

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD
CENTRO DE PRODUCCIÓN ANGOSTURA**



Proyectos

“Control de Equipo Metrológico”

“Diseño de un Sistema de Bombeo de Agua Potable”

**Informe de Práctica de Especialidad para optar por el grado de Bachiller
en Ingeniería en Mantenimiento Industrial**

Realizado por : BERNY PORRAS SÁNCHEZ

Profesor Asesor : ING. Luis Gómez Gutiérrez

Asesor de la Empresa : ING. Guillermo Hernández

NOVIEMBRE 2003

AGRADECIMIENTO

A todas aquellas personas que colaboraron directa e indirectamente durante mi etapa de estudiante, y en mi proyecto de graduación, a todas las personas que laboran en el Centro de Producción Angostura, por su ayuda, apoyo y amistad brindada.

A mi familia, que gracias a su esfuerzo, me estimularon para alcanzar una meta.

Y sobre todas las cosas DIOS.

DEDICATORIA

Este proyecto de graduación está dedicado a mis padres y hermano, que en todo el camino recorrido estuvieron a mi lado, brindándome su ayuda y comprensión.

RESUMEN

Este trabajo fue realizado en el Centro de Producción de Angostura, que forma parte del Instituto Costarricense de Electricidad, que se encuentra ubicado en el cantón de Turrialba (Cartago). Este Centro se dedica a la generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de las fuentes hídricas de la zona. Los presentes estudios sirven como una herramienta para establecer un mejor control de los equipos sujetos a intervención metrológica, y el establecimiento de un adecuado sistema de bombeo de agua potable.

En el Centro de Producción Angostura se debe establecer un procedimiento o norma bajo el cual se administre la gestión metrológica de la UEN Producción Electricidad, para garantizar el adecuado cumplimiento del apartado 7.6 de la norma ISO 9001-2000 y del 4.5.1 de la norma ISO 14001-1996. Hasta el momento no se ha podido lograr, por no haber recabado toda la información que se necesita para dicha finalidad.

El proyecto de control de equipo metrológico, presenta un estudio de todos los instrumentos de medición que intervienen en el proceso de generación de energía eléctrica.

El control de estos instrumentos se realizó mediante la creación de un inventario metrológico; donde se agrupan los instrumentos según su función dentro del proceso de la planta, el inventario metrológico se elaboró en el programa de computo Microsoft Excel. Con la información que se obtuvo del inventario, se procedió a la creación de fichas técnicas metrológicas de todos los instrumentos; para así poder realizarles calibraciones, estas fichas fueron elaboradas en el programa de computo Microsoft Word.

Actualmente en el área del Vertedor, se cuenta con un sistema de bombeo de agua potable, encargado de abastecer todas las diferentes instalaciones que ahí se encuentran. Este sistema fue construido durante la creación del Proyecto Hidroeléctrico Angostura, por lo que no se cuenta con

planos del mismo y al sistema no se le puede dar mantenimiento pues solo se cuenta con una bomba para el abastecimiento, la cual no se puede excluir de función por que se dejaría de abastecer el lugar.

En el diseño de un sistema de bombeo de agua potable, lo que se busca es cambiar el sistema que se encuentra actualmente en el área del vertedor.

El nuevo sistema expone un estudio completo para determinar los requerimientos necesarios que cubran la demanda actual, también se determina una red completamente nueva para la distribución de agua potable, incluyendo los principales datos técnicos del nuevo sistema, como son la bomba, las tuberías y los principales accesorios de los tramos de la red. Se generan las recomendaciones principales para mejorar el nuevo sistema.

ÍNDICE GENERAL

Sección	Página
<i>Índice General</i>	<i>i</i>
<i>Índice de Tablas</i>	<i>iv</i>
<i>Índice de Figuras</i>	<i>v</i>
CAPÍTULO I	6
GENERALIDADES DE LA EMPRESA	6
<i>I. Instituto Costarricense de Electricidad</i>	<i>7</i>
<i>II. Centro de Producción Angostura</i>	<i>9</i>
CAPÍTULO II	14
CONTROL DE EQUIPO METROLÓGICO	14
<i>I. Campo de Estudio</i>	<i>15</i>
<i>II. Justificación de Proyecto</i>	<i>16</i>
III. OBJETIVO GENERAL	17
IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
V. ALCANCES Y LIMITACIONES	18
VI. MARCO TEÓRICO	19
<u> </u>A. Calidad y Metrología	20
<u> </u>B. Metrología en las empresas	22

<u>C. Metrología en la UEN Producción Energía</u>	27
<u>D. Métodos de Control</u>	30
VII. METODOLOGÍA	31
ETAPA I. CONOCIMIENTO	32
ETAPA II. INVENTARIO METROLÓGICO	32
ETAPA III. FICHAS TÉCNICAS METROLÓGICAS	33
VIII. DESARROLLO	34
ETAPA II. INVENTARIO METROLÓGICO	35
ETAPA III. FICHAS TÉCNICAS METROLÓGICAS	45
IX. RESULTADOS	49
ETAPA II. INVENTARIO METROLÓGICO	50
ETAPA III. FICHAS TÉCNICAS METROLÓGICAS	54
X. CONCLUSIONES	55
XI. RECOMENDACIONES	58
Capítulo III	60
DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE	60
I. CAMPO DE ESTUDIO	61
II. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	62
III. OBJETIVO GENERAL	63
IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	63
V. ALCANCES Y LIMITACIONES	64
VI. MARCO TEÓRICO	65
<u>A. Bombas de Agua</u>	66

Clasificación de Bombas	66
<u> </u>B. SDR de las tuberías a utilizar	73
VII. METODOLOGÍA	74
ETAPA I. CONOCIMIENTO DEL SISTEMA	75
ETAPA II. PARÁMETROS DE DISEÑO	75
ETAPA III. ANÁLISIS	76
VIII. DESARROLLO	79
IX. RESULTADOS	92
COSTOS DE LA OBRA	100
X. CONCLUSIONES	102
XI. RECOMENDACIONES	104
BIBLIOGRAFÍA	106
ANEXOS	108
ANEXO I	109
ANEXO II	111
ANEXO III	113
ANEXO IV	115
ANEXO V	117
ANEXO VI	119
ANEXO VII	128
ANEXO VIII	132
ANEXO IX	132
ANEXO X	132
ANEXO XI	132

ÍNDICE DE TABLAS

Nº	Descripción	Página
1	Movilidad del instrumento	33
2	Código de equipo	34
3	Prioridad de calibración	38
4	Caudales	89
5	Presiones de ariete	90
6	Diámetros obtenidos	91
7	Pérdidas por accesorios en metros	92
8	Pérdidas de carga del sistema	94
9	Pérdidas total de descarga	95
10	Costos de la obra	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Descripción	Página
1	Gestión de la calidad	17
2	Ficha técnica metrológica	43
3	Montaje de bomba	63
4	Curvas características de bombas	66
5	Ejemplo de altura geométrica	67
6	Curva altura - capacidad	73

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

I. INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), fue creado el 8 de abril de 1949 mediante el decreto Ley N^o 449 como resultado de una larga lucha librada por varias generaciones de costarricenses en procura de una solución definitiva al problema de la escasez de energía, y en apego de la soberanía nacional en el campo de la explotación de los recursos hidroeléctricos del país.

El ICE se creó como institución autónoma encargada del desarrollo de las fuentes productoras de energía eléctrica de la nación .

Algunas de las funciones que se le encomendaron fueron las siguientes:

- ◆ Solucionar el problema de escasez de energía eléctrica en Costa Rica, mediante la construcción y puesta en servicio de más plantas de energía hidroeléctrica, con sus correspondientes redes de distribución.
- ◆ Promover el desarrollo del país, mediante el uso de la energía eléctrica como fuente de fuerza motriz.
- ◆ Procurar la utilización racional de los recursos naturales y terminar con su explotación destructiva e indiscriminada.
- ◆ Conservar y defender los recursos hidráulicos de la república, mediante la protección de las cuencas, las fuentes, los cauces de los ríos y las corrientes de agua.
- ◆ Hacer de sus procedimientos técnicos, administrativos y financieros modelos de eficiencia capaces de garantizar el buen funcionamiento del Instituto y servir de norma a otras actividades costarricenses.

El ICE inició sus funciones de generación eléctrica con una capacidad de 36637 kW, insuficiente para satisfacer la demanda. La solución a dicho problema se ofrece mediante la construcción organizada de plantas generadoras de electricidad.

El primer gran proyecto hidroeléctrico desarrollado por el ICE fue en 1958 cuando entro a generar la Planta Hidroeléctrica de la Garita ubicada en Alajuela, con una capacidad de 30000 kW.

Asimismo existe el Sistema Nacional Interconectado, medio de transmisión de la energía eléctrica a todo el país. Este sistema tiene su origen en el Plan de Electrificación Nacional de 1948, donde se busca fundir en un solo sistema eléctrico la generación de energía, para así lograr la interconexión de todos los subsistemas que operan en el país.

Actualmente Costa Rica cuenta con uno de los más modernos y eficientes servicios de electrificación en el mundo, brindando una cobertura del 97 % al territorio nacional.

II. CENTRO DE PRODUCCIÓN ANGOSTURA

Descripción

El Centro de Producción de Angostura es el principal componente del Programa de Desarrollo Eléctrico III. Éste se ha financiado con fondos del Banco Internacional de Desarrollo (BID), el Banco Europeo de Inversiones (BEI), y un convenio de donación y recursos del Instituto Costarricense de Electricidad. El costo de la obra se estimó en 320 millones de dólares, sin embargo, la obra tuvo un costo de 250 millones de dólares.

En la década de 1950, el Instituto Costarricense de Electricidad inició los estudios sobre la cuenca del río Reventazón, con el fin de medir su potencial para futuros proyectos hidroeléctricos. Con estos estudios, más la ubicación de la cuenca con respecto a los centros de mayor consumo de energía y la fuerte pendiente del cauce principal, se comprobó que este río es uno de los principales recursos energéticos con que cuenta Costa Rica.

Como producto de lo anterior, el ICE consideró en 1971 que el Proyecto Angostura, situado en el cantón de Turrialba, tenía las mayores posibilidades de aprovechamiento inmediato. Sin embargo, por falta de presupuesto, el proyecto tuvo que ser pospuesto y en sustitución, se realizó el Proyecto Arenal, el cual presentaba menores inversiones y ventajas similares.

Es hasta finales de 1992 cuando se dio inicio a las labores de ejecución del Proyecto Hidroeléctrico Angostura. Para octubre de 1993 se comienzan los movimientos de tierra para la construcción del plantel central. En 1999 se concluyó la construcción de la presa, la toma de aguas y el vertedor auxiliar. Al finalizar este año se tenía un 95 % de avance total del proyecto.

Para marzo del 2000 se inició el llenado del embalse e igualmente en abril de ese año se llenó el túnel de conducción. Y a finales del primer semestre del 2000 se concluye este proyecto, que es en la actualidad la planta hidroeléctrica de mayor potencia del país.

El Proyecto Hidroeléctrico Angostura se ubica a seis kilómetros de la ciudad de Turrialba, Provincia de Cartago, y forma parte del desarrollo hidroeléctrico de la cuenca del río Reventazón, en la Vertiente Atlántica.

Abastecimiento

Embalse

La Planta utiliza las aguas del río Reventazón, cuyo caudal promedio anual en el sitio de la presa es de $103 \text{ m}^3/\text{s}$, por medio de una presa del tipo de enrocamiento con núcleo impermeable, posee una altura máxima de 38 metros y una longitud de la cresta de 235 metros. Esta presa forma un embalse de regulación semanal de 256 hectáreas, con un volumen útil de 11 millones de metros cúbicos de agua con regulación diaria y semanal, oscilando el nivel de aguas en 7.0 m a una elevación de 577 m.s.n.m. En la margen derecha de este mismo sitio se encuentran las obras de excedencia y la toma de agua. Para nutrir al embalse se cuenta con las aguas de los ríos Tuis y Turrialba, cuyos caudales promedio anual son de $5.1 \text{ m}^3/\text{s}$ y $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente.

Las aguas del río Turrialba se toman por medio de una pequeña presa vertedora formada por dos muros laterales, en los extremos, una toma de agua, una descarga de fondo y un tramo de presa. Las aguas son transportadas hacia el embalse por medio de un túnel de 854 metros de longitud, una trinchera de 606 metros y un canal de 3641 metros.

Las aguas del río Tuis se toman, igualmente, por medio de una presa derivadora de 69 metros de largo, formada por dos muros de enrocamiento.

Presa

La presa es del tipo enrocamiento con núcleo impermeable inclinado aguas abajo. Esta presa tiene una altura máxima de 41 m, la cresta tiene una longitud de 240 m y un ancho de 10 m, presenta un borde libre de 2,5 m sobre el nivel máximo de crecientes. El núcleo es de un material limo-arcilloso, presenta un ancho máximo en su base de 20 m y uno de 4 m en su cúspide. En el contacto del enrocado con el núcleo se colocó un filtro grueso de 2 m de espesor, aguas abajo se colocó un filtro fino de 1 m de espesor y un filtro grueso de 2 m de espesor, este último para formar una cama de drenaje.

Se cuenta con un vertedero principal de tipo frontal, con cuatro compuertas radiales, y un vertedero secundario de emergencias, constituido por un dique fusible y un canal de descarga de 135 m de ancho. También poseen una descarga de fondo cuya capacidad se ha establecido en 300 m³/s. Sumando toda la capacidad de evacuación se alcanzan 8 300 m³/s, que corresponden al caudal pico de la avenida máxima probable.

Conducción

La toma de aguas, localizada cerca del vertedero principal, tiene capacidad para derivar 160 m³/s.

En el embalse principal las aguas son capturadas por medio de una toma de aguas de concreto reforzado, con una capacidad de 160 m³/s y una compuerta tipo vagón, para luego ser trasladadas a la casa de máquinas mediante la conducción general. Su ubicación cerca de la descarga de fondo y la grada de atrape de sedimentos con una altura de 10 m, garantiza un adecuado funcionamiento, libre de sedimentos. Para evitar la entrada de objetos flotantes se cuenta con un juego de 32 paneles de rejillas. La conducción inicia después de la toma de aguas, con un túnel de 6 188 m de longitud total. Los primeros 1 000 m de longitud del túnel son de baja cobertura, que incluye el paso por debajo del río

Tuis. Luego un segundo tramo de conducción con 4 688 metros de longitud, con un diámetro de 7 m. Los 500 m finales del túnel tienen un diámetro de 5.8 m y 6.4 m.

Tanque de oscilación

Se ubica a 300 m del final del túnel, es una estructura para la protección de éste y de la tubería de presión, consiste en un tanque de orificio restringido de 20 m de diámetro y 86 m de altura, enterrado en un 52 %. La tubería forzada tiene una longitud de 327 m. La mayor parte de la tubería está expuesta superficialmente y su diámetro característico es de 5.60 m. A su llegada a la casa de máquinas cuenta con un trifurcador cuyo diámetro varía de 5.60 m a 2.80 m, en cada uno de los tres ramales.

Casa de Máquinas

El edificio principal comprende un área total de 974.54 m² y se encuentra a la margen derecha del río Reventazón, es una estructura semienterrada y dividida en cinco niveles. Esta es la edificación que alberga los tres equipos turbogeneradores y el área de control central. También se presenta aquí el canal de restitución mediante el cual se reintegran las aguas al cauce del río, una vez que han sido aprovechadas. Entre los suministros electromecánicos está la válvula de conducción, de tipo mariposa, la más grande en su género en el país(6 m de diámetro).Para su operación de apertura utiliza dos servomotores y para los cierres utiliza unos contrapesos ubicados en los brazos de la palanca de los servomotores.

Inmediatamente aguas arriba de cada turbina hay una válvula de admisión, de confección y funcionamiento similar; a la instalada en la conducción, con excepción de su tamaño: es de un solo servomotor y contrapeso.

Las tres turbinas tipo Francis son de eje vertical, operan a una caída neta de 124.2 m, consumen un caudal nominal de 53.75 m³/s, generando en el eje de turbina una potencia de 62 432 KW a una velocidad de operación de 300 rpm.

La potencia nominal de cada generador es de 67.53 MVA, el factor de potencia de 0.85, el voltaje nominal de 13 800 V, la frecuencia de 60 Hz , 24 polos, aislamiento clase F y la velocidad de rotación del rotor es de 300 rpm.

Esto permite generar una potencia de 177 MW y producir una energía media anual de 970 GW/h, ésta es llevada al Sistema Nacional Interconectado mediante la Subestación Elevadora de Angostura y la Línea de Transmisión Angostura – Cóncavas de 40 kilómetros de longitud en circuito sencillo de 138 kv.

CAPÍTULO II

CONTROL DE EQUIPO METROLÓGICO

I. CAMPO DE ESTUDIO

La presente investigación se centra en los diferentes instrumentos, sujetos a intervención metrológica que se ubican en todo el Centro de Producción Angostura.

Este estudio se basa en establecer un procedimiento o norma, bajo el cual se administre la gestión metrológica de la Unidad Estratégica de Negocio (UEN) Producción Electricidad del Centro de Producción Angostura.

Los instrumentos de medición se ubican en el Embalse, Sistema de Conducción, Sala de Control, Unidades Generadoras, Talleres y Almacén.

En el embalse se ubican: la represa, compuertas, recepción de las tomas de agua, casetas de control, sistemas de emergencia y limpia rejas.

En las unidades generadoras se tienen turbinas, motores, compresores, manómetros y gobernador.

II. JUSTIFICACIÓN DE PROYECTO

Este proyecto tiene como fin llevar un control de todos los equipos de medición con los que cuenta la UEN Producción Electricidad de Angostura.

En el Centro de Producción Angostura se debe establecer un procedimiento o norma bajo el cual se administre la gestión metrológica de la UEN Producción Electricidad, para garantizar el adecuado cumplimiento del apartado 7.6 de la norma ISO 9001-2000 y del 4.5.1 de la norma ISO 14001-1996. Hasta el momento no se ha podido lograr, por no haber recabado toda la información que se necesita para dicha finalidad.

Una vez que se cuente con toda la documentación se habrá culminado con la NORMA PARA GESTION METROLÓGICA.

III. OBJETIVO GENERAL

Tener un registro actualizado de todos los equipos metrológicos con que cuenta el Centro de Producción de Angostura.

IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Automatizar la información con el fin de elaborar los reportes necesarios para la administración de los equipos de medición.
2. Realizar el llenado del Inventario Metrológico, con base en la información poseída en la Planta.
3. Creación de la Fichas Técnicas con información sobre los instrumentos de medición.

V. ALCANCES Y LIMITACIONES

Este trabajo será un instrumento con el cual se tendrá un mejor control de los instrumentos de medición existentes en el Centro de Producción Angostura. Se dispondrá de la información requerida de cada instrumento en una forma digitalizada en archivos computarizados y en papel para un mejor aprovechamiento de los mismos.

Logrando la definición de una metodología y de parámetros para la mejora continua, se podrá dar base a programas eficientes de mantenimiento en el futuro.

Dentro de las limitaciones presentadas en el estudio, una consiste en que la persona encargada de recopilar la información de los diferentes instrumentos de medición no cuenta con el tiempo suficiente para hacerlo debido a las cantidad de laborales que debe de cumplir dentro del Centro de Producción.

VI. MARCO TEÓRICO

A. CALIDAD Y METROLOGÍA

No es posible iniciar el tema de Metrología sin abordar el tema de la calidad. Recordemos por un instante el concepto mismo de calidad, veamos: “Calidad es el grado en que un conjunto de características inherente de un producto cumple con una necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita y obligatoria”. El término “grado” no puede menos que hacernos pensar en la medición de esas características para poder determinarlo.

