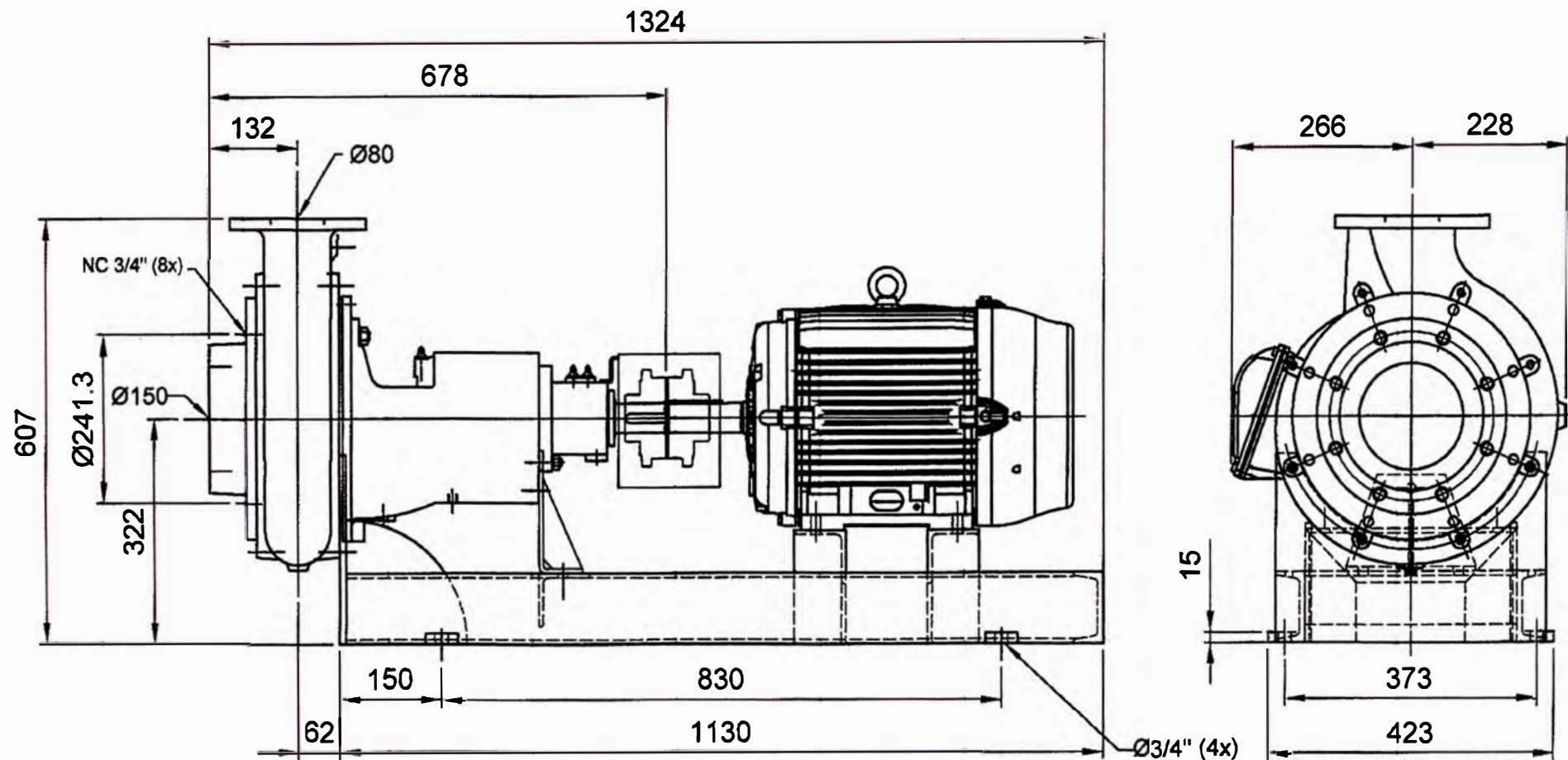
04-061315-4_

ESQUEMA DE DIMENSIONES GENERALES

BOMBA E03S-3AR-E2S10-HBK-50TG-20HP-18



CLIENTE : PESQUERA DIAMANTE



NOTAS:

- MEDIDAS EN mm SALVO INDICACION.
- BRIDAS SEGUN NORMA ANSI B16.5.
- LAS DIMENSIONES SON PRELIMINARES, NO USAR CON FINES DE CONSTRUCCIÓN.
- TODAS LAS ESPECIFICACIONES SON LAS VIGENTES AL MOMENTO DE LA EMISION DE LAS MISMAS. COMO NUESTRO OBJETIVO ES "LA MEJORA CONTINUA" ENTREGAREMOS EL PRODUCTO MEJORADO O EL ESPECIFICADO.

DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL PARA ESTRUCTURAS									
1	> 6	> 30	> 120	> 315	> 500	> 800	> 1250	> 2000	> 3150
- 3	- 30	- 120	- 315	- 500	- 800	- 1250	- 2000	- 3150	- 4000
± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.6	± 1.0	± 1.5	± 2.0	± 3.0	± 5.0	± 6.0

DIB.: M.GUERRA

REV. :

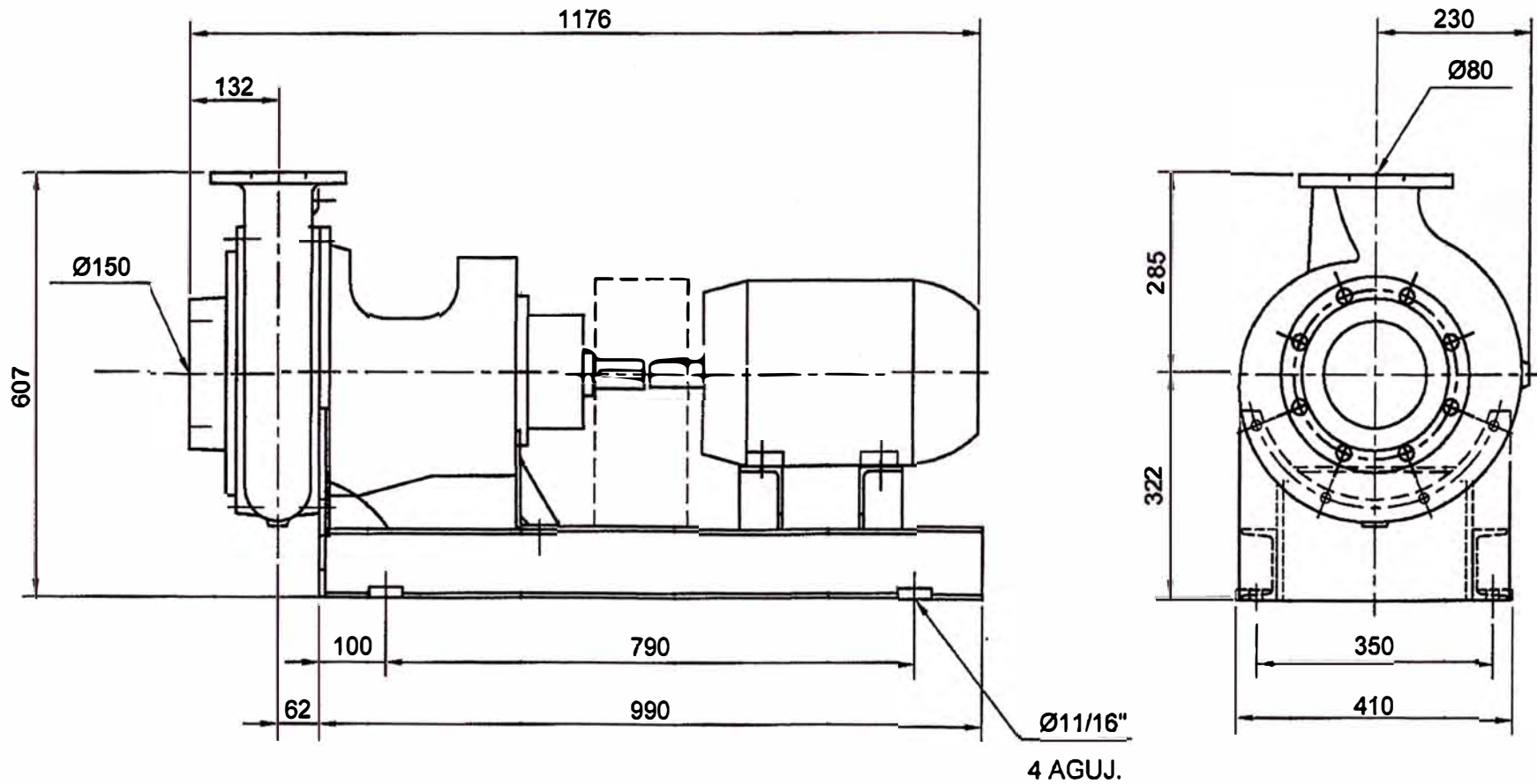
APROB. :