Es así como las mediciones y toda su problemática giran alrededor del tema de la Gestión de la Calidad y definen (en buena medida) el nivel de calidad de los productos y los procesos con los que una empresa enfrenta el mercado. Y ese mundo de las mediciones es precisamente lo que se denomina Metrología. Como consumidores tenemos clara la importancia de este campo, por tanto pagamos en función de medidas muchos de los productos que adquirimos y en general estamos rodeados de medidas (desde un kilo de papas en la feria del agricultor hasta la temperatura de un termostato, o la medición de la presión arterial de un paciente). La metrología afecta a todas las personas, es difícil salvarse de ella.

La gestión de la calidad¹, es muchas veces representada esquemáticamente como se muestra en la figura 1, donde debemos recordar que:

- Control de calidad: Es la parte de la gestión de la calidad orientada a verificar si los requisitos de la calidad se cumplen o no, efectuando para ello pruebas que determinan la idoneidad de las características de los materiales, materias primas y productos.

¹ Gestión de la calidad: Actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad.

- Normalización: Es la simplificación de objetos materiales e inmateriales para el aprovechamiento de la mayoría. Es el instrumento que ayuda a establecer una solución óptima para cuestionamientos técnicos repetitivos, tales como: medidas, terminología, símbolos, procedimientos, requerimientos técnicos, instrucciones de trabajo y métodos de prueba.
- Aseguramiento de calidad: Parte de la gestión de la calidad orientada a proporcionar confianza en que se cumplirán los requisitos de la calidad.
- Metrología: Ciencia de las mediciones, que incluye todos los aspectos teóricos y prácticas en relación a las medidas, sus incertidumbres, los equipos de medición y los procedimientos con los que se hacen.



Figura 1 Gestión de la Calidad

B. METROLOGÍA EN LAS EMPRESAS

En la función metrológica de una empresa se debe tener en cuenta: el análisis de las necesidades y la selección de los medios de medida; la recepción, puesta en servicio y seguimiento de los medios y el control del o verificación de los medios y decisiones que de allí se desprendan.

Las empresas, en general, tienen un marcado interés en los temas metrológicos, porque garantizan el control de calidad y cantidad de sus insumos, sus procesos y sus productos, así como enmarcan su acción comercial. Pero además, hoy en día, aquellas empresas que deseen o necesiten (por condiciones de mercado) estar certificados con ISO 9000, no pueden menos que establecer un sistema de confirmación metrológica, a la luz de las recomendaciones que la misma norma da.

Exigencias de la ISO 9001-2000

La ISO 9001-2000 trata el tema de las mediciones en dos fuertes contextos, la importancia de la medición en sí (incluyendo el análisis de datos derivados de tales mediciones) y el control de los dispositivos de medición. Estos tópicos se resumen en los apartados 7.5.1, 8.2.3, 8.2.4 y 7.6, que dicen:

- *7.5.1. Control de la producción y de la prestación del servicio*, que comprende entre otros el utilizar equipo apropiado, el disponer y usar los dispositivos de seguimiento y medición necesarios e implementar el seguimiento y medición.

- 8.2.3. *Seguimiento y medición de los procesos*, lo que comprende entre otros utilizar los resultados de las mediciones para mantener o mejorar los procesos.
- 8.2.4. *Seguimiento y medición del producto* para verificar que se cumplen los requisitos del mismo, lo que comprende entre otros aplicar métodos adecuados para la medición y monitoreo de las características del producto y registrar evidencias de los resultados de la medición y el monitoreo.
- 7.6. *Control de los dispositivos de seguimiento y medición*, para proporcionar la evidencia de la conformidad del producto con los requisitos determinados, este elemento comprende: establecer procesos para asegurar que el seguimiento y medición se realizan de manera coherente con los requisitos de seguimiento y medición, calibrar o verificar a intervalos especificados los equipos de medición, ajustarlos o reajustarlos según sea necesario, identificar el estado de la calibración, proteger los equipos contra ajustes que pudieran invalidar el resultado, protegerlos contra daños y deterioro durante la manipulación, el mantenimiento y el almacenamiento, evaluar y registrar la validez de los resultados (cuando el equipo no está conforme) y mantener registros de los resultados de la calibración.

Recomendaciones de ISO-10012 (1 y 2)

Esta norma, en su primera parte está dirigida a los procesos de confirmación metrológica en las empresas, señalando entre otras cosas:

- Es indispensable documentar los procedimientos utilizados para garantizar su adecuada implantación, uniformidad y validez de resultados.
- Las confirmaciones metrológicas deben ser efectuadas a intervalos adecuados.

- Debe cuidarse que los equipos de medición cumplan con las características metrológicas apropiadas (relación de incertidumbre de 1 a 3²).
- Debe designarse quien garantizará que las confirmaciones sean efectuadas.
- Es importante realizar auditorías de calidad periódica y sistemáticamente al sistema de confirmación.
- Debe identificarse las incertidumbres del proceso de medición.
- Se han de mantener registros que demuestren la capacidad de medición con detalles que prueben la trazabilidad de las mediciones.
- El equipo no conforme debe rotularse y salir de servicio.
- La rotulación de equipo debe demostrar su estado de confirmación.
- Los dispositivos de ajuste deben protegerse de manos inexpertas.
- Debe garantizarse el nivel de servicio de los entes externos que participen en el proceso de confirmación.
- Debe establecerse sistemas de recepción, manejo, transporte, almacenamiento y despacho del equipo de medición.
- Las calibraciones deben estar respaldadas por certificados, informes u hojas de control.
- Debe considerarse el efecto acumulativo de las incertidumbres.
- Debe poseerse un ambiente controlado en el área de ubicación de los patrones y equipos de medición.
- Debe garantizarse que las confirmaciones sean hechas por personal apto.

Por otra parte la norma 10012-2 se refiere a las mediciones del proceso, y llama la atención sobre la atención inmediata en las desviaciones de los límites permisibles para los parámetros del proceso. Para ello indica que debe

² Esto implica que un instrumento de medición debe poseer una incertidumbre tres veces menor que el proceso que controla y que un patrón apropiado para ese instrumento deberá presentar una incertidumbre tres veces menor que la del instrumento en sí.

identificarse las responsabilidades en la toma de acciones, y existir los procedimientos de medición, instrucciones a los operadores, reportes de validación y verificación, y determinación clara de los límites permisibles de error. Los procesos de medición deben ser caracterizados, estableciendo: la incertidumbre de uso, estabilidad, rango, resolución, repetitividad, reproductividad y nivel requerido del operador. Los datos no solo deben ser tomados sino analizados, a través de análisis numérico o gráficos de control, a intervalos apropiados y con documentación de los criterios de toma de acciones.

Recomendaciones de ISO-17025

Esta norma va dirigida a los laboratorios de ensayo y calibración, independientemente de su tamaño o alcance. En primera instancia obliga a que estos laboratorios posean un sistema de Gestión de Calidad con todos los requisitos asociados a la misma ISO 9000. Señalando en particular la importancia de asegurar los registros de toda naturaleza y la confidencialidad de los resultados, cita la condición de mantener copia de todo certificado emitido. Por otra parte, señala una serie de requisitos técnicos, que se pueden resumir así:

- Personal: Se ha de asegurar su competencia y autorizar expresamente a los firmantes de los certificados de calibración.
- Instalaciones y condiciones ambientales: Estas han de estar bajo control para que no invaliden los resultados y estar documentados y registrados, en especial ha de ponerse atención a las variables de: esterilidad, polvo, influencia electromagnética, radiación, humedad, electricidad, temperatura, ruido y vibración. El acceso a las áreas debe ser controlado.

- Métodos de calibración: Han de estar procedimentados, incluyendo las condiciones de muestreo, manipulación, transporte, almacenamiento y preparación de objetos a calibrar, estimación de incertidumbres así como determinación de las técnicas estadísticas de análisis de datos. Además ha de contarse con instructivos de uso del equipo relevante.
- Estimación de la incertidumbre de medición: Debe haber procedimientos para la estimación de la incertidumbre, cuyo rigor estará condicionado por la estrechez de los límites para las decisiones de conformidad. Todos los factores de incertidumbre deben ser considerados.
- Control de datos: Los cálculos y transferencia de datos deben estar sujetas a chequeo. Cuando se usen procesos en computadora, el software debe estar documentado y validado.
- Equipo: Ha de poseerse todo el necesario, que cumpla con alcanzar la exactitud requerida y cumplir las especificaciones de calibración, deberá estar sujeto a programas de calibración para magnitudes claves, ha de ser operado por personal autorizado que posea instrucciones de operación. Todo equipo ha de ser identificado y poseer registros de calibración y mantenimiento, así como cumplir todos los requisitos referidos a equipos de medición.
- Trazabilidad de la medición: Todos los equipos de medición del laboratorio deben estar calibrados antes de su puesta en servicio, debe darse trazabilidad al sistema internacional de unidades, a través de una cadena ininterrumpida de calibraciones que los enlace a patrones primarios.

- Patrones de referencia y materiales de referencia: Deben estar sujetos a verificaciones intermedias para mantener la confianza en su estado de calibración.
- Muestreo: Debe tenerse plan y procedimientos para muestreo, basados en métodos estadísticos apropiados.
- Manipulación de objetos de calibración: Debe haber procedimiento sobre este tema, con identificación del objeto a calibrar y controles durante la permanencia del mismo en el laboratorio.
- Aseguramiento de la calidad de los resultados: Debe existir procedimientos de control de calidad, con registro de resultados y aplicación de técnicas estadísticas para la revisión de resultados.
- Reporte de resultados: Han de ser exactos, claros y objetivos, con información requerida para la interpretación, en la norma se enlistan los contenidos mínimos que ha de poseer.
- Certificados de calibración: Ha de indicar las condiciones ambientales durante la calibración, la incertidumbre de medición, la evidencia de la trazabilidad internacional.

C. METROLOGÍA EN LA UEN PRODUCCIÓN ENERGÍA

Como se ha mencionado la Metrología es uno de los pilares de la gestión de calidad, por tanto la UEN de Producción de Energía, siendo una organización de calidad, no puede menos que incursionar en esta temática, con fuerza y decisión, para ello se ha elaborado una Norma que contiene las directrices

básicas en este campo, y un programa de trabajo dirigido a su implantación. De ambos, se extracta la siguiente información:

Inventarios metrológicos e identificación

Sobre este tema se ha dispuesto:

- Se efectuará el levantamiento de todo instrumento de medición, patrón de trabajo y patrón secundario que posea la UEN. Clasificándolos en:
 - ◆ Instrumento de medición: Instrumento para realizar las medidas de las variables de salida del producto energía o de las variables de control de los procesos productivos. Estos equipos deberán tener una precisión tal que su incertidumbre sea de tres o más veces mejor que el requerimiento de las operaciones, actividades, procesos o mediciones a realizar.
 - ◆ Patrón de trabajo: Aparato de calibración o instrumento de medición usado como base de comparación en la comprobación interna de los instrumentos de medición estacionarios. Estos equipos deberán tener una precisión tal que su incertidumbre sea de tres o más veces mejor que el requerimiento de los instrumentos de medición a confirmar.
 - ◆ Patrón secundario: Aparato de calibración usado como base de comparación en la calibración de los patrones de trabajo. Estos equipos deberán tener una precisión tal que su incertidumbre sea de cuatro o más veces mejor que el requerimiento de los patrones de trabajo a calibrar.
 - ◆ Instrumentos de medición no críticos (que no requieren control o monitoreo): Instrumento de medición que no afecta el ambiente o la calidad del producto, la

seguridad y garantía del proceso productivo, aún si la medición con el instrumento es inexacta.

- El levantamiento del inventario se efectuará en un archivo en Excel, denominado INV.METROL.XX.xls, donde XX corresponde al identificador del área de la UEN. Para su llenado deberá seguirse el “formato para la presentación del inventario metrológico”, donde se identifica toda la información de interés a registrar y la forma que debe hacerse.
- Cada equipo será identificado con un código metrológico, definido por ocho dígitos, conformados de la siguiente manera: XX-Y-ZZZ-LL, donde XX corresponde al identificador del área, Y el tipo de instrumento (combinando las variables de clase y uso), ZZZ es un consecutivo por Centro de Producción y LL es un identificador alfabético del lazo.
- Al momento de levantar el inventario metrológico, los Centros de Producción descalificarán los instrumentos que no serán sujetos de confirmación metrológica, al designarlos como instrumentos no críticos (NC) y asignarán el criterio de prioridad de la calibración al equipo.
- El encargado de Metrología del Centro de Producción será el responsable de mantener actualizado el inventario metrológico con los resultados de los procesos de intervención y la incorporación o descenso del equipo existente, replicando su base de datos al Proceso de Asegurar Calidad, en forma mensual.
- El encargado de Metrología deberá mantener una impresión de la ficha técnica de cada equipo de medición, utilizando los registros del Inventario Metrológico. Los registros de las comprobaciones internas podrán ser efectuados en lapicero sobre la ficha técnica y los reportes de calibración serán archivados

junto a la ficha técnica del equipo o patrón calibrado en el Centro de Documentación del área respectiva.

D. MÉTODOS DE CONTROL

El inventario metrológico de cada área debe mantenerse actualizado en forma constante. En cada área deberán mantener como respaldo una actualización anterior a la última y la vigente.

El inventario total de la UEN deberá ser custodiado en Asegurar Calidad en forma permanente y electrónica. Se deberá mantener copia integral de los archivos de junio y diciembre de cada año.

El encargado de Mantenimiento del Centro de Producción deberá mantener el programa de comprobación interna de equipos y el de calibraciones durante tres años.

Los registros de la confirmación interna se anotan sobre la ficha técnica y se mantienen durante cinco años.

Los certificados de calibración se anotan en la ficha técnica y se mantienen durante cinco años.

Los laboratorios secundarios deben mantener una copia de todos los certificados de calibración por ellos emitidos.

El proceso metrológico, como actividad propia del área de mantenimiento, deberá quedar registrada en el SIMA.

En el Anexo VI se podrá leer una reseña histórica acerca de la metrología.

VII. METODOLOGÍA

ETAPA I. CONOCIMIENTO

1. Familiarizarse con los procesos a que se dedica la empresa.
2. Comprender los procedimientos administrativos y documentos aplicados a la gestión metrológica y sus afines.
3. Entender y manejar la forma de llenado del Inventario Metrológico.
4. Reconocer los diferentes equipos que cuentan con instrumentos de medición.
5. Estudiar los manuales referentes a los equipos existentes en la Planta.
6. Conocer y manejar la forma de llenado de las Fichas Técnicas Metrológicas.

ETAPA II. INVENTARIO METROLÓGICO

El levantamiento del inventario se efectuará en un archivo en Excel, denominado INV.METROL.XX.xls, XX corresponde al identificador del área de la UEN. Para su llenado deberá seguirse el “formato para la presentación del inventario metrológico”, donde se identifica toda la información de interés por registrar y la forma en que debe hacerse.

Para realizar el llenado del inventario metrológico se deben conocer los diferentes equipos con que cuenta la planta, su ubicación y función dentro del proceso de generación de electricidad.

En este inventario se clasificaron los equipos en:

- a) Inventario no crítico (no tienen que ver directamente en el proceso de generación).
- b) Inventario de producto y proceso (intervienen directamente en el proceso de generación).
- c) Instrumentos portátiles (multiprobadores, medidores de ruido, micrómetros, etc).

ETAPA III. FICHAS TÉCNICAS METROLÓGICAS

Las fichas técnicas se llenan utilizando los registros del inventario metrológico. Para esto se utiliza un software de computadora para crear la ficha y almacenar la información, éste es (Microsoft Word 97 o versiones posteriores). Se deberá de mantener una impresión de la ficha técnica, durante un período de cinco años.

VIII. DESARROLLO

ETAPA II. INVENTARIO METROLÓGICO

El inventario metrológico está conformado por treinta cinco columnas que se llenan de la siguiente manera.

Area (columna “ A ”)

Campo conformado por tres dígitos alfabéticos que indican la planta o área que posee el instrumento, según el número asignado a cada una en el SIMA.

Para esta planta la identificación es (ANG).

Unidad (columna “ B ”)

Corresponde a uno o dos dígitos alfanuméricos. Cuando un instrumento de medición se asocia directa y exclusivamente a una unidad de generación en particular, se indica aquí el número de tal unidad, tal como es conocida en el Centro de Producción.

La Planta de Generación de Angostura posee tres unidades generadoras.

Código Sistema (columna “ C ”)

Corresponde al número de código asignado a los sistemas de los Centros, en la definición única para el SIMA.

El código para la planta es (54).

Objeto de Mantenimiento (columna “ D ”)

Corresponde a un número de dos a ocho dígitos que le es asignado, al instrumento de medición, en la Planta dentro del SIMA y que responde a su estructura particular

Lazo (columna “ E ”)

Un conjunto de instrumentos interrelacionados y dependientes, que a través de ellos se sientan, transforman y muestran el valor de una variable específica. Los lazos de instrumentos dentro de un mismo Centro de Documentación, se identificarán con letras consecutivas en mayúscula, bajo orden alfabético, si una planta tuviese más de 28 lazos, se continuará la numeración con AA, seguido de AB y así consecutivamente. De esta forma todos los instrumentos asociados a un mismo lazo tendrían una misma letra y los independientes carecerán de identificación en esta columna.

Para este trabajo se crearon 23 lazos, que van de la A hasta la V.

Tipo (columna “ F ”)

Un dígito numérico que identifica la intercalación entre la clase del instrumento y su movilidad, según la codificación indicada en la tabla siguiente, donde “ instrumento de medición ” es todo aquel dispositivo que se utilice para registrar, transmitir o indicar una medida efectuada a un proceso del Centro de Producción, un patrón de trabajo son aquellos equipos de medición que utilizan las unidades de Mantenimiento de los Centros de Producción para calibrar o verificar los instrumentos de medición, los patrones secundarios son aquellos equipos que son utilizados para calibrar los patrones de trabajo y los instrumentos no críticos que el Centro de Producción determine que no es necesario someterlos a un proceso de calibración.

Tabla 1. Movilidad del instrumento

CLASE	MOVILIDAD	
	PORTATIL	ESTACIONARIO
Instrumento de medición	1	4
Patrón de trabajo	2	5
Patrón secundario	3	6
Software de captura y procesamiento de medidas	7	7
No crítico (no se calibre)*	0	0

*Corresponde a instrumentos que no requieren control o monitoreo, porque la variable que miden no afecta el ambiente o la calidad del producto, la seguridad del personal o del equipo, etc. , aún si la medición con el instrumento es inexacta. La clasificación de un instrumento en esa categoría esta bajo la total responsabilidad del Centro de Producción o Área de Servicios Técnicos respectivo.

Ubicación (columna “ G ”)

Descripción exacta de la ubicación física del equipo, debe iniciarse con el nombre del macro – área en cuestión.

Denominación (columna “ H ”)

Aquí se describe el nombre del equipo de medición.

Código Equipo (columna “ I ”)

Se identifica al equipo de medición bajo la normativa sugerida por la Sociedad de Instrumentos de Estados Unidos, ISA (Instrument Society of

America). Este modelo consiste en identificar con letras la clasificación funcional según la siguiente tabla.

Tabla 2. Código de equipo

LETRA	PRIMERAS LETRAS		LETRAS SUCESIVAS		
	Variable de Medida	Letra de Modificación	Función de lectura pasiva	Función de salida	Letra de Modificación
A	Análisis		Alarma		
B	Llama (quemador), combustión				
C	Conductividad			Control	
D	Densidad o peso específico	Diferencial			
E	Tensión (Voltaje)		Sensor (Elemento primario)		
F	Caudal, flujo	Relación (tasa, fracción)			
G	Calibre		Vidrio, instrumento de monitoreo		
H	Manual				Alto
I	Corriente eléctrica		Indicador		
J	Potencia	Exploración			
K	Tiempo	Tasa de cambio para tiempo		Estación de control	
L	Nivel		Luz piloto		Bajo
M	Humedad	Momentáneo			Medio intermedio
P	Presión o vacío		Punto de prueba		
Q	Cantidad	Integración			
R	Radioactividad		Registro		
S	Velocidad o frecuencia	Seguridad		Interruptor	
T	Temperatura			Transmisor	

U	Multivariable		Multifunción	Multifunción	Multifunción
V	Vibración, análisis mecánico			Válvula, ventilación	
W	Peso o fuerza		Fuente		
Y	Evento, estado o presencia			Relé, convertidor, computador	
Z	Posición			Piloto, elemento final de control sin clasificar	

Tipo de Despliegue de Datos (columna “J”)

Cada instrumento muestra los datos en forma Digital o Analógica, siendo consignado uno de estos términos en la columna “Tipo Despl” .

Año Compra (columna “K”)

Corresponde al año en que fue adquirido el instrumento de medición o el patrón. En caso de equipo estacionario colocado en los centros de producción desde su inauguración, citar el año de inicio de generación de la planta.

Marca (columna “L”)

Nombre del fabricante. Debe utilizarse mayúscula solo para la primera letra del nombre de marca, a no ser que tal sea en mayúscula.

Modelo (columna “M”)

Identificador designado por el fabricante como modelo.

Serie (columna “N”)

Identificador designado por el fabricante como serie.

Activo (columna “O”)

Número de identificación asignado por el ICE al instrumento o patrón en cuestión.

Unidad de Medida de Entrada (columna “P”)³

Cuando el equipo de medición, reciba una señal en una unidad de medida y genere otra de salida, se ha de llenar esta columna y la siguiente. Se registra aquí el símbolo de la unidad de medida de entrada del equipo, según las convenciones internacionales.

Rango de entrada (columna “Q”)

Está establecido desde el valor mínimo de medición que recibe el equipo hasta el máximo valor de recepción. Para separar ambas cifras se debe introducir un guión. No requiere indicar la unidad de medida.

Unidad de Medida (columna “R”)

Se registra el símbolo de la unidad de medida de salida por el equipo, según las convenciones internacionales.

³ Ver anexo 5 Tabla N^o5 Tabla “Unidades de Medida”

Resolución (columna “S”)

Expresión cuantitativa de la capacidad de un dispositivo indicador, para permitir distinguir significativamente entre los valores inmediatamente adyacentes a la cantidad indicada, corresponde así a la mínima diferencia entre dos valores indicados en el equipo.

Error Máximo Permisible (columna “T”)

Se refiere al “ error ” de medición del equipo, debe tomarse de las especificaciones dadas por el fabricante ya sea en los manuales pertinentes o que este indicado sobre el instrumento en sí.

Rango (columna “U”)

Esta establecido desde el valor mínimo de medición que permite el equipo hasta el máximo valor presentado. Para separar ambas cifras se debe introducir un guión. No requiere indicar la unidad de medida.

Manuales (columna “V”)

Indicar los manuales con que se cuenta, incluyendo los de usuario, los de servicio y los de calibración. Debe introducirse el nombre del manual en sí, utilizando solo la primera letra en mayúscula y sin abreviaturas.

Plano (columna “W”)

Hacer referencia al código del plano donde se localiza el instrumento de medición en consideración.

Responsable (columna “X”)

Para equipos portátiles, se debe indicar el nombre del funcionario que posea la responsabilidad de su custodia, es decir quien posea el “ vale ” por el activo mismo. En caso de equipos estacionarios no se requiere citar ningún nombre.

Instrucción de trabajo de uso (columna “Y”)

Se han de enlistar las instrucciones de trabajo de operación y/o mantenimiento que utilizan ese instrumento de medición o patrón, citando el código de la instrucción en sí.

Intervención (columna “Z”)

Aquí se indica si la intervención requerida por el instrumento es de calibración (C) o solo de comprobación interna (CI), para ello se debe de introducir uno de estos términos en está columna.

Prioridad de Calibración (columna “AA”)

Identificador numérico que indica el nivel de criticidad de programar la próxima calibración en forma temprana.

Tabla 3. Prioridad de calibración

CODIGO	CRITERIO
1	Prioridad alta
2	Prioridad media
3	Prioridad baja

Periodicidad (columna “AB”)

Período de tiempo a transcurrir entre una calibración y otra, expresada en término de meses. Debe registrarse aquí la recomendación dada por el fabricante o si el personal del Centro de Generación tiene una sugerencia técnica sobre este dato.

Ultima calibración (columna “AC”)

Fecha de la ultima calibración efectuada al equipo. Se utilizará el formato de fecha en que se consigna primero el día, luego mes y los dos últimos dígitos del año.

Estado (columna “AD”)

Resultado de la ultima calibración efectuada, por tanto indica si el equipo está en capacidad de uso, con uso limitado o en proceso de ajuste.

Incertidumbre (columna “AE”)

Parámetro calculado a partir del procedimiento de calibración aplicado al instrumento, deberá presentar hasta cinco decimales.

Patrón a Usar (columna “ AF”)

Se indicará el nombre o código del patrón de trabajo o secundario a utilizar en la calibración o comprobación interna a efectuar.

Instrucción de Calibración a Utilizar (columna “AG”)

Indica el código de la instrucción de trabajo a utilizar por el personal del Laboratorio, para proceder al proceso de calibración, verificación y ajuste, según sea el caso.

Próxima Intervención (columna “AH”)

Fecha de la próxima intervención (calibración o comprobación interna) a efectuar al equipo. Esta fecha debe coincidir con el programa de calibración diseñado para ese Centro de Producción o Laboratorio en particular.

Observaciones (columna “AI”)

Campo de texto en que se desee consignar algún dato no contemplado en la base, pero que se considere importante preservar en el tiempo.

ETAPA III. FICHAS TÉCNICAS METROLÓGICAS

Las Fichas Técnicas Metrológicas se llenan utilizando los registros del Inventario Metrológico, y se procede de la siguiente manera:

En el campo de número de Equipo se llena con la cifra correspondiente al equipo, en el espacio de clasificación se escoge una de las cuatro opciones presentadas.

En el campo denominado descripción, se coloca el nombre del equipo de medición, los espacios de Marca, Modelo y NS; se llenan con la información que el fabricante da sobre el equipo. En activo ICE solo los instrumentos portátiles poseen número de activo. En el campo ubicación física se escribe el lugar donde se encuentra el instrumento de medición.

En el espacio correspondiente a responsable, se indica el nombre de la persona a quien se le asignó el instrumento, esto sólo para los instrumentos portátiles. En el campo de año de compra, se escribe el año en que fue adquirido el equipo. En el campo de cuidados o limitaciones se indica si el instrumento requiere de algún cuidado especial para su funcionamiento. En el espacio de manuales se escribe el código del manual donde se encuentren las especificaciones del instrumento, esta información se consigue en el Centro de Documentación de la planta.

Los campos de fabricante, nombre, dirección, e-mail y teléfono se llenan con los datos de la empresa suministradora del equipo, para tener los datos al alcance en caso de requerirse alguna consulta o adquirir nuevo equipo.

En la parte de variables metrológicas se coloca la unidad de medida que el instrumento toma, el rango de medida con que el instrumento trabaja, el valor máximo y valor mínimo que puede medir y la incertidumbre que éste posee.

La tabla de frecuencias de calibraciones la llena el encargado de realizar dicho proceso en los equipos.

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO METROLÓGICO

CLASIFICACIÓN:

- INSTRUMENTO DE MEDICION ESTACIONARIO INSTRUMENTO DE MEDICION PORTÁTIL
 PATRON DE TRABAJO PATRÓN SECUNDARIO

DESCRIPCIÓN (Unidad de Medida, aplicación):

MODELO: _____ MARCA: _____ N/S: _____
ACTIVO ICE: _____ UBICACIÓN FISICA: _____
RESPONSABLE: _____ Año de compra: _____
USO (laboratorio, de campo, empotrado): _____ Manuales existentes: _____
CUIDADOS O LIMITACIONES: _____

FABRICANTE:

NOMBRE: _____ TEL.: _____
E-mail: _____ DIRECCION: _____

VARIABLES METROLOGICAS

VARIABLE	RANGO	ESCALA	EXACTITUD	

FRECUENCIA DE COMPROBACIONES O CALIBRACIONES

FECHA	FRECUENCIA	RESPONSABLE	FECHA	FRECUENCIA	RESPONSABLE

REGISTRO DE COMPROBACIONES O CALIBRACIONES

N° INSTRUCCIÓN	FECHA INTERVENCIÓN	FECHA PRÓXIMA INT.	PATRÓN USADO	RESPONSABLE

Figura 2. Ficha Técnica Metrológica

Como las fichas técnicas deben de crearse con la ayuda de un software de computadora, presenta la ventaja de poder realizarles modificaciones, si fuese necesario, y será de mucha ayuda para tener un buen manejo de la información de los instrumentos de medición.

En el anexo N^o 7 se podrán ver ejemplos de fichas técnicas.

IX. RESULTADOS

ETAPA II. INVENTARIO METROLÓGICO

El Inventario Metrológico está dividido en:

- 1) Inventario no crítico
- 2) Inventario de producto y proceso
- 3) Instrumentos portátiles.

1) El Inventario No Crítico está conformado por 474 instrumentos de medición, que se encuentran ubicados en las tres unidades generadoras: el área del vertedor, la sala de control, las dos tomas de agua que abastecen el embalse, el servicio propio de abastecimiento de energía eléctrica, la tubería de conducción de agua, la grúa y planta de emergencia.

En la Unidad N^o 1 hay 91 instrumentos de medición no críticos, de los cuales 7 son indicadores de flujo, 15 son indicadores de presión, 2 corresponden a presostatos de presión, 14 a indicadores de temperatura, 9 son indicadores de voltaje, 10 son indicadores de corriente, 4 corresponde a indicadores de potencia y los restantes 30 instrumentos son de indicadores de nivel, indicadores de posición, indicadores de frecuencia e indicadores de velocidad.

En la Unidad N^o 2 hay 94 instrumentos de medición no críticos, 7 corresponden a indicadores de flujo, 24 son indicadores de presión, 2 son presostatos de presión, 17 son indicadores de temperatura, 4 corresponden a indicadores de voltaje, 6 son indicadores de potencia, 14 a indicadores de corriente y los restantes 20 instrumentos no críticos corresponden a indicadores de nivel, indicadores de posición, indicadores de frecuencia e indicadores de velocidad.

En la Unidad N^o 3 hay 94 instrumentos de medición no críticos, 7 corresponden a indicadores de flujo, 24 son indicadores de presión, 2 son presostatos de presión, 17 corresponden a indicadores de temperatura, 4

indicadores de voltaje, 6 indicadores de potencia, 14 son indicadores de corriente y los restantes 20 instrumentos no críticos son indicadores de nivel, indicadores de posición, indicadores de frecuencia e indicadores de velocidad.

2) El Inventario de Producto y Proceso está conformado por 151 instrumentos de medición, que se encuentran ubicados en las tres unidades generadoras, en las turbinas, generadores, paneles de mando y en la sala de control.

En la Unidad N^o 1 existen 50 instrumentos de medición, distribuidos de la siguiente manera: 18 indicadores de temperatura de los devanados de fase, 6 corresponden a indicadores de temperatura del núcleo del estator, 12 indicadores de temperatura de salida de aire del estator, 10 corresponden a indicadores de temperatura de cojinetes, 3 a indicadores de vibración y 1 al indicador de potencia activa y reactiva.

En la Unidad N^o 2 se encuentran ubicados 50 instrumentos de medición, distribuidos de este modo, 18 indicadores de temperatura de los devanados de fase, 6 indicadores de temperatura del núcleo del estator, 12 indicadores de temperatura de salida de aire del estator, 10 indicadores de temperatura de cojinetes, 3 a indicadores de vibración y 1 al indicador de potencia activa y reactiva.

La Unidad N^o 3 tiene 50 instrumentos de medición, ubicados así: 18 indicadores de temperatura de los devanados de fase, 6 indicadores de temperatura del núcleo del estator, 12 indicadores de temperatura de salida de aire del estator, 10 indicadores de temperatura de cojinetes, 3 a indicadores de vibración y 1 al indicador de potencia activa y reactiva.

El instrumento restante corresponde al sensor de nivel del embalse.

3) El Inventario de Instrumentos Portátiles está conformado por 70 instrumentos, los cuales se encuentran ubicados en el taller eléctrico, el almacén y la bodega.

En el taller eléctrico se encuentran 11 instrumentos, de los cuales 9 son multiprobadores para medir corriente, voltaje, resistencia y además 1 es un indicador de temperatura y el otro es un torquímetro.

El almacén tiene 39 instrumentos de medición divididos de la siguiente manera, un vibroscanner, un multiprobador, 12 micrómetros, 3 dial test indicador, 10 indicadores de carátula, 5 torquímetros, 3 indicadores de humedad relativa, un vibrómetro, un nivel de precisión, un flujómetro y una escala lineal.

En la bodega encontramos 20 instrumentos de medición, 2 dinamómetros, 3 anemómetros, 3 manómetros, 3 medidores de ruido, 8 indicadores de presión y un multiprobador.

El inventario metrológico no ha sido llenado en su totalidad debido a que hay muchos datos que para tomarlos se necesita que las unidades generadoras estén detenidas, como por ejemplo; el número de serie de 54 de los 151 instrumentos de medición del inventario de producto y proceso, pues estos se encuentran situados principalmente dentro de las turbinas y los generadores; y como ya se explicó sólo estando detenidas las unidades se podría ingresar y tomar estos datos, pero estas no se detienen frecuentemente porque se necesita estén generando energía eléctrica las 24 horas del día.

En cuanto a los datos de calibraciones de los equipos, como para realizarlas se necesitan los instrumentos y como estos se encuentran en uso no se han podido iniciar en esta planta las calibraciones de los equipos que intervienen directamente en el proceso de generación de energía eléctrica, solo se

le ha realizado calibraciones a 9 instrumentos portátiles que se están en el taller eléctrico y en el almacén.

También existen algunos instrumentos, que no presentan la información requerida en el inventario como: activo, unidad de medida de entrada y responsable debido a la función que cumplen dentro del proceso.

ETAPA III. FICHAS TÉCNICAS METROLÓGICAS

Con la información que se obtuvo del inventario metrológico se procedió a realizar las fichas técnicas.

Se crearon un total de 695 fichas técnicas metrológicas, divididas de la siguiente manera:

- a) 474 fichas del inventario no crítico.
- b) 151 fichas del inventario de producto y proceso
- c) 70 fichas de instrumentos portátiles.

Como ya se indicó, las fichas se llenan utilizando la información obtenida del inventario metrológico, y los datos faltantes serán introducidos cuando se cuente con dicha información.

X. CONCLUSIONES

- ◆ El 70 % de los instrumentos de medición se encuentran ubicados en el inventario no crítico.
- ◆ El 20 % de los instrumentos de medición se ubican en el inventario de producto y proceso.
- ◆ El 10 % de los instrumentos de medición se localizan en el inventario de instrumentos portátiles.
- ◆ Las fichas técnicas metrológicas y el inventario metrológico, fueron elaborados siguiendo las normas establecidas para dicho fin.
- ◆ El encargado de Mantenimiento del Centro de Producción deberá mantener el programa de comprobación interna de equipos y el de calibraciones durante tres años.
- ◆ A pesar de que la mayoría de los instrumentos se encuentran en el inventario no crítico, el inventario de producto y proceso presenta mayor importancia.
- ◆ Para lograr una extensa vida útil de los instrumentos del área mecánica, deben manipularse correctamente, evitando golpes y manteniéndolos adecuadamente limpios.
- ◆ En cuanto a los instrumentos del área eléctrica, deben manejarse en forma apropiada, para prolongar su vida útil.
- ◆ La mayor cantidad de los instrumentos de medición, corresponden a indicadores de temperatura.

- ◆ La metodología establecida puede ser utilizada para cumplir con la norma de gestión de la calidad.

XI. RECOMENDACIONES

- ◆ Se deben tener mejor codificados los manuales y planos de todos los sistemas, para facilitar la búsqueda de información.
- ◆ Realizar las calibraciones de los instrumentos de medición, en un lapso de tiempo más corto.

CAPÍTULO III

DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

I. CAMPO DE ESTUDIO

Este proyecto se desarrolló en el área del vertedor, en el Centro de Producción Angostura donde aprovechan las aguas de los ríos Turrialba y Tuis, para incrementar su capacidad de generación, éstas son adicionadas al embalse.

En el vertedor se encuentra la presa, construida en el cauce del río Reventazón, constituida por el vertedor principal de excedencias, vertedor auxiliar y la descarga de fondo.

Las obras en el río Turrialba consisten en una presa vertedora formada por dos muros laterales a los extremos, una toma de aguas, una descarga de fondo y un tramo de presa que posee un embalse de estancamiento de aguas cuyo flujo es dinámico y continuo hacia la conducción. Aquí se ubica la Sala de Control de los Operadores, el Centro de Documentación y la Bodega.

La idea principal del proyecto es diseñar un sistema de bombeo de agua potable que cubra las necesidades de esta área y a la vez se le pueda dar mantenimiento.

II. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Actualmente en el área del Vertedor, se cuenta con un sistema de bombeo de agua potable, encargado de abastecer todas las diferentes instalaciones que ahí se encuentran. Este sistema fue construido durante la creación del Proyecto Hidroeléctrico Angostura, por lo que no se cuenta con planos del mismo y al sistema no se le puede dar mantenimiento pues solo se cuenta con una bomba para el abastecimiento, la cual no se puede excluir de función por que se dejaría de abastecer el lugar.

Con la elaboración de un nuevo diseño del sistema de bombeo de agua, lo que se pretende es satisfacer la demanda de líquido y poder recibir un apropiado mantenimiento, acorde con la función desarrollada.

III. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de distribución de agua potable para la zona del Vertedor de la Planta Hidroeléctrica Angostura.

IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular el caudal de agua utilizar.
- Calcular la bomba adecuada para transferir el agua desde el tanque de almacenamiento al tanque elevado.
- Diseñar la tubería.
- Calcular los tableros eléctricos.
- Estimar el costo de la obra.
- Realizar los planos del diseño.

V. ALCANCES Y LIMITACIONES

En el objetivo general de este proyecto se establece claramente el diseño de un nuevo sistema de distribución de agua. Que se espera cumpla con los requerimientos exigidos por la demanda de todas las edificaciones de este lugar.

El diseño del nuevo sistema se limita a determinar la capacidad de la fuente de alimentación, o lo que es lo mismo, la bomba y, además, el tipo, el diámetro y la distribución de la nueva red de tuberías para llevar el líquido hasta las edificaciones.

VI. MARCO TEÓRICO

A. BOMBAS DE AGUA

Introducción a las Bombas para agua

Una Bomba es una máquina transformadora de energía. Para funcionar recibe energía mecánica, que puede proceder de un motor eléctrico, térmico, etc., y la bomba la convierte en energía que pasa a un fluido en forma de posición, de presión o de velocidad.