04-061315-4_

ESQUEMA DE DIMENSIONES GENERALES

EQUIPO BOMBA E03S-3A-E2S10-HBK-50TG-10HP-18

CLIENTE: PRISCO



DIB.: M.GUERRA 27-8-2004

REV.:

APROB.:

06-03555-4_

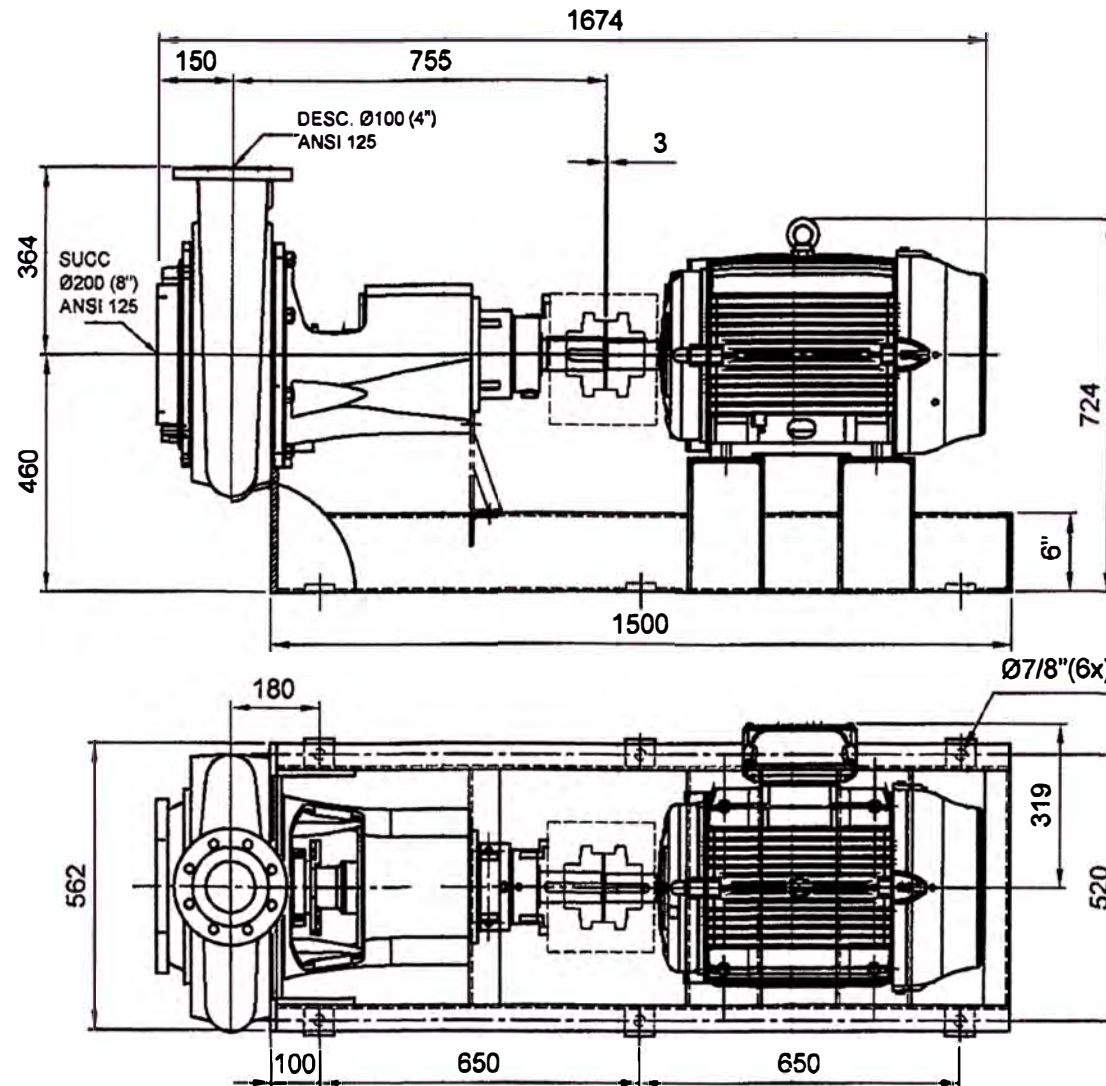
I:\TABLAS\03 - Linea 3105 - TIPO SHIBI\E3S-E2S+W\32M.dwg