Clasificación de Bombas

Desplazamiento Positivo: Reciprocantes, Rotativas

Dinámicas: Centrífugas, Periféricas, Especiales

Factores para seleccionar la Bomba:

Presión:

NPSH : Net Positive Suction Head (altura neta positiva de aspiración)

NPSH_r: presión mínima del líquido en la boca de admisión de la bomba.
(dado por el fabricante)

NPSH_d: presión del líquido en la toma de aspiración de la bomba por encima de su presión de vapor.

$$\text{NPSH}_d = H_o - H_v - h_s$$

$$\text{NPSH}_d > \text{NPSH}_r$$

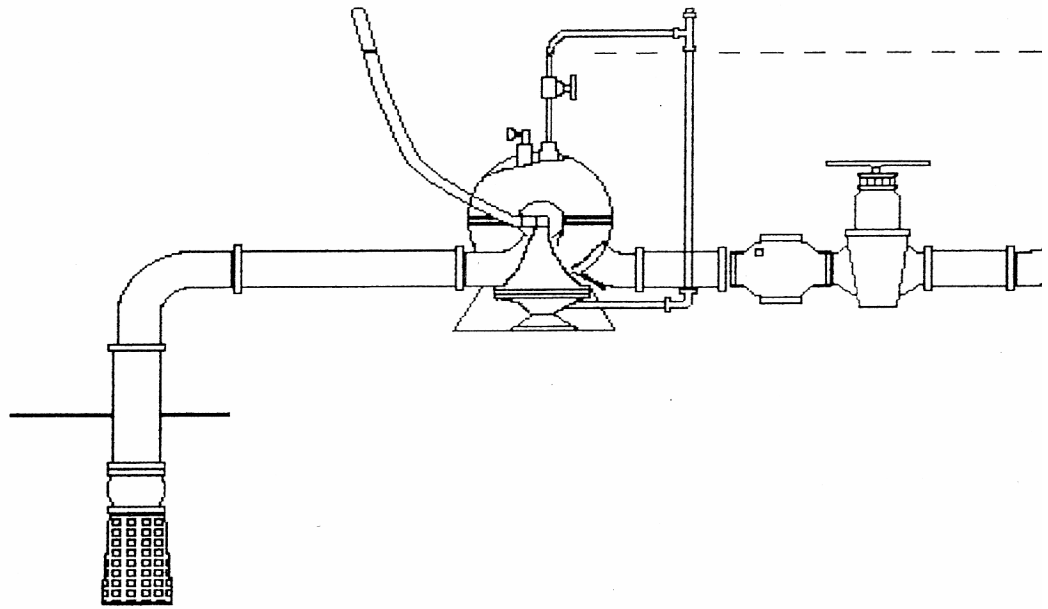


Figura 3. Montaje de Bomba

Características de los líquidos:

Índice de acidez-alcalinidad (ph).

Condiciones de viscosidad.

Temperatura.

Presión de vaporización del líquido a la temperatura de bombeo.

Densidad.

Materiales en suspensión, tamaño, naturaleza, etc.

Condiciones de abrasión.

Aplicaciones de Bombas Dinámicas:

Centrífugas:

Gastos grandes

Presiones reducidas o medianas

Todo tipo de líquidos excepto viscosos

Características de Bombas Dinámicas:

Altura-capacidad

Indica la relación entre la altura o presión desarrollada por la bomba y el caudal que pasa a través de la misma.

Conforme la capacidad (caudal) aumenta se reduce la altura total que la bomba es capaz de desarrollar.

Potencia Absorbida-capacidad

Es una curva que representa la relación entre la capacidad y potencia absorbida.

Generalmente la potencia aumenta con un incremento del Caudal.

Rendimiento – Capacidad

El rendimiento de una bomba aumenta conforme al caudal entregado (capacidad).

Una demanda mayor provoca que baje su rendimiento

Fórmula : **$\text{Rend} = \frac{9,81H Q\rho}{P}$**

P

H = Presión Desarrollada por la bomba (m H₂O)

Q = Caudal de la Bomba (l /seg)

ρ = Densidad del líquido (Kg /m³)

P = Potencia absorbida por la bomba en (KW)

N.P.S.H. Capacidad

Esta curva señala la relación entre el flujo entregado por la bomba y el N.P.S.H. requerido para un funcionamiento correcto.

Si este N.P.S.H. Requerido por la bomba no lo satisface el sistema podría ser causa de que la bomba funcione incorrectamente dando origen a la cavitación.

Curvas De Bombas Centrífugas

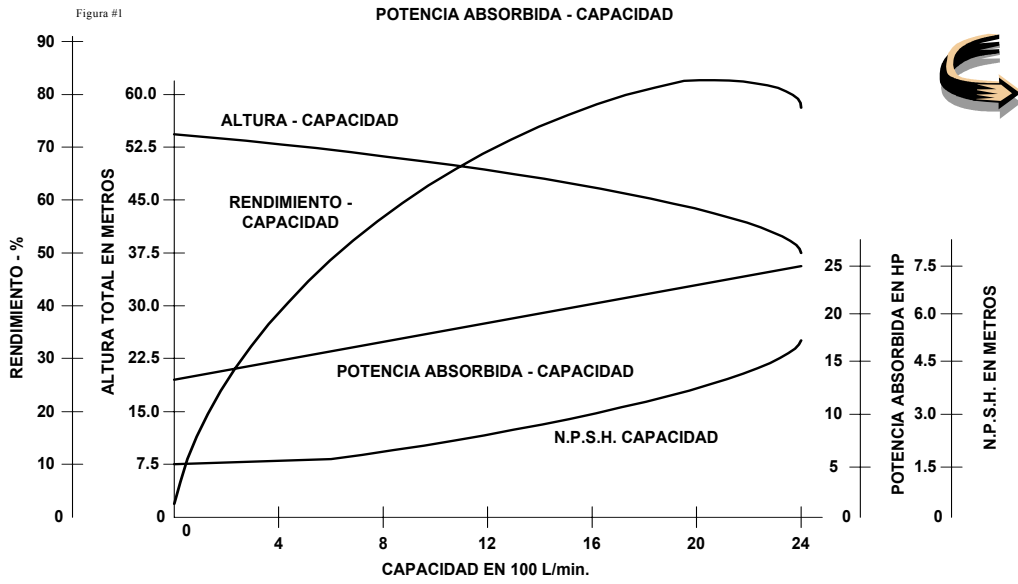


Figura 4. Curvas características de bombas

Sistemas de Bombeo

Entre los puntos 1 y 2 hay una línea a través de la cual fluye el líquido

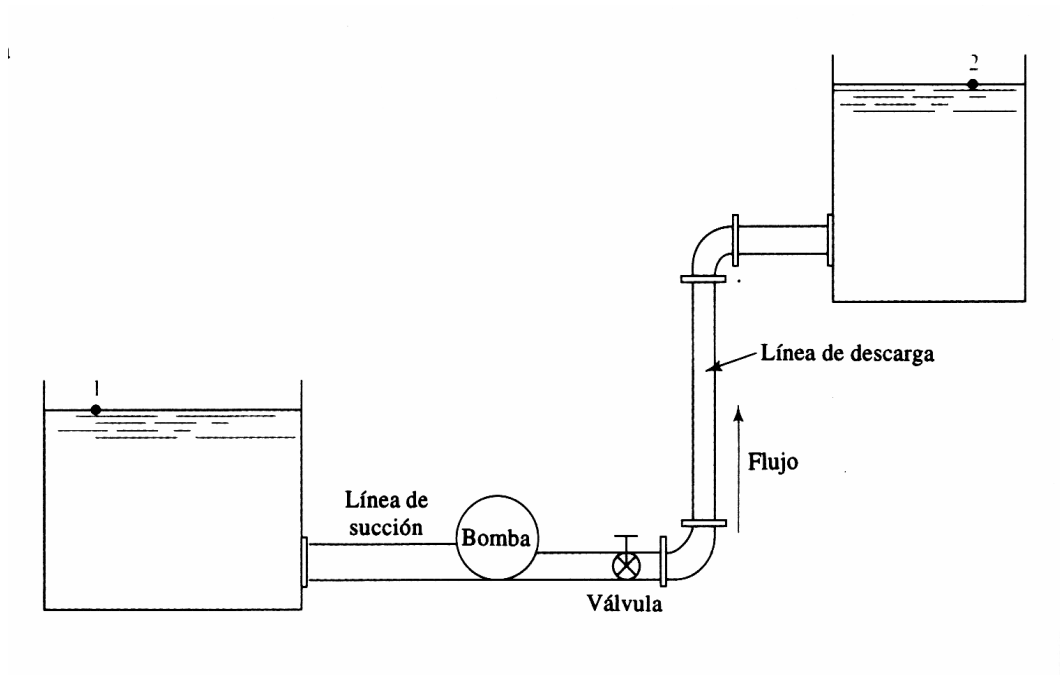


Figura 5. Ejemplo de Altura Geométrica

Consideraciones

En dicha línea se encuentran accesorios que aumentan las pérdidas totales
Las pérdidas aumentan al crecer el caudal.

La pérdida por rozamiento es proporcional al cuadrado del caudal.

Las pérdidas de carga se expresan en metros.

Como el punto 2 es más alto que el punto 1 resulta preciso añadir energía al líquido para llevarlo de 1 a 2.

La cantidad de energía que debemos añadir es igual a la diferencia de altura entre el punto 1 y 2.

Naturalmente la pérdida de carga entre los puntos 1 y 2 debe ser también vencida.

Debemos añadir una altura de elevación constante a cualquier capacidad para conducir el líquido entre los puntos 1 y 2.

Son muchas las variaciones que un sistema puede tener lo que siempre intentamos hacer es mover el líquido de 1 a 2 y que entre esos puntos se da una pérdida de presión.

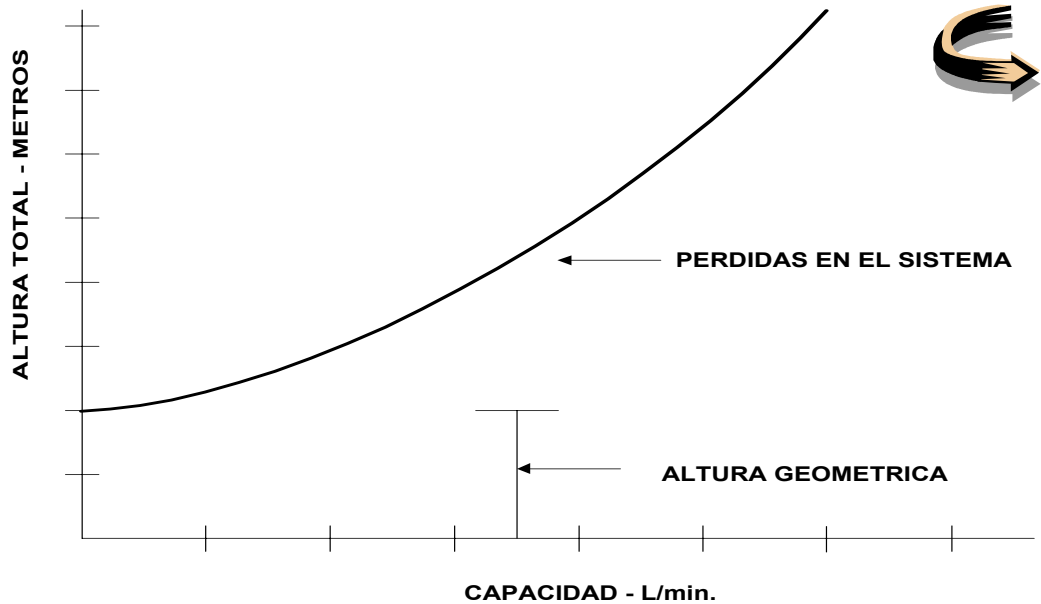


Figura 6. Curva altura – capacidad

B. SDR DE LAS TUBERÍAS A UTILIZAR

La relación entre el diámetro exterior y el espesor de la tubería se le llama razón dimensional (dimensión ratio) y se identifica como DR. Así se han desarrollado con este criterio familias de tuberías que en todo el rango de diámetros tienen el mismo DR, y por lo tanto la misma presión de trabajo.

Para obtener presiones de trabajo estandarizados y facilitar el cálculo y diseño de las tuberías, se eligió una serie de valores estandarizados para el DR, que se simbolizan como SDR (standar dimension ratio).

$$\text{SDR} = \text{Dext} / \text{espesor}$$

VII. METODOLOGÍA

ETAPA I. CONOCIMIENTO DEL SISTEMA

1. Conocer el área del Vertedor para familiarizarse con el lugar donde se desarrollará el proyecto.
2. Recolección de datos que se necesiten para realizar los cálculos del diseño del sistema de bombeo.
3. Identificar las condiciones reales a las que se enfrenta la obra.

ETAPA II. PARÁMETROS DE DISEÑO

1. Longitud y altura de diseño.
2. Caudal de diseño.
3. Velocidad de trasiego.
4. El SDR de la tubería a utilizar y golpe de ariete.
5. Diámetro de la tubería.
6. Diámetro de la tubería de succión, corroborando el cálculo con el NPSH.
7. Tamaño de la bomba centrífuga a utilizar, potencia del motor, velocidad de giro y diámetro del rodete.
8. Volumen del tanque cisterna.
9. Tableros eléctricos.

ETAPA III. ANÁLISIS

A continuación se describe el procedimiento y parámetros seguidos para determinar cada uno de los anteriores enunciados:

1. Longitud y altura de diseño

Uno de los factores importantes para el diseño del sistema de tuberías, es la longitud máxima que va a recorrer el fluido desde su tanque de captación hasta el sitio donde éste se va a depositar o utilizar.

Para efectos del presente diseño se determinó como punto inicial el tanque de almacenamiento de agua y el punto final la bodega.

La altura geométrica es otro dato totalmente necesario, debido a la relación de este valor con la presión que la bomba debe levantar o “vencer”, para poder proporcionar el empuje necesario al fluido en el momento de entregar su caudal.

2. Caudal de diseño

Otro factor de importancia en el diseño es su caudal, el cual en la actualidad se estima en 2.84 litros por segundo o 170.40 litros por minuto (0.1704 m³ por minuto o 44.84 galones por minuto) en la salida del tanque de almacenamiento.

Este valor es considerado como el caudal máximo que se presenta en el sistema al salir del tanque.

4. El SDR de la tubería a utilizar y golpe de ariete

La tubería de PVC tiene características importantes que la hacen apropiada para distintos usos. Por ello, es de mucha importancia especificar el SDR que se va a utilizar tanto por su presión de trabajo, como por su grosor y aspectos económicos.

5. Diámetro de la tubería

Para determinar el diámetro de la tubería se analizó básicamente la velocidad de trasiego de fluido a través de la tubería y se consultó literatura especializada.

6. Diámetro de la tubería de succión corroborando el cálculo con el NPSH

Se asume que la tubería de descarga es igual a la tubería de succión y se calculan las pérdidas de carga para el sistema; el valor logrado se aplica a la ecuación y se asume el valor obtenido en metros de columna de agua.

7. Tamaño de la bomba centrífuga a utilizar, potencia del motor, velocidad de giro y diámetro del rodete.

Una vez obtenido el valor de NPSH disponible, se procedió a utilizar una gráfica acorde con el caudal de diseño y NPSH disponible obtenido, cuyos valores

se van a intersecar en un punto y de ahí se toman las características relacionadas con la presión, el NPSH requerido, la potencia y la eficiencia.

8. Volumen del tanque cisterna

El diseño del tanque está muy relacionado con los consumos diarios de las diferentes edificaciones.

9. Tableros eléctricos

El sistema eléctrico es diseñado para la potencia del motor, se determina la dimensión del cable que se usará, la protección contra sobrecarga y la protección contra cortocircuito.

VIII. DESARROLLO

A. PARAMETROS DE DISEÑO

1. Longitud y altura de diseño.

Se estimó la distancia del proyecto en 769 metros siguiendo una trayectoria lo más recta posible, utilizando un programa de computación (Autocad).

Se calcula el uso de 13 codos de 90⁰ , 1 Te y 6 válvulas de compuerta, como accesorios, los cuales presentan pérdidas por fricción convertidos a metros de longitud⁴.

La altura máxima que se presenta, es el portal de la Compuerta C4 donde se colocará el tanque elevado, el cual tiene una altura de 7.5 metros; dato que se obtuvo del plano de la compuerta.

$$L = 769 \text{ m} + 37.3 \text{ m} = 806.3 \text{ metros}$$

$$H = 7.5 \text{ metros}$$

2. Caudal de diseño

Temperatura

La temperatura ambiente del aire en Turrialba es de 27. 4⁰ Celsius.

La temperatura del agua a la salida del tanque es de 25⁰ Celsius.

⁴ Ver anexo 4 Tabla N^o4 Tabla "Pérdidas de Fricción por Accesorios"

Para determinar el caudal de diseño se toman en cuenta, caudal máximo ($Q_{\text{máx}}$) de la casa, de la oficina de los operadores, del centro de documentación, bodega, oficina y la perrera.

$$Q_{\text{diseño}} = Q_{\text{casa}} + Q_{\text{operadores}} + Q_{\text{centro información}} + Q_{\text{bodega}} + Q_{\text{oficina}} + Q_{\text{perrera}}$$

Para obtener el cálculo del caudal de diseño se tiene la siguiente fórmula⁵:

$$Q_{\text{diseño}} = \alpha \cdot \sum (Q_i) + \sqrt{\sum (Q_i^2)}$$

$$i = 1, \dots, n$$

n = número de piezas sanitarias alimentadas por una misma tubería de distribución.

$\alpha = 0$ en sistemas con predominio de inodoros con válvulas de descarga o fluxómetros.

$\alpha = 1/12$ en sistemas con predominio de inodoro con tanques, este es nuestro caso.

Q_i = caudal mínimo correspondientes a la pieza sanitaria.

Para determinar el porcentaje de pérdidas por fugas, se tomará como referencia la siguiente recomendación: "...puesto que existe predominancia de inodoros con tanque⁶"

Por lo tanto se adoptará un 1/12 como valor de diseño, para estos lugares donde hay inodoros con tanque.

⁵ Código Instalaciones Hidráulicas. Costa Rica. Chanto, L. Fernando 1995, Art 6.19 Pág. 29

⁶ Código Instalaciones Hidráulicas. Costa Rica. Chanto, L. Fernando 1995, Art 6.19 Pág. 29

3. El SDR de la tubería a utilizar y el golpe de ariete

Para realizar la escogencia del SDR⁷ se deben calcular las máximas presiones que se dan en las tuberías (presiones de ariete).

Como en un mismo sistema existen velocidades distintas, es necesario calcular la presión de ariete para las tuberías que posean la mayor velocidad, pues si el SDR se calcula con una velocidad que no es la mayor, en caso de darse un golpe de ariete, éste repercutiría en todas la tuberías y habría algunas que no lo soportarían.

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{K * SDR - 2}{E}}}$$

Donde:

a = velocidad de la onda.

E : módulo de elasticidad para el PVC. (E = 28000 bar)

K : módulo volumétrico del líquido. (K = 21000 bar)

⁷ Ver anexo 1 Tabla N^o1 Tabla “Especificación de Tuberías de PVC”

Al determinarse en el paso anterior el tipo de tubería utilizable, se considera entonces el cálculo para SDR 13.5, SDR 17 y SDR 26 cuyas velocidades de onda son :

SDR 13.5 a = 483.5 m / s

SDR 17 a = 423.36 m / s

SDR 26 a = 334.7 m / s

Se procede entonces a realizar el cálculo de golpe de ariete o presión de ariete con el valor calculado para “ a ” en la siguiente formula :

$$P_{ariete} = \frac{a * v}{9,81 * g}$$

a = velocidad de la onda.

v = velocidad del fluido de la tubería

g = valor de la gravedad (9,81 m / s)

Para efectos de comparación se realizan los cálculos de presión de ariete para el caudal obtenido y su velocidad, en los cuatro diámetros antes señalados y con los tres SDR comerciales.

La escogencia del SDR se basará en varios aspectos :

- ✓ El aspecto económico. El SDR 26 es más barato que el SDR 17 y así sucesivamente.
- ✓ La existencia de los diámetros que necesitamos.
- ✓ La presión de ariete anteriormente calculada, la cual no afectará el punto de ruptura de la tubería.

4. Diámetro de la tubería

Para realizar los cálculos de los diámetros de todas las tuberías de alimentación de agua, se debe buscar una fórmula que relacione el caudal, la velocidad y el área de sección transversal de la tubería.

$$Q = v * A$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{Q}{0,785 * v}}$$

Tubería seleccionada:

PVC SDR 13.5

D nominal = 12 mm, D interior = 18.20 mm o su equivalente D nominal = 1/2 pulgada⁸

PVC SDR 17

D nominal = 18 mm, D interior = 23.53 mm o su equivalente D nominal = 3/4 pulgada

D nominal = 25 mm, D interior = 29.48 mm o su equivalente D nominal = 1 pulgada

⁸ Ver anexo 1 Tabla N^o1 Tabla “Especificación de Tubería de PVC”

D nominal = 38 mm, D interior = 42.58 mm o su equivalente D nominal = 1 1/2 pulgada.

5. Diámetro de la tubería de succión corroborando cálculo con el NPSH.

En primera instancia, se supone el diámetro de la tubería de succión igual al de la descarga de la bomba.

Descarga = Succión = 38 mm (diámetro nominal)

$$\text{NPSH}_{\text{disponible}} = h_o - h_v - h_f - h_g$$

Donde:

h_o = presión atmosférica en mH₂O

h_v = presión de vapor de agua en mH₂O

h_f = pérdidas de cargas mH₂O

h_g = altura geométrica mH₂O

Pérdidas en la succión usando una tubería de 42.57 mm

- NPSH = $h_o - h_v - h_f - h_g$, donde:
 - h_f = Pérdidas de carga.

- h_o = Presión atmosférica⁹ en mH₂O (Turrialba @ 577msnm = 9,67 mH₂O).

- h_v = Presión de vapor del líquido a la temperatura de trabajo @ 25° Celsius = 0,342 mH₂O¹⁰.

- h_g = Altura geométrica, en este caso en relación con el nivel mínimo del tanque cisterna = 1.5 metros.

Cálculo de las pérdidas de carga del sistema h_f

$$h_f = \frac{10.675 * (Q / C)^{1.85} * L}{D^{4.87}}$$

Donde:

Q = caudal en mH₂O

L = longitud equivalente en m

C = coeficiente de rugosidad¹¹

D = diámetro interior en m.

La longitud equivalente es igual a la longitud de la tubería más las pérdidas por fricción en accesorios, convertidas a metros de longitud equivalente, en tuberías de PVC.

El caudal en la succión es el mismo que el de la descarga.

⁹ Ver anexo 2 Tabla N^o2 Tabla “Variación de la Presión Atmosférica con la Altitud”

¹⁰ Ver anexo 3 Tabla N^o3 Tabla “ Variación de Presión de Evaporación del agua”


¹¹ Ver Chanto, L. Fernando; op. Cit, Tabla 6.3 Pág 30

Al obtener el NPSH disponible se calcula, mediante el uso de curvas de bombas, el NPSH requerido.

6. Tamaño de la bomba centrífuga a utilizar

Especificaciones de la bomba (Ver anexo N° 8)

Tamaño: 1" x 1 1/2 " x 6"

 1 1/2" Tubería Succión
1" Tubería Descarga
6" D_{máx} del impulsor.

Marca: Goulds Model 3100

Modelo: 3100

Dimpulsor: 150 mm (6 pulgadas)

Motor: 5 HP

Velocidad: 3500 rpm

Voltaje 220 V

Presión 1895 kPa

Caudal 136 m³ / h

Eficiencia: 42%

NPSH_{req}: 1.75 mH₂O

7. Cálculo del volumen del tanque cisterna

Para el calculo se utiliza la siguiente formula

$$V_{TC} = 3/4 * \text{consumo total diario}^{12}$$

Consumos

Casa

$$0.680 \text{ l/s} * 3600 \text{ s} / 1 \text{ h} * 10 \text{ h} / 1 \text{ día} * 1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ l} = 25 \text{ m}^3 / \text{ día}$$

Oficina de los Operadores

$$0.569 \text{ l/s} * 3600 \text{ s} / 1 \text{ h} * 24 \text{ h} / 1 \text{ día} * 1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ l} = 49 \text{ m}^3 / \text{ día}$$

Centro de documentación

$$0.547 \text{ l/s} * 3600 \text{ s} / 1 \text{ h} * 10 \text{ h} / 1 \text{ día} * 1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ l} = 19 \text{ m}^3 / \text{ día}$$

Oficina

$$0.45 \text{ l/s} * 3600 \text{ s} / 1 \text{ h} * 10 \text{ h} / 1 \text{ día} * 1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ l} = 16 \text{ m}^3 / \text{ día}$$

Bodega

$$0.30 \text{ l/s} * 3600 \text{ s} / 1 \text{ h} * 10 \text{ h} / 1 \text{ día} * 1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ l} = 11 \text{ m}^3 / \text{ día}$$

Perrera

$$0.30 \text{ l/s} * 3600 \text{ s} / 1 \text{ h} * 10 \text{ h} / 1 \text{ día} * 1 \text{ m}^3 / 1000 = 11 \text{ m}^3 / \text{ día}$$

¹² Ver Chanto, L. Fernando; op. Cit, Art 6.36 Pág 35

Consumo total

$$25 + 49 + 19 + 16 + 11 + 11 = 131 \text{ m}^3 / \text{día}$$

$$V_{tc} = 3/4 * 131 = 98 \text{ m}^3$$

Volumen del tanque cisterna 98 m³

Tanque hidroneumático¹³

Sistema sin compresor de aire

$$V_{TH} = \frac{1650 * Q * P_{maz} * P_{min}}{Co * (P_{max} - P_{min})}$$

Q = caudal de diseño l / s

P_{min} = Presión de conexión absoluta en el tanque + P atm

P_{máx} = Presión de desconexión absoluta en el tanque + P atm

Co = número de ciclos por hora de operación de la bomba

$$P_{min} = 46.5 + 9.67 = 56.17 \text{ m H}_2\text{O}$$

$$P_{máx} = 81.4 + 9.67 = 91.07 \text{ m H}_2\text{O}$$

Co = entre 8 y 15 ciclos / hora

¹³ Ver Chanto, L. Fernando; op. Cit, Art 6.73 Pág 41

$$V_{TH} = \frac{1650 * 2.846 * 91.07 * 56.17}{12 * (91.07 - 56.17)}$$

$$V_{TH} = 5735L$$

Tanque Elevado

La capacidad del tanque elevado no deberá ser menor que la mitad del consumo total diario¹⁴.

Consumo total diario 131 m³ / día

Capacidad del tanque elevado

65,5 m³

¹⁴ Ver Chanto, L. Fernando; op. Cit, Art 6.36 Pág 35

8. Tableros eléctricos

Para obtener los cálculos en cuanto al sistema eléctrico se refiere, se toman los siguientes criterios de diseño.

NEC 430.22 Conductor del ramal. Se utilizará al 125 % a plena carga de la corriente nominal como mínimo. **Tabla 310 – 16.**

NEC430.32 Térmicos. Se utilizará al 115 % de diseño. Para todos los demás motores.

NEC 430.152 Break o Fusible. Se selecciona para que soporte la corriente de arranque. En este caso se tiene un motor de corriente alterna (a tensión constante), de 3500 rpm . Se diseñara usando un fusible sin retardo de tiempo.

Motor 5 HP, conectado a 220 voltios.

Tiene un consumo de 16.2 Amperios .

Fusible	$16.2 \text{ A} * 1.5 = 24.3 \text{ A}$	25 A valor estándar
Térmico	$16.2 \text{ A} * 1,15 = 18.6 \text{ A}$	20 A valor estándar
Cable	$16.2 \text{ A} * 1,25 = 20.25 \text{ A}$	3 número 12 THW

IX. RESULTADOS

A. Parámetros de diseño

1. Longitud y altura de diseño

Se adopta como medidas de diseño las establecidas en la sección anterior

$$L_{\text{diseño}} = 806 \text{ m}$$

$$H_{\text{diseño}} = 7.5 \text{ m}$$

2. Caudal de diseño

Los caudales obtenidos para las diferentes edificaciones fueron :

Tabla 4. Caudales

Edificación	Caudal l/s	Caudal m ³ / s
Oficina de los Operadores	0.570	0.00057
Casa	0.681	0.000681
Centro de Información	0.546	0.000546
Bodega	0.30	0.00030
Oficina	0.45	0.00045
Perrera	0.30	0.00030

Caudal de diseño

$$0.570 + 0.681 + 0.546 + 0.30 + 0.45 + 0.30 = 2.847 \text{ l / s}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 2.847 \text{ l / s}$$

3. El SDR de la tubería y el golpe de ariete

Cálculo de la presión de ariete para una velocidad de 2 m/s

Tabla 5. Presiones de ariete

TUBO SDR	$P_{\text{ariete}} (\text{Bar})$	$P_{\text{trabajo}} (\text{Bar})$
13,5	10,4	22,1
17	8,79	17,6
26	6,95	11,2
32,5	6,17	8,8

Al verificar la tabla anterior se comprueba que el valor obtenido de golpe de ariete para la tubería seleccionada es mucho menor al valor estimado en las tablas por tanto, se asegura que la presión existente en la tubería no ocasionará problemas a la hora de producirse dicho golpe.

4. Diámetro de la tubería

El cálculo de los diámetros de tuberías se realizó por tramos debido a la ubicación de las diferentes edificaciones.

Los resultados obtenidos de acuerdo al caudal y la velocidad seleccionada para escoger el diámetro de la tubería indican que ésta debe de tener la siguiente medida :

Diámetros obtenidos para los diferentes tramos

Tabla 6. Diámetros obtenidos

Tramo	Edificación	Diámetro tubería (mm)	Diámetro tubería (m)	Diámetro tubería (pulg)
A-B	Tanque almacenamiento - tanque elevado	42.579	0.043	1 ½
B-C	Tanque elevado - caja	42.579	0.043	1 ½
C-D	Caja - casa	20.819	0.024	¾
C-E	Caja - operadores	23.533	0.029	1
E-F	Operadores- perrera	13.823	0.018	½
C-G	Caja –centro información	28.735	0.029	1
G-H	Centro información – bodega	21.857	0.024	¾
H-I	Bodega - oficina	16.930	0.018	1/2

5. Diámetro de la tubería de succión corroborando el cálculo con el NPSH.

Valor de longitud equivalente

Tabla 7. Pérdidas por accesorios en metros

Longitud de tubería	(m)
Longitud real	8
Longitud equivalente por 2 codos	6.4
Longitud equivalente por check	6.8
Longitud equivalente total	21.2

Al realizar los cálculos mediante el uso de las formulas se obtiene :

$$\text{NPSH}_{\text{disponible}} = 5,85 \text{ mH}_2\text{O}$$

$$\text{NPSH}_{\text{Requerido}} = 1.75 \text{ mH}_2\text{O}$$

En este caso se obtuvo un NPSH disponible mayor al requerido, tal y como debe de ser. Es importante no sólo ser mayor, sino que este entre un 25 % y 35 % mayor.

5.85 es más de un 50 % mayor que 2.5.

El NPSH del sistema es de 5.85 m H₂O, esto indica que el sistema exigirá una presión máxima de 5.85 m H₂O y la bomba está en capacidad para trabajar

hasta una presión de 1.75 m H₂O, por lo tanto en este caso no habrá problema de cavitación.

Tubería de Succión

Se concluye que la tubería de succión de la bomba será de :

Diámetro nominal de 38 mm

SDR 17

Longitud de 1.5 m

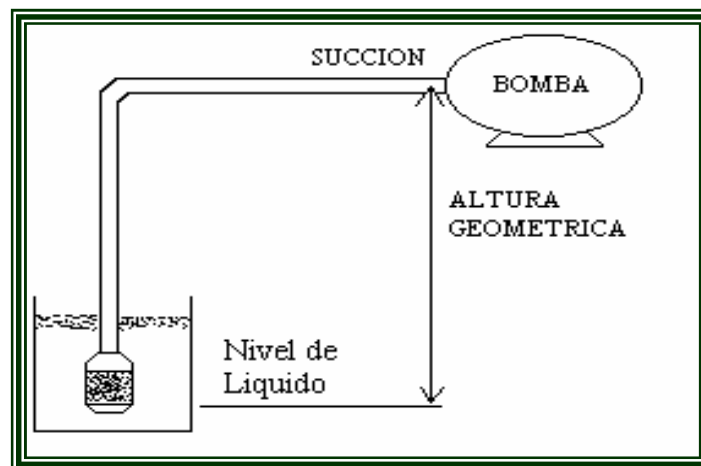


Tabla 8. Pérdidas de carga del sistema h_f

Tramo	Edificación	Perdidas h_f (m H₂O)
A-B	Tanque almacenamiento - tanque elevado	18.381
B-C	Tanque elevado - caja	2.142
C-D	Caja - casa	34.233
C-E	Caja - operadores	4.903
E-F	Operadores- perrera	2.190
C-G	Caja -centro información	18.827
G-H	Centro información - bodega	9.859
H-I	Bodega - oficina	11.659

Tabla 9. Pérdidas total de descarga HTD

Tramo	Edificación	Perdida total de descarga (m H2O)
A-B	Tanque almacenamiento - tanque elevado	36.384
B-C	Tanque elevado - caja	20.146
C-D	Caja - casa	38.436
C-E	Caja - operadores	7.906
E-F	Operadores- perrera	10.097
C-G	Caja –centro información	21.831
G-H	Centro información – bodega	31.690
H-I	Bodega - oficina	43.349

COSTOS DE LA OBRA

Para realizar este análisis, es recomendable empezar por determinar cuáles serán los artículos que se utilizarán en el diseño del sistema de bombeo, las cantidades necesarias de cada uno de ellos y los correspondientes accesorios que deben instalarse.

Se gestiona el precio unitario de cada artículo para obtener el monto total de cada uno de ellos.

La información relacionada con la mano de obra de los operarios se obtuvo del departamento de Soporte Administrativo, donde se consultó el monto del salario de cada puesto operativo que se tiene establecido. Luego, se determinó la cantidad de operarios que intervienen en la obra a realizar.

Para el diseño se calcula un costo aproximado de la obra en 579 392,05 colones en materiales y 500 000 colones de mano de obra.

Costo = ¢579 392,05 + ¢500 000

Costo total = ¢ 1 079 392,05

El monto de la obra corresponde a los precios del mercado en este instante, de aquí al momento de realizarse la obra, obviamente quedará sujeto a cambios.

El detalle de cada una de los accesorios y sus precios se detalla a continuación:

Desglose de costos de la obra

Tabla 10. Costos de la obra

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Unitario</i>	<i>Total</i>
Tubo SDR 17 38mm	33	3 680,53	¢121 457,52
Tubo SDR 17 38mm	56	1 068,14	¢59 815,93
Tubo 12mm ALTA	12	1 290,27	¢15 483,19
Tubo SDR 17 25mm	32	1 762,83	¢56 410,62
Válvula compuerta 38mm	1	1 411,50	¢1 411,50
Válvula compuerta 12mm	2	523,89	¢1 047,79
Válvula compuerta 18mm	2	596,46	¢1 192,92
Válvula compuerta 25mm	2	831,86	¢1 663,72
Codo 38mm 90°	6	274,34	¢1 646,02
Codo 12mm 90°	3	34,51	¢103,54
Codo 18mm 90°	4	61,06	¢244,25
Codo 25mm 90°	4	137,17	¢548,68
TEE 38mm ALTA	1	366,37	¢366,37
Cable eléctrico	60 m	300	¢18 000
Bomba Goulds Model 3100	1	300 000	¢300 000
Mano de obra	192	2500	¢500 000

X. CONCLUSIONES

- ◆ La bomba que está actualmente, se encuentra trabajando bajo condiciones muy severas debido a su funcionamiento las 24 horas del día.

- ◆ Al sistema actual no se le puede dar mantenimiento, porque no se puede extraer la bomba de funcionamiento pues dejaría de abastecer de agua al área del vertedor.

- ◆ No se conoce con exactitud la trayectoria que recorre la tubería a lo largo del área del vertedor.

- ◆ No se cuentan con planos del diseño actual, que facilite la detección de fallas en el sistema.

- ◆ La presión mínima que debe tener el líquido en la boca de admisión de la bomba para que funcione bien (NSPH requerido) es muy bajo, pues se trata de un sistema de distribución de agua pequeño.

- ◆ El sistema debe ser capaz de suministrar agua a la oficina de los operadores las 24 horas del día.

- ◆ El nuevo sistema de distribución contará con un tanque elevado para abastecer el agua por gravedad.

XI. RECOMENDACIONES

- ◆ Comprar una bomba con las características de diseño señaladas, para ponerla a funcionar con el nuevo sistema.

- ◆ Instalar la bomba de 2,5 HP (STA RITE) que se tiene actualmente en uso, en una configuración en paralelo con la anteriormente señalada en el diseño; lo cual aumentará la confiabilidad y capacidad del sistema.

- ◆ Diseñar un programa de mantenimiento preventivo para las bombas, para mantenerlas funcionando lo mejor posible a lo largo de su vida útil.

- ◆ Limitar las fugas lo máximo posible, al realizar uniones de alta calidad a lo largo de red.

- ◆ Utilizar el material y diámetro establecido de tubería en los diferentes trayectos, según el nuevo diseño.

- ◆ Utilizar válvulas y codos en los trayectos, de acuerdo a la muestra del diseño.

BIBLIOGRAFÍA

McNaughton, Kenneth. Bombas, selección, uso y mantenimiento. México. Editorial McGraw Hill.

Karassik, Igor. Bombas Centrifugas , selección, operación y mantenimiento. México. Editorial Continental.

Chevalier, A. Dibujo Industrial. Barcelona. Editorial Montaner.

Chanto, L. Fernando. Codigo de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en edificaciones. Costa Rica 1995.