ESQUEMA DE DIMENSIONES GENERALES

EQUIPO BOMBA F04S-3A-F2S10-HBK-70TG-40HP-18



CLIENTE : SIPESA



NOTAS:
 - MEDIDAS EN mm SALVO INDICACIÓN.
 - TODAS LAS ESPECIFICACIONES SON LAS VIGENTES AL MOMENTO DE LA EMISIÓN DE LAS MISMAS. COMO NUESTRO OBJETIVO ES "LA MEJORA CONTINUA" ENTREGAREMOS EL PRODUCTO MEJORADO O EL ESPECIFICADO.

DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL PARA ESTRUCTURAS										
1	> 6	> 30	> 120	> 315	> 500	> 800	> 1250	> 2000	> 3150	> 4000
- 3	- 30	- 120	- 315	- 500	- 800	- 1250	- 2000	- 3150	- 4000	
± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.6	± 1.0	± 1.5	± 2.0	± 3.0	± 5.0	± 6.0	

DIB.:	REV.:	APROB.:	04-041312-4_
-------	-------	---------	--------------

H:\TABLAS\03-Linea 306-TIPO SHRODIMENSIONES EQUIPO HB F-4S-F-2S+WE-G 2001.dwg



Dimensiones y pesos de tubos de acero sin soldadura y soldados

Según ASME/ANSI B-36.10

Ø nominal pulgadas	Ø nominal mm	Espesores y pesos B-36.10										Espesores y pesos API 5L		
		sch. 10	sch. 20	sch. 30	sch. 40	sch. 60	sch. 80	sch. 100	sch. 120	sch. 140	sch. 160	STD standard	XS extrafuerte	XXS doble extrafuerte
1/8	10,3				0,36 1,73		0,46 2,41					0,36 1,73	0,46 2,41	
1/4	13,7				0,63 2,23		0,80 3,02					0,63 2,23	0,80 3,02	
3/8	17,1				0,85 2,31		1,10 3,20					0,85 2,31	1,10 3,20	
1/2	21,3				1,26 2,77		1,62 3,73				1,95 4,75	1,26 2,77	1,62 3,73	2,54 7,47
3/4	26,7				1,68 2,87		2,19 3,91				2,89 5,56	1,68 2,87	2,19 3,91	3,63 7,82
1	33,4				2,50 3,38		3,23 4,55				4,23 6,35	2,50 3,38	3,23 4,55	5,45 9,10
1 1/4	42,2				3,38 3,56		4,46 4,85				5,60 6,35	3,38 3,56	4,46 4,85	7,75 9,70
1 1/2	48,3				4,05 3,68		5,40 5,08				7,23 7,14	4,05 3,68	5,40 5,08	9,54 10,16
2	60,3				5,43 3,91		7,47 5,54				11,10 8,73	5,43 3,91	7,47 5,54	13,44 11,07
2 1/2	73,02				8,62 5,16		11,40 7,01				14,90 9,52	8,62 5,16	11,40 7,01	20,38 14,02
3	88,9				11,28 5,49		15,24 7,62				21,30 11,13	11,28 5,49	15,24 7,62	27,65 15,24
3 1/2	101,6				13,60 5,74		18,62 8,08					13,56 5,74	18,62 8,08	
4	114,3				16,06 6,02		22,29 8,56		28,24 11,13		33,50 13,49	16,06 6,02	22,29 8,56	40,98 17,12
5	141,3				21,76 6,55		30,93 9,52		40,24 12,70		49,05 15,87	21,76 6,55	30,93 9,52	57,36 19,05
6	168,3				28,23 7,11		42,52 10,97		54,19 14,29		67,49 18,26	28,23 7,11	42,52 10,97	79,10 21,95
8	219,1	33,28 6,35	36,75 7,04	42,48 8,18	53,06 10,32	64,57 12,70	75,78 15,08	90,31 18,26	100,87 20,62	111,87 23,02	111,87 23,02	42,48 8,18	64,57 15,08	107,78 22,22
10	273	41,73 6,35	50,95 7,80	60,23 9,27	81,46 12,70	95,83 15,08	114,58 18,26	132,83 21,43	154,95 25,40	171,95 28,58	171,95 28,58	60,23 9,27	81,46 12,70	
12	323,9	49,68 6,35	65,13 8,38	79,71 10,32	108,95 14,27	131,79 17,48	159,65 21,43	186,73 25,40	207,84 28,57	238,57 33,32	238,57 33,32	73,76 9,52	97,36 12,70	
14	355,6	54,62 6,35	67,98 7,92	81,25 9,52	94,31 11,13	126,48 15,08	157,92 19,05	194,62 23,83	224,33 27,78	253,29 31,75	281,46 35,72	81,21 9,52	107,28 12,70	
16	406,4	62,58 6,35	77,92 7,92	93,12 9,52	123,18 12,70	160,02 16,67	203,29 21,43	245,31 26,19	286,30 30,96	332,67 36,53	364,89 40,49	93,12 9,52	123,18 12,70	
18	457,2	70,58 6,35	87,85 7,92	122,12 11,13	155,87 14,27	205,74 19,05	255,36 23,80	309,68 29,36	363,56 34,93	408,67 39,67	459,37 45,24	105,02 9,52	139,07 12,70	
20	508	78,56 6,35	116,96 9,52	154,96 12,70	183,26 15,06	247,82 20,62	311,03 26,18	381,53 32,54	441,53 38,10	508,66 44,45	564,54 50,01	116,97 9,52	154,97 12,70	
24	609,6	94,45 6,35	140,80 9,52	209,43 14,27	254,78 17,44	355,26 24,59	441,94 30,94	547,71 38,89	639,00 46,02	720,94 52,37	807,32 59,51	140,80 9,52	186,75 12,70	
26	660,4	127,50 7,92	202,83 12,70									152,87 9,52	202,83 12,70	
28	711,2	137,42 7,92	218,73 12,70	272,18 15,88								164,80 9,52	218,73 12,70	
30	762	147,36 7,92	234,64 12,70	292,06 15,88								176,73 9,52	234,64 12,70	
32	812,8	157,28 7,92	250,55 12,70	311,95 15,88	342,70 17,48							188,66 9,52	250,55 12,70	
34	863,6	167,94 7,92	266,46 12,70	331,83 15,88	364,01 17,48							200,59 9,52	266,46 12,70	
36	914,4	177,13 7,92	282,36 12,70	351,72 15,88	420,21 19,05							212,52 9,52	282,36 12,70	
38	965,2											224,54 9,52	298,24 12,70	
40	1016											236,53 9,52	314,22 12,70	
42	1066,8											248,52 9,52	330,19 12,70	

□ Peso Kg/m.

□ Espesor mm.

Composición química y propiedades mecánicas: ver págs. 58 y 59.