ANEXOS

ANEXO I

TABLA N° 1

Especificación de tubería PVC

**TABLA N°1
ESPECIFICACION DE TUBERIA PVC**

Diam. Nominal		SDR	Diám. externo medio mm	Diám. interno medio mm	Espesor mínimo mm	Presión Trabajo		Presión Ruptura		Largo m
mm	Pulg.					bar	mH ₂ O	bar	mH ₂ O	
12	½	13.5	21.34	18.20	1.57	22.1	225	70.2	716	6
18	¾	17	26.67	23.53	1.57	17.6	180	56.2	573	6
25	1	17	33.40	29.48	1.96	17.6	180	56.2	573	6
31	1¼	17	42.16	37.18	2.49	17.6	180	56.2	573	6
38	1½	17	48.26	42.58	2.84	17.6	180	56.2	573	6
50	2	17	60.33	53.21	3.56	17.6	180	56.2	573	6
62	2½	17	73.03	64.45	4.29	17.6	180	56.2	573	6
75	3	17	88.90	78.44	5.23	17.6	180	56.2	573	6
100	4	17	114.30	100.84	6.73	17.6	180	56.2	573	6
150	6	17	168.28	148.46	9.91	17.6	180	56.2	573	6
200	8	17	219.08	193.28	12.90	17.6	180	56.2	573	6
25	1	26	33.40	30.36	1.52	11.2	114	35.1	358	6
31	1¼	26	42.16	38.90	1.63	11.2	114	35.1	358	6
38	1½	26	48.26	44.56	1.85	11.2	114	35.1	358	6
50	2	26	60.33	55.71	2.31	11.2	114	35.1	358	6
62	2½	26	73.03	67.45	2.79	11.2	114	35.1	358	6
75	3	26	88.90	82.04	3.43	11.2	114	35.1	358	6
100	4	26	114.30	105.52	4.39	11.2	114	35.1	358	6
150	6	26	168.28	155.32	6.48	11.2	114	35.1	358	6
200	8	26	219.08	202.22	8.43	11.2	114	35.1	358	6
250	10	26	273.05	252.07	10.49	11.2	114	35.1	358	6
300	12	26	323.85	298.95	12.45	11.2	114	35.1	358	6
38	1½	32.5	48.26	45.22	1.52	8.8	90	28.1	287	6
50	2	32.5	60.33	56.63	1.85	8.8	90	28.1	287	6
62	2½	32.5	73.03	68.55	2.24	8.8	90	28.1	287	6
75	3	32.5	88.90	83.42	2.74	8.8	90	28.1	287	6
100	4	32.5	114.30	107.28	3.51	8.8	90	28.1	287	6
150	6	32.5	168.28	157.92	5.18	8.8	90	28.1	287	6
200	8	32.5	219.08	205.62	6.73	8.8	90	28.1	287	6
250	10	32.5	273.05	256.23	8.41	8.8	90	28.1	287	6
300	12	32.5	323.85	303.93	9.96	8.8	90	28.1	287	6
38	1½	41	48.26	45.88	1.19	7.0	71	22.1	225	6
75	3	41	88.90	84.58	2.16	7.0	71	22.1	225	6
100	4	41	114.30	108.72	2.79	7.0	71	22.1	225	6
150	6	41	168.28	160.08	4.10	7.0	71	22.1	225	6
200	8	41	219.08	208.42	5.33	7.0	71	22.1	225	6
250	10	41	273.05	259.75	6.65	7.0	71	22.1	225	6
300	12	41	323.85	308.05	7.90	7.0	71	22.1	225	6

ANEXO II

TABLA N ° 2

Variación de Presión Atmosférica con la altitud

TABLA #1
VARIACION DE LA PRESION ATMOSFERICA
CON LA ALTITUD

ALTITUD (m)	PRESION ATMOSFERICA		
	BAR abs	m H2O	mm Hg
0	1.012	10.37	759.22
100	1.001	10.25	750.66
200	0.989	10.13	742.10
300	0.978	10.02	733.54
400	0.967	9.90	724.98
500	0.955	9.78	716.42
600	0.944	9.66	707.86
700	0.932	9.55	699.30
800	0.921	9.43	690.74
900	0.910	9.31	682.18
1000	0.898	9.20	673.62
1100	0.887	9.08	665.06
1200	0.875	8.96	656.50
1300	0.865	8.86	648.68
1400	0.854	8.75	640.86
1500	0.844	8.64	633.05
1600	0.834	8.54	625.23
1700	0.823	8.43	617.42
1800	0.813	8.32	609.60
1900	0.802	8.22	601.79
2000	0.792	8.11	593.97
2100	0.782	8.00	586.15
2200	0.771	7.90	578.34
2300	0.761	7.79	570.52
2400	0.750	7.68	562.71
2500	0.741	7.59	556.08
2600	0.733	7.50	549.33
2700	0.724	7.41	542.68
2800	0.715	7.32	535.98
2900	0.706	7.23	529.28
3000	0.697	7.14	522.58
3100	0.688	7.04	515.89
3200	0.679	6.95	509.19
3300	0.670	6.86	502.49
3400	0.661	6.77	495.79
3500	0.652	6.68	489.09
3600	0.643	6.59	482.39

ANEXO III

Tabla N° 3

Variación de la Presión de Evaporación del
Agua con la Temperatura

TABLA #2
VARIACION DE PRESION DE EVAPORACION
DEL AGUA CON LA TEMPERATURA








TEMP AGUA (C)	PRESION DE VAPOR		
	BAR abs	m H2O	mm Hg
0	0.0057	0.058	4.28
5	0.0090	0.092	6.73
10	0.0122	0.125	9.18
15	0.0180	0.184	13.46
20	0.0244	0.250	18.28
25	0.0334	0.342	25.02
30	0.0448	0.459	33.58
35	0.0409	0.419	30.68
40	0.0796	0.815	59.67
50	0.1274	1.305	95.55

ANEXO IV

TABLA N ° 4

Pérdidas por Fricción en accesorios convertidos a metros de longitud

Pérdidas por fricción en accesorios, convertidas a metros de longitud en tubería de PVC.

	Díametro nominal	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	6"	8"
Codo 90°		1.1	1.2	1.5	2.0	3.2	3.4	3.7	3.9	4.3	5.4	6.5
Te		0.7	0.8	0.9	1.5	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	3.8	5.0
Codo 45°		0.4	0.5	0.7	1.0	1.3	1.5	1.7	1.8	1.9	2.6	3.5
Curva 90°		0.4	0.5	0.6	0.7	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.8
Curva 45°		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4
Válvula retención	tipo leve 	2.5	2.7	3.8	4.9	6.8	7.1	8.2	9.3	10.4	13.9	17.6
	tipo pesado 	3.6	4.1	5.8	7.4	9.1	10.8	12.5	14.2	16.0	21.4	27.2
Válvula globo		11.1	11.4	15.0	22.0	35.8	37.9	38.0	40.0	42.3	56.7	72.1
Válvula compuerta		0.1	0.2	0.3	0.4	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.2	1.4
Unión		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Embo/canturo normal		0.3	0.4	0.5	0.6	1.0	1.5	1.6	2.0	2.2	2.8	3.5
Borquilla de borda		0.9	1.0	1.2	1.8	2.3	2.8	3.3	3.7	4.0	5.6	7.4

ANEXO V

TABLA N ° 5
Unidad de Medida

UNIDAD	SIMBOLO
Porcentaje	%
Grado Celsius	°C
Grado Farenheit	°F
Segundo	s
Ampere	A
Hora	h
Voltio	V
Bares	bar
Coseno	cos
Watt	W
Hetz	Hz
Vars	vars
Julio	J
Litro	l
Metro	m
Pulgada	pulg
Revolución por minuto	rpm

ANEXO VI

1. Evolución histórica de la Metrología

La necesidad de medir las cosas y de establecer patrones para compararlas, forma parte de las bases esenciales de comunicación entre los seres humanos. La vida de relación exige al hombre expresar racionalmente las características y el valor de las cosas para hacer posible su utilización y su intercambio. Así el hombre, ha sentido la necesidad de medir desde los tiempos más remotos. En los restos de las civilizaciones más antiguas se han encontrado indicios que permiten suponer, con bastante certeza, que los hombres primitivos tenían ya en su mente la idea de medida.

Todo parece indicar que las primeras medidas que se establecieron fueron las relativas a la longitud y a la masa. En el primer caso, se utilizaron como medios de comparación el tamaño de los dedos, el “geme”, la longitud del pie y el ancho del pie, entre otros. Para efectos de masa se desarrollaron medios de referencia para comparar la cantidad mediante conchas, granos, piedras, etc.

Sin embargo, el problema consistía en que estas medidas variaban de un lugar a otro y de un individuo a otro. Como primera solución se decidió entonces, que ese pie, esa palma, ese dedo, debían corresponder al jefe de la tribu, al príncipe o al rey. Aunque esto representó un paso de avance, los patrones anatómicos para medir eran distintos entre pueblos, entre provincias y entre países. Para superar esta inconveniencia, los hombres pensaron en establecer un orden que representó, aunque en forma muy rudimentaria, un sistema de mediciones.

En el siglo VI de nuestra era, los romanos consiguieron establecer en parte este orden, pero a la caída del Imperio Romano, cada uno de los pueblos retornaron otra vez al caos. El rey Eduardo I de Inglaterra, dio quizás el avance más importante en Metrología, al ordenar la confección de una barra de hierro para que se utilizara como patrón de medida en todo el reino.

Sin embargo, fue en el siglo XVII cuando se produjo una verdadera revolución dentro de este campo, al nacer en Francia la “toesa”, medida equivalente a un metro y 946 milímetros de longitud, materializada por una barra de hierro. Conforme el avance tecnológico y el valor de los productos fue en aumento, se hizo necesario lograr una mayor precisión en las medidas y como consecuencia fue necesario mejorar las características de los patrones primarios, ya que en 1742 se compararon medidas y resultó que el pie francés era un 6% mayor que el pie inglés y la libra francesa un 8% mayor que la inglesa.

En 1791, Francia aprueba el arco meridiano e inicia el sistema métrico. En 1820, los países bajos adoptaron por ley el sistema métrico y en 1864 Gran Bretaña autoriza su uso. En 1867, se crea el Comité de Pesas, Medidas y Monedas en París y en 1875, se realiza la Conferencia Diplomática del Metro y se crea el Comité Internacional de Pesas y Medidas. Desde entonces el proceso evolutivo en Metrología continua, existiendo desde 1955 el OIML (Organización Internacional de Metrología Legal) y hoy día una serie de organismos internacionales como: BIPM (Bureau Internacional de Pesos y Medidas), IEC (Comisión Internacional Electrotecnia), ILAC (Comisión Internacional de Acreditación de Laboratorios) que conforman un bloque mundial que vela por ese importante tema. Los diferentes países poseen un organismo nacional regulador de esta materia, que a su vez puede tener asociaciones relacionadas para la conformación de estándares e instituciones (laboratorios) para la ejecución de las pruebas de calibración correspondientes.

2. Concepto y elementos fundamentales

La Metrología es una ciencia de comparación. El principio es simple, envuelve medidas y comparaciones a esas medidas de un estándar con otro estándar, con precisión conocida. Aquí se toman varias medidas y se trabajan estadísticamente

La Metrología en la actualidad tiene diferentes áreas de aplicación y se habla así de tres tipos fundamentales, a saber:

- Científica: Calibración, comparación y verificación de los instrumentos de medida y control, empleados en laboratorios de análisis, pruebas y ensayo, así como en las investigación científica y aplicada. Además, se utiliza para el estudio y aprobación de modelos de los instrumentos de medida. Es coordinado por BIPM.
- Legal: Busca establecer un equilibrio entre los objetivos del productor y consumidor; actúa como verdadero legislador en el intercambio de bienes. Su coordinación mundial es la OIML.
- Industrial: Proporciona a la industria una base técnica de precisión adecuada a sus reales necesidades a fin de poder calibrar, comprobar y verificar sus instrumentos de medida y de control.

Si revisamos detenidamente el concepto de Metrología, encontramos que se citan tres elementos fundamentales en su actividad, a saber:

3. Medición y unidades de medida

En primera instancia, recordemos que una medición es el valor de una cantidad, es un conjunto de operaciones cuyo objeto es determinar un valor de una magnitud o unidad y que un sistema de unidades de medida a un conjunto de unidades básicas, junto con unas derivadas, definidas de acuerdo con reglas dadas, para un sistema de magnitudes.

Descolla entre los sistemas de unidades el Internacional (SI), que fue establecido en 1960 por la Conferencia General de Pesos y Medidas (CGPM) y es un conjunto sistemático y ordenado de unidades, adoptado convencionalmente, siendo necesario para expresar los resultados de las mediciones.

Este sistema posee seis unidas básicas, 19 derivadas (que se forman mediante la combinación de las básicas) y dos complementarias (que son las unidades de ángulo plano y las de ángulo sólido). La CGPM en su décima y doceava conferencia, recomendó el uso de prefijos que dan las bases para formar los múltiplos y submúltiplos de las unidades para efectos prácticos.

El SI es un sistema coherente, ya que el producto o el cociente de dos o más de sus magnitudes dan como resultado la unidad derivada correspondiente. Es universal pues la unidad de fuerza es independiente de la aceleración debida a la gravedad y por lo tanto es constante en cualquier lugar.

3. 1. Equipo de medición y trazabilidad

Se conoce bajo el término de equipo de medición, todos los instrumentos de medición¹⁵, los patrones de medición¹⁶, los materiales de referencia¹⁷, los aparatos auxiliares y las instrucciones que se necesiten para efectuar una medición.

¹⁵ Instrumento de medición: Dispositivo destinado a efectuar una medición, solo o en conjunto con equipo complementario, incluyendo el hardware y software utilizado para ello.

¹⁶ Patrón de medición: Medida materializada, instrumento de medición, material de referencia o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o más valores de una magnitud que sirva como referencia.

¹⁷ Material de referencia: Material o sustancia en que uno o más de sus valores características son suficientemente homogéneos y bien establecidos para usarlos en la calibración de un aparato, la evaluación de un método de medición o la asignación de valores a los materiales.

Por su función se clasifican en:

- Indicadores: Un índice y una escala graduada en la que puede leerse la variable.
- Registradores: Registran un trazo continuo o a puntos de una variable.
- Sensores: Entran en contacto directo con la variable y utilizan o absorben energía .
- Transmisores: Comparten la variable de proceso del elemento sensor y la transmiten a distancia en forma de señal neumática o electrónica de corriente continua.
- Transductor: Recibe una señal de entrada (de uno o más variables físicas) y las convierte modificadas o no en una señal de salida.
- Convertidores: Reciben una señal de entrada neumático o electrónica y la transforman en una señal de salida estándar.
- Receptores: Reciben las señales procedentes de transmisores y las indica o registra.
- Controladores: Comparan la variable controlada con un valor deseado y ejercen una acción correctiva según la desviación que detectan.
- Elemento final de control: Recibe una señal del controlador y modifica el caudal del fluido o agente de control.

Una de las características más importantes de los equipos en Metrología es su trazabilidad, que se refiere al procedimiento y los registros que sean usados para demostrar que la medición hecha por él puede relacionarse a través de una cadena sucesiva de comparaciones con los patrones nacionales en unidades del SI y de allí a los internacionales, garantizando así que se conoce que está midiendo ese equipo en particular. Tales comparaciones deben efectuarse a intervalos predeterminados, considerando entre otros el uso del instrumento en sí y ser ejecutados por laboratorios competentes técnicamente.

3. 2. Incertidumbre de las mediciones

Otro elemento de gran interés en Metrología, es la determinación de la incertidumbre de las mediciones¹⁸, dado que el conocer y controlar este elemento estriba el éxito de un sistema de confirmación metrológica¹⁹ y con ello la garantía plena de acercarse a una medida lo más cierta posible.

En la teoría de las mediciones se habla de un valor cierto, pero también se sabe de las imperfecciones que reducen la posibilidad de tener ese valor cierto. La brecha así generada, se le denomina error, que posee siempre dos componentes: el aleatorio, que se evalúa por medios estadísticos y el sistemático que es producto de la implicación del sistema de mediciones por efecto de las condiciones ambientales y de los estándares utilizados.

Estos errores interactúan entre sí para conformar la incertidumbre total de una medición. De tal forma que se involucra en su cálculo la incertidumbre del instrumento de medición, la del método usado, la del operador que ejecuta la medición, la del proceso de calibración, la del patrón de referencia, la de los factores ambientales, etc. Todas y cada una de las cuales deberán ser consideradas para generar la incertidumbre asociada a una medición dada.

¹⁸ Incertidumbre de la medición: Parámetro, asociado con el resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que en forma razonable se le podrían atribuir a la magnitud por medir.

¹⁹ Confirmación metrológica: Conjunto de operaciones necesarias para asegurar que el equipo de medición cumple con los requisitos para su uso previsto.

4. Metrología en Costa Rica

En Costa Rica, se inician esfuerzos nacionales en el área metrológica a partir de la creación de la Oficina Nacional de Normas y Unidades de Medida²⁰, del Ministerio de Economía Industria y Comercio en 1973 (bajo la ley 5292) y que la enmarcan en el ámbito de Normalización, Metrología, Pruebas y Aseguramiento de la Calidad. Luego se potencializa con la aprobación del decreto 24662 del 27 de setiembre de 1995 que establece la conformación del Sistema Nacional de la Calidad y constituye tanto el ente de acreditación ENA para entes de certificación, laboratorios de ensayo y calibración, y entes de inspección y control, como el Ente Nacional de Gestión Metrológica (que se asocia a la ONNUM) y cuyas funciones son:

- ◆ Conservar los patrones nacionales
- ◆ Establecer mecanismos de transferencia de la trazabilidad de tales patrones a los Laboratorios de Calibración acreditados por el INA
- ◆ Cooperar con el ENA en la acreditación de laboratorios
- ◆ Establecer un sistema de evaluación metrológica a los laboratorios de calibración
- ◆ Establecer procedimientos homologados de calibración
- ◆ Establecer coordinación para el uso y aplicación de patrones nacionales en otras instituciones
- ◆ Elaborar censo nacional de patrones metrológicos
- ◆ Servir de centro de información metrológica
- ◆ Establecer mecanismos de difusión de buenas prácticas metrológicas
- ◆ Participar en el intercambio de desarrollo metrológico a nivel nacional e internacional

²⁰ ONNUM

En Costa Rica se definieron como áreas prioritarias las magnitudes de masas, volúmenes, presiones, longitudes y electricidad, y como segunda prioridad las de temperatura, fuerza, nivel de presión acústica, humedad, densidad y viscosidad.

Los laboratorios nacionales actuales son: Recope para grandes volúmenes , el ICE para variables eléctricas y la ONNUM para masas, peso, dimensiones, presión, volúmenes pequeños, densidad y temperatura.

Por supuesto, que el desarrollo metrológico del país ha respondido a una necesidad empresarial dada, en el mundo comercial sin fronteras que espera ser la globalización. Esto ha obligado a las empresas nacionales a tratar con más atención el tema y en algunos casos como Intel a buscar soluciones fuera de nuestras propias fronteras, dadas las restricciones técnicas de nuestros laboratorios primarios. En general, la expansión en esta ciencia (al que se está obligado), generará un crecimiento acelerado, pues hoy día inclusive no existen suficientes empresas en el mercado nacional que den servicios de calibración y los laboratorios nacionales (todos estatales) poseen las limitaciones propias de su naturaleza jurídica (restricciones de número de plazas del servicio público y de presupuesto para adquisiciones de nuevas tecnologías), que implica su dificultad para contestar al país y a sus necesidades.

Actualmente hay pocas opciones en el mercado nacional para la contratación de servicios de calibración, existiendo –además de los laboratorios nacionales-Romanas Ocony para el caso de balanzas y el LabCal-Macnor (Laboratorio de Metrología, Normalización y Calidad de la Universidad de Costa Rica) con servicios en variables dimensionales, físico-químico, masa, presión, electricidad, temperatura, volumen y gasto.

En otro campo el uso del sistema internacional de unidades es obligatorio en el país a partir de la publicación del decreto 23355-MEIC, del 18 de mayo de 1994.

ANEXO VII

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO METROLOGICO

CLASIFICACIÓN:

- INSTRUMENTO DE MEDICION ESTACIONARIO INSTRUMENTO DE MEDICION PORTÁTIL
 PATRON DE TRABAJO PATRÓN SECUNDARIO

DESCRIPCIÓN (Unidad de Medida, aplicación):

Indicador de corriente.

MODELO: 14-37190-7 MARCA: IME N/S: _____
 ACTIVO ICE: _____ UBICACIÓN FÍSICA: Nivel 431 centro control de motores.
 RESPONSABLE: _____ Año de compra: 2000
 USO (laboratorio, de campo, empotrado): _____ Manuales existentes: _____
 CUIDADOS O LIMITACIONES: _____

FABRICANTE: IME
 NOMBRE: _____ TEL.: _____
 E-mail: _____ DIRECCION: _____

VARIABLES METROLOGICAS				
VARIABLE	RANGO	ESCALA	EXACTITUD	
A	0-20		0,5	

FRECUENCIA DE COMPROBACIONES O CALIBRACIONES					
FECHA	FRECUENCIA	RESPONSABLE	FECHA	FRECUENCIA	RESPONSABLE

REGISTRO DE COMPROBACIONES O CALIBRACIONES				
N° INSTRUCCIÓN	FECHA INTERVENCIÓN	FECHA PRÓXIMA INT.	PATRÓN USADO	RESPONSABLE

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO METROLOGICO

CLASIFICACIÓN:

- INSTRUMENTO DE MEDICION ESTACIONARIO INSTRUMENTO DE MEDICION PORTÁTIL
 PATRON DE TRABAJO PATRÓN SECUNDARIO

DESCRIPCIÓN (Unidad de Medida, aplicación):

Indicador de presión, (entrada enfriadores)

MODELO: _____ MARCA: _____ Jako _____ N/S: _____ 9805146
 ACTIVO ICÉ: _____ UBICACIÓN FISICA: _____ Sistema primario, nivel 427 snm.
 RESPONSABLE: _____ Año de compra: _____
 USO (laboratorio, de campo, empotrado): _____ Manuales existentes: _____
 CUIDADOS O LIMITACIONES: _____

FABRICANTE Jako _____
 NOMBRE: _____ TEL.: _____
 E-mail: _____ DIRECCION: _____

VARIABLES METROLOGICAS				
VARIABLE	RANGO	ESCALA	EXACTITUD	
Bar	0-10		0.2	

FRECUENCIA DE COMPROBACIONES O CALIBRACIONES					
FECHA	FRECUENCIA	RESPONSABLE	FECHA	FRECUENCIA	RESPONSABLE

REGISTRO DE COMPROBACIONES O CALIBRACIONES				
N° INSTRUCCIÓN	FECHA INTERVENCIÓN	FECHA PRÓXIMA INT.	PATRÓN USADO	RESPONSABLE

ANEXO VIII

Especificaciones de la Bomba

ANEXO IX

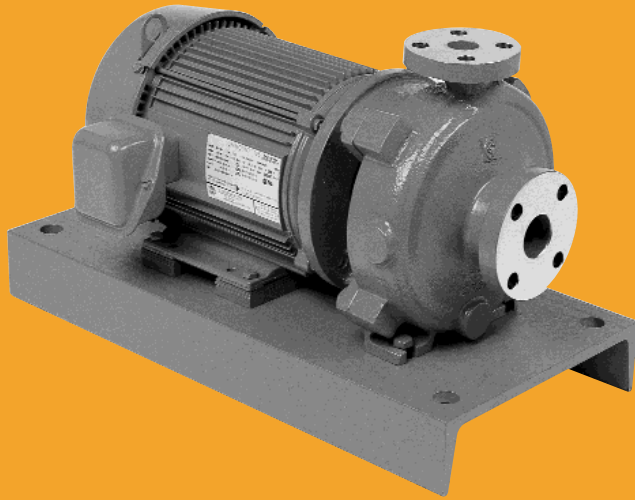
Plano del sistema de bombeo

ANEXO X

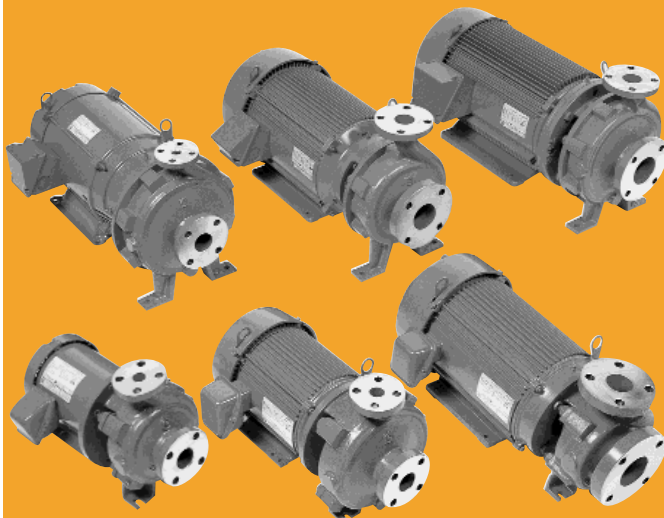
CÁLCULO DEL SISTEMA DE AGUA

ANEXO XI

Inventario metrológico



For general service pumping or industrial services, the Model 3100 is a perfect reliable and economical solution.



A complete range of NEMA JM Shaft motors are available for maximum pump flexibility for industrial services.

Goulds Model 3100

General Service Industrial Pumps

- Capacities to 600 GPM (136 m³/h)
- Heads to 425 feet (130 m)
- Temperatures to 250°F (121°C)
- Pressures to 275 PSIG (1895 kPa)

Performance Features for General Services

Pump Reliability

- Cast Stainless Steel Construction
- Optimized Seal Environment
 - TaperBore™ Seal Chamber
 - Internal Seal Flush
- Foot Mounted Casing
- **2-Year Warranty**

Ease of Maintenance

- Back Pull-out Design
- NEMA JM Shaft Motor
- Self-setting Mechanical Seal

Simple Installation

- Compact, Space Saving Close-Coupled Design
- No Pump/Motor Alignment Required
- ANSI Dimensional Casing

Services

Water Purification/Filtration
(Reverse Osmosis,
Ultra Filtration)

Parts Cleaners/Washers

Deionized Water

Tank Transfer

Tank Cleaning

Bottle Washing

Wastewater

Scrubbers

Paint Systems

OEM Skids

Seal Water

Condensate

Boiler Circulation

Cooling Water

Electronics Cooling

Chillers

Batch Processing

Model 3100 General Service Industrial Pumps

Design Features for Wide Range of Industrial Services

CLOSE-COUPLED

Design eliminates need to perform time consuming pump/motor alignment.

INTERNAL SEAL FLUSH

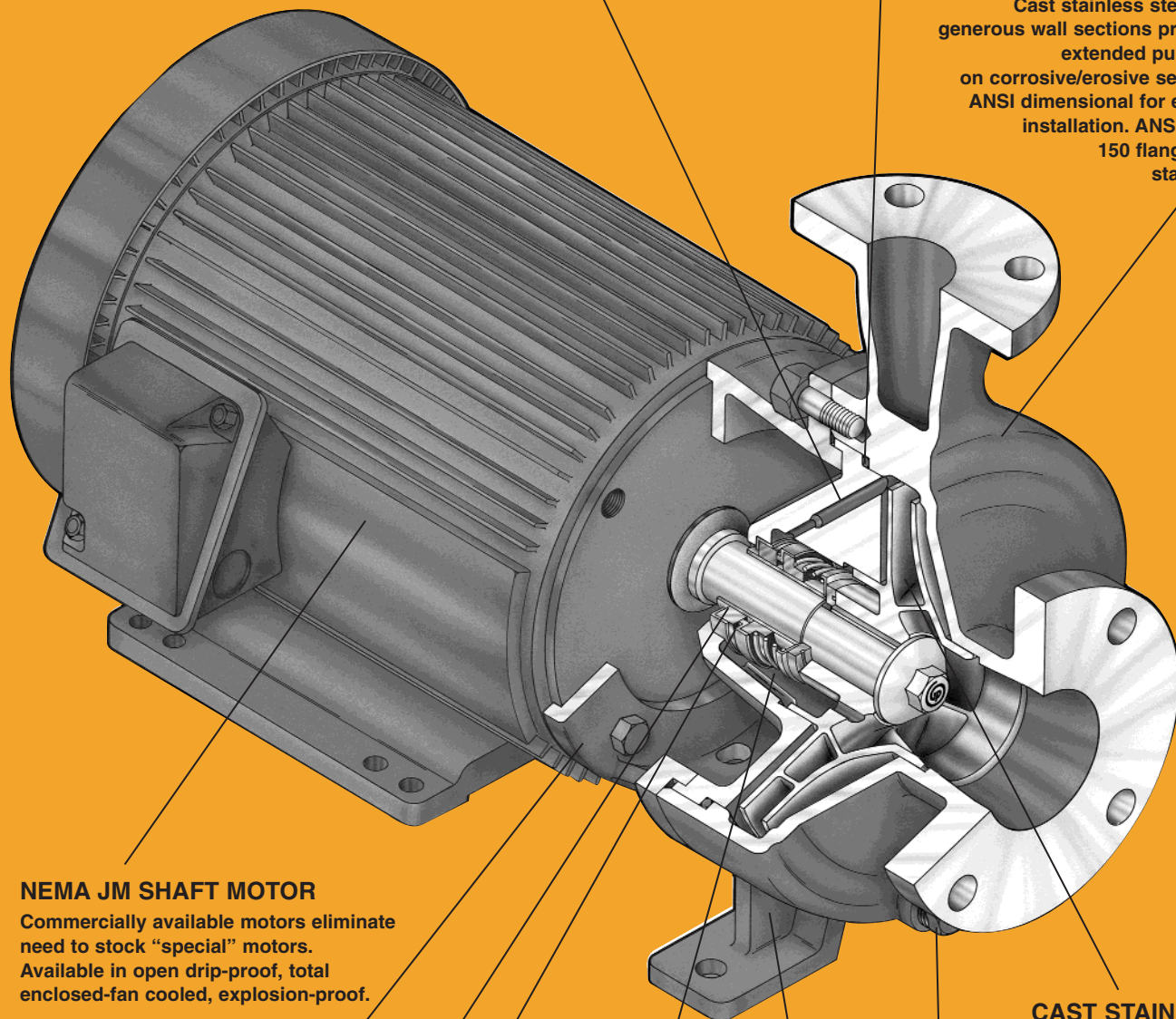
Supplied as standard to assure positive flush to mechanical seal—critical for extended seal life.

FULLY CONFINED O-RING

Provides positive sealing at casing joint, protects alignment fits.

INDUSTRIAL DUTY CASING

Cast stainless steel with generous wall sections provides extended pump life on corrosive/erosive services. ANSI dimensional for ease of installation. ANSI Class 150 flanges are standard.



NEMA JM SHAFT MOTOR

Commercially available motors eliminate need to stock “special” motors. Available in open drip-proof, total enclosed-fan cooled, explosion-proof.

DUCTILE IRON ADAPTER

Material strength equal to carbon steel for safety.

RENEWABLE SHAFT SLEEVE

Stainless steel shaft sleeve protects motor shaft from corrosion. O-rings assure dry shaft.

SINGLE INSIDE MECHANICAL SEAL

Elastomeric bellows seal with 316 stainless steel hardware. Simple to install, easy to maintain.

TAPERBORE™ SEAL CHAMBER WITH AXIAL RIBS

Extends mechanical seal life on services containing solids and vapors.

RIGID CASING FEET

Reduce effect of pipe loads on pump performance. Facilitates back pull-out for ease of maintenance.

CAST STAINLESS STEEL IMPELLER

Enclosed impeller design minimizes axial thrust to extend pump seal and motor bearing life.

OPTIONAL CASING DRAIN

Reliable Performance for Industrial Services

An Economical Solution

Not only are today's users looking for improved pump reliability but also for reduced pump cost. When selecting a pump, the choice often involves compromise: the economy of a light duty cast iron or stamped steel pump versus the reliability of an ANSI process pump.

The need for compromise is history. The Model 3100 is ideally suited to provide users with the best of both worlds. With its cast stainless steel construction and engineered seal chamber, the 3100 will provide years of trouble-free pumping.

Reliable Performance Backed By Warranty!

Goulds backs the Model 3100 with a 2-year warranty. The 3100 will meet and exceed your expectations for dependability and performance.



Stainless Steel Construction for Tough Services

Cast 316 stainless steel wetted components provide superior corrosion resistance in chemical services. Generous wall thicknesses extend pump life in both corrosive and erosive pumpage. The Model 3100 is also ideally suited on services where product contamination needs to be limited such as ultrapure water and electronics cooling.



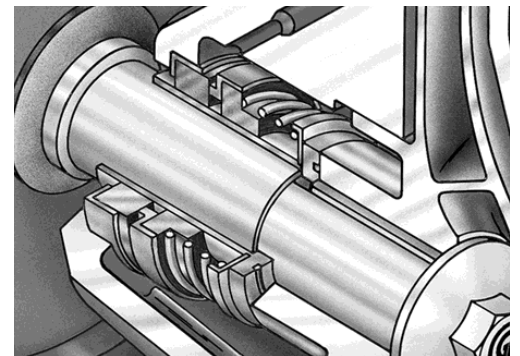
Rugged cast stainless steel wetted parts (casing, impeller, seal chamber).

Engineered Seal Environment

The number one cause of pump downtime is failure of the shaft seal. These failures are typically the result of an unfavorable seal environment such as poor lubrication of the seal faces and dirt.

Goulds Model 3100 features a TaperBore™ seal chamber with axial ribs for reliable operation whether the service is clean or dirty. Moderate solids and vapors are no problem.

An additional feature is the standard internal flush that guarantees proper flushing of the mechanical seal.

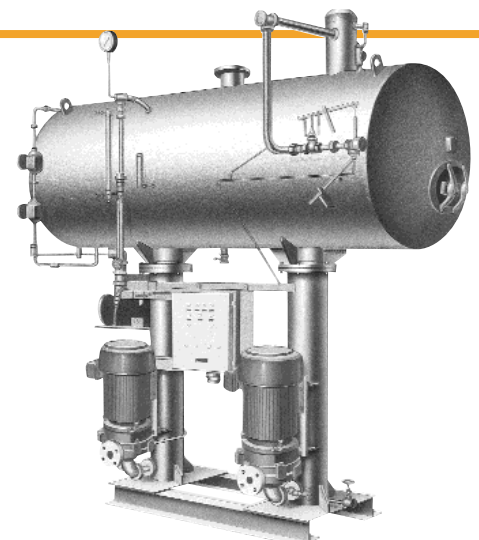


Trouble-Free Installation and Maintenance

The Model 3100 is a compact, space-saving unit. Its configuration and size make it ideal for OEM skids or for installations where space is limited.

The close-coupled design eliminates the need to perform time consuming pump/motor alignment.

A simple, effective mechanical seal is utilized for extreme ease of maintenance.



Design Features for Extended Pump Life



◀ Rugged Casing

Cast Stainless Steel provides extended pump life in corrosive/erosive services.

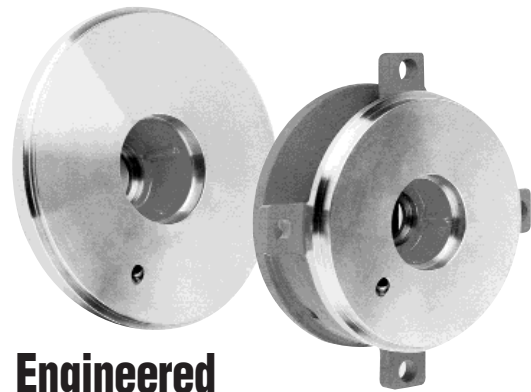
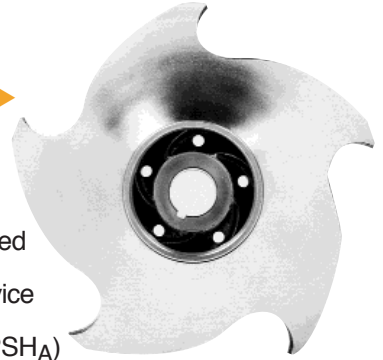
Back Pull-out design simplifies maintenance.

Foot Mounting affords resistance to distortion from pipe loads.

ANSI Dimensions simplify installation.

Enclosed Impeller ▶

Cast stainless steel for extended pump life in aggressive service and marginal suction (low NPSH_A) applications. Designed to minimize axial thrust loads for long bearing life.



◀ Single Inside Mechanical Seal

Standard seal features carbon vs ceramic faces with Viton® elastomer. Design is simple and effective; requires no setting during installation. Optional seal faces and elastomer are available to meet a wide range of industrial sealing requirements.

Engineered Seal Chamber ▲

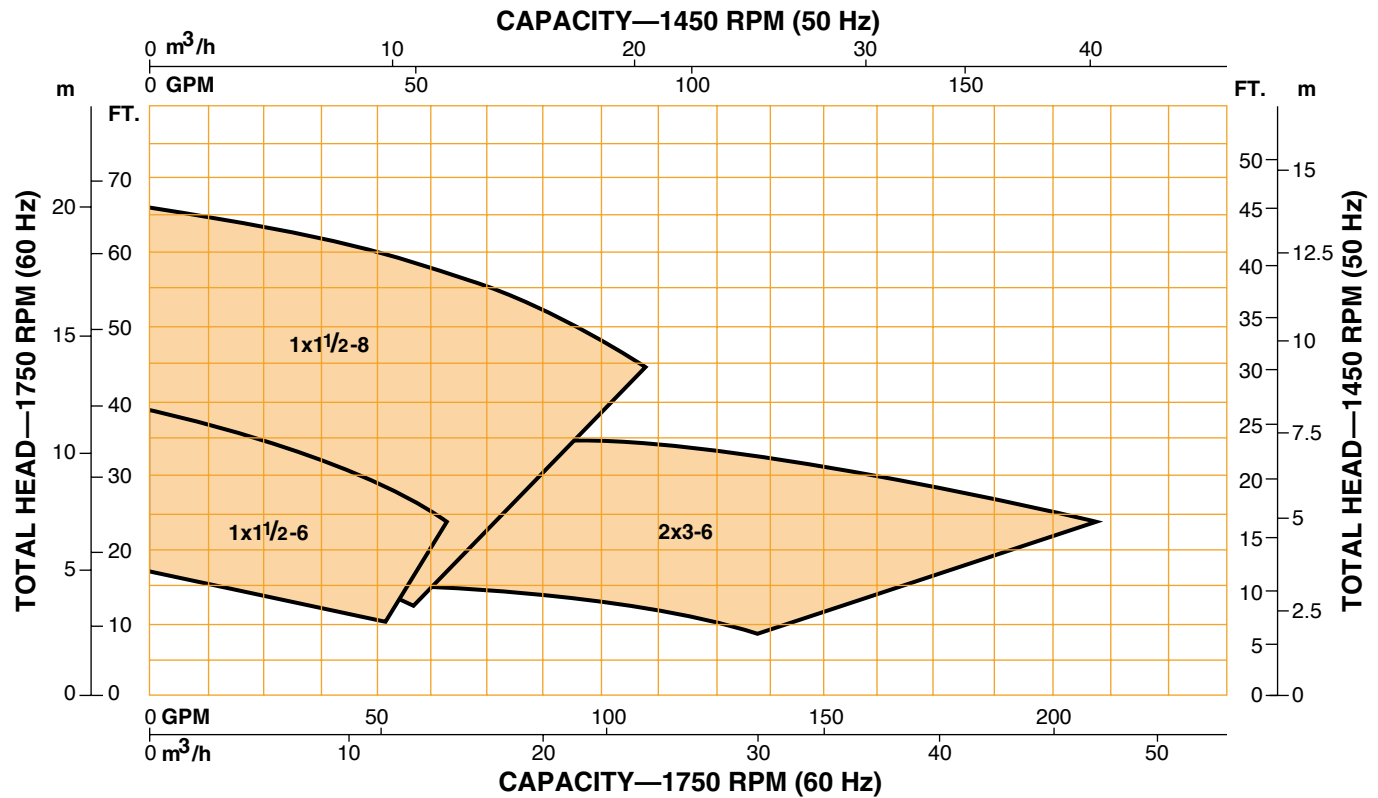
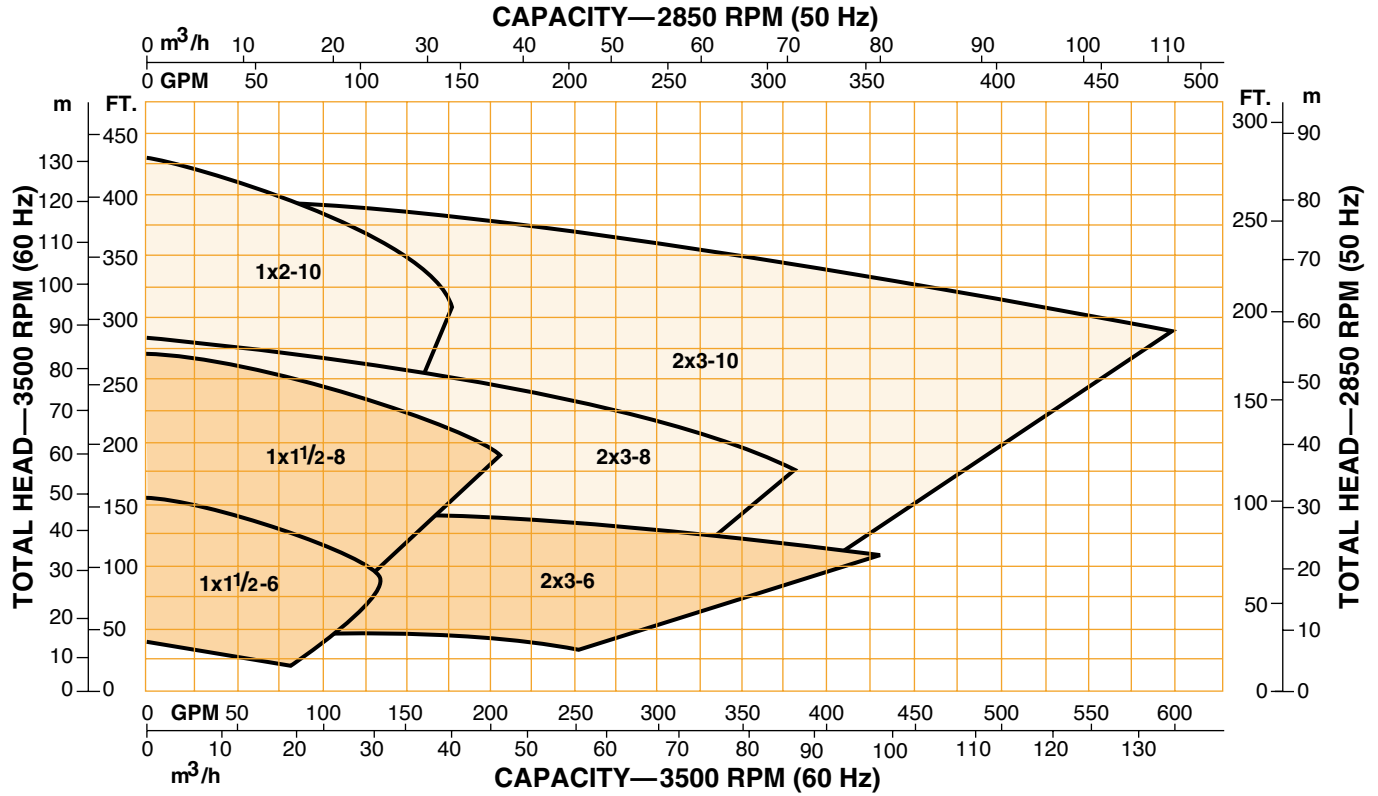
Provides optimum seal environment for general industrial services. TaperBore™ design with axial ribs extends seal life in solids-laden services. Standard internal seal flush assures cool running seal faces for maximum life.

NEMA JM Shaft Motors ▼

Ready availability of NEMA JM motor eliminates the need to stock special motors. Available in Open Drip-Proof, Total Enclosed Fan-Cooled and Explosion-Proof for installation flexibility.

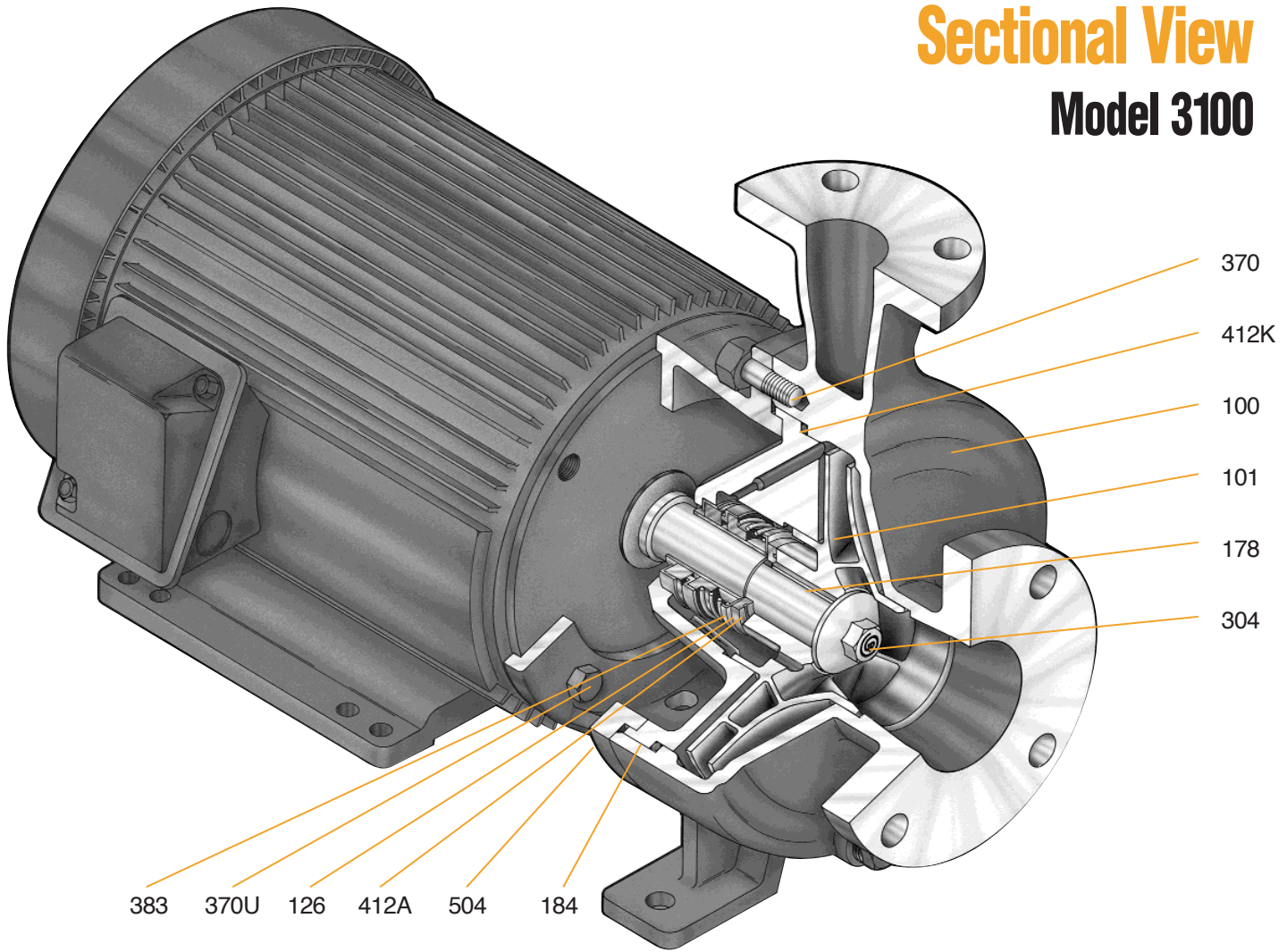


Hydraulic Coverage Model 3100



Sectional View

Model 3100

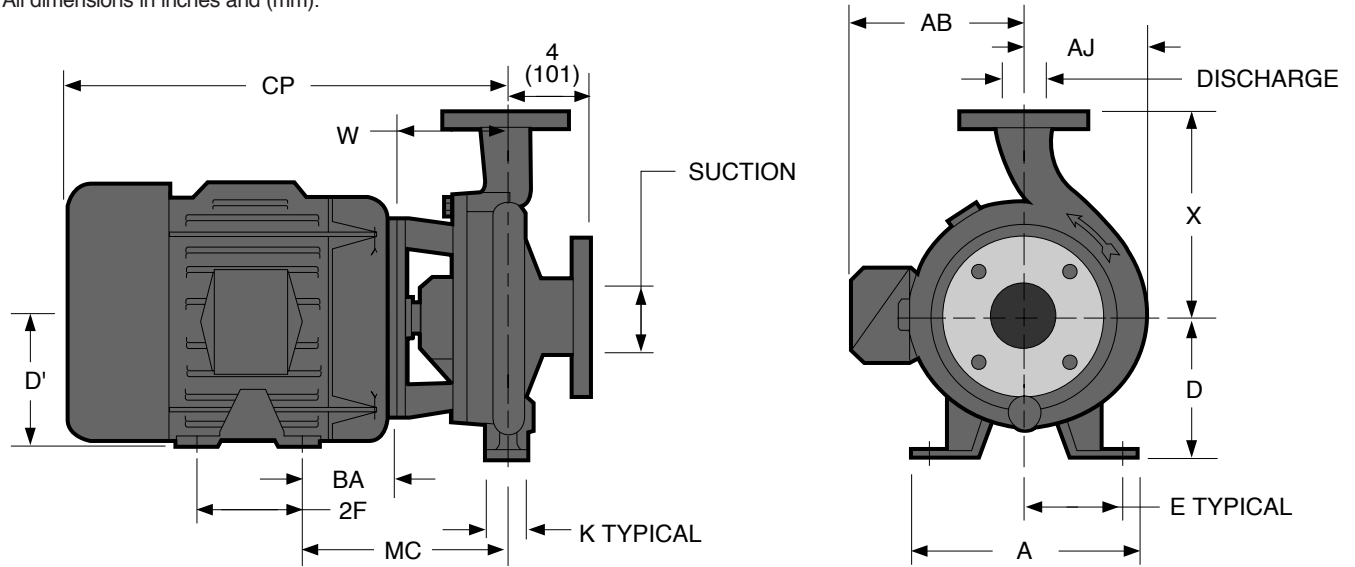


Parts List and Materials of Construction

Item Number	Part Name	Material
100	Casing	316 Stainless Steel
101	Impeller	316 Stainless Steel
126	Shaft Sleeve	316 Stainless Steel
178	Impeller Key	303 Stainless Steel
184	Seal Chamber/Adapter (Group S)	316 Stainless Steel
184	Seal Chamber (Group M)	316 Stainless Steel
304	Impeller Assembly Nut	316 Stainless Steel
370	Hex Cap Screw (Adapter to Casing)	304 Stainless Steel
370U	Hex Cap Screw (Motor Mounting)	304 Stainless Steel
383	Mechanical Seal	Carbon/Ceramic-Viton® (Standard) Carbon/Ceramic-EPR (Optional) Carbon/Tungsten Carbide-Viton® (Optional)
412A	O-Ring (Impeller Nut and Sleeve)	Viton® (Standard) EPR (Optional)
412K	O-Ring (Seal Chamber to Casing)	Viton® (Standard) EPR (Optional)
504	Adapter (Group M)	Ductile Iron

Dimensions Model 3100

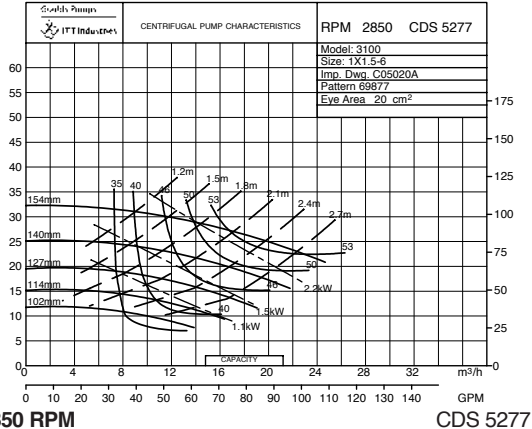
All dimensions in inches and (mm).



LIQUID END										
Group	Pump Size	Discharge Size	Suction Size	X	D	A	E	AJ	W	Weight - lbs. (kg) less motor
S	1x 1½ - 6	1	1½	6½ (165)	5¼ (133)	7¼ (184)	3 (76)	4.06 (103)	3.81 (97)	42 (19)
	2x3-6	2	3					4.62 (117)		61 (26)
	1x1½-8	1	1½					4.88 (124)		52 (25)
M	2x3-8	2	3	9½ (241)	8¼ (210)	11¼ (286)	4⅞ (124)	5.75 (146)	5.06 (129)	88 (38)
	1x2-10	1	2	8½ (216)				6.12 (155)		94 (41)
	2x3-10	2	3	9½ (241)				6.50 (165)		100 (43)

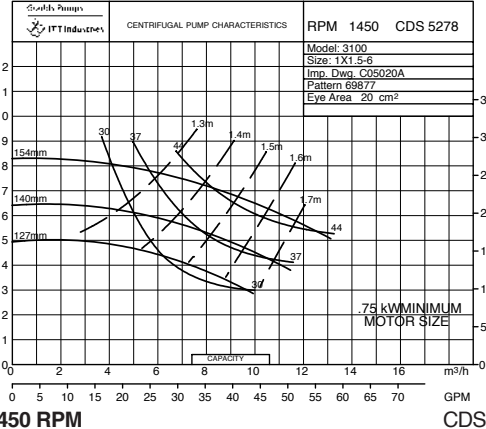
MOTOR						
Motor	CP (Approx.)	2F	BA	MC	AB	D'
143JM	15.9 (404)	4 (102)	2⅞ (73)	6⅙ (170)	5¼ (133)	3½ (89)
145JM		5 (127)				
182JM	19.1 (485)	4½ (114)	3½ (89)	7⅝ (186)	5⅞ (149)	4½ (114)
184JM		5½ (140)				
213JM	20.5 (521)	5½ (140)	4½ (114)	8⅝ (211)	7⅞ (187)	5¼ (133)
215JM		7 (178)				
254JM	25.0 (635)	8¼ (210)	4¾ (121)	10⅙ (256)	8⅙ (227)	6¼ (159)
256JM		10 (254)				
284JM	28.3 (719)	9½ (241)	4¾ (121)	10⅙ (256)	12¼ (311)	7 (178)
286JM		11 (279)				
324JM	28.5 (724)	10½ (267)	5¼ (133)	10⅞ (268)	13⅞ (335)	8 (203)
326JM		12 (305)				
364TCZ	28.1 (714)	11¼ (286)	5⅞ (149)	11⅞ (284)	18 (457)	9 (229)

50 Hz Performance Curves Model 3100



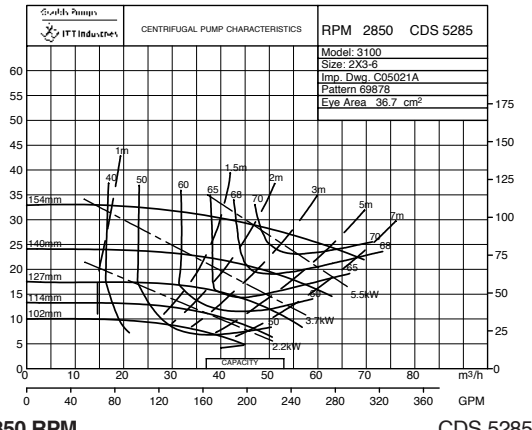
2850 RPM CDS 5277

S
1 x 1½-6



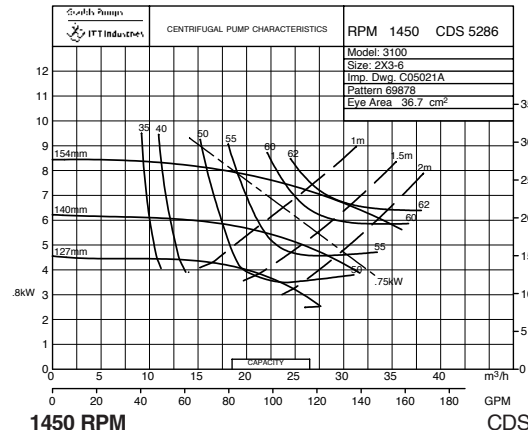
1450 RPM CDS 5278

0.75 kW MINIMUM MOTOR SIZE

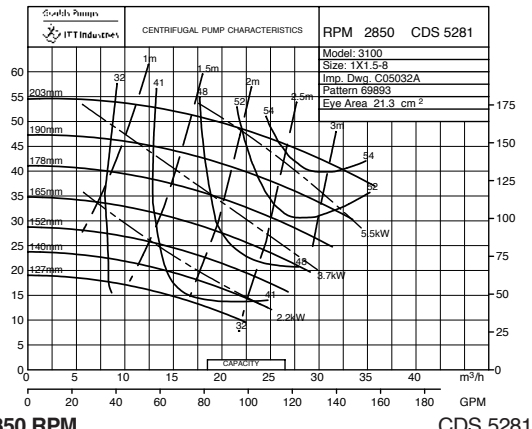


2850 RPM CDS 5285

S
2 x 3-6

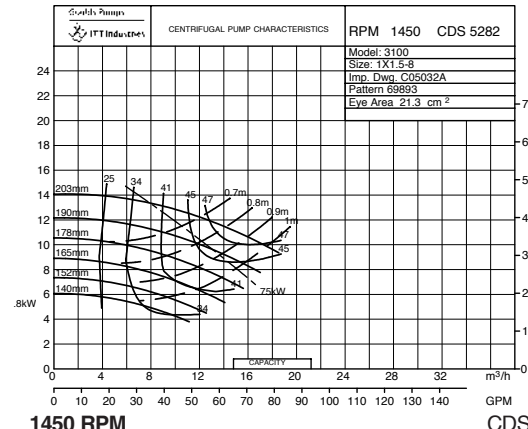


1450 RPM CDS 5286

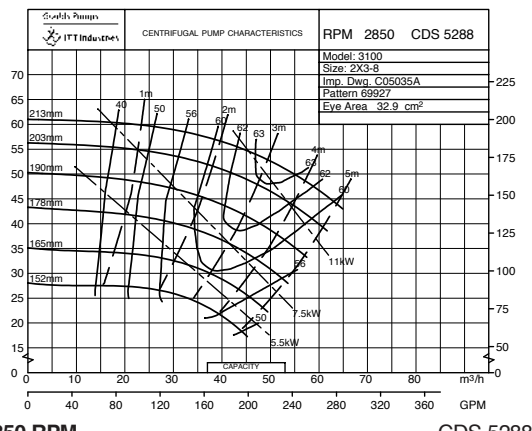


2850 RPM CDS 5281

S
1 x 1½-8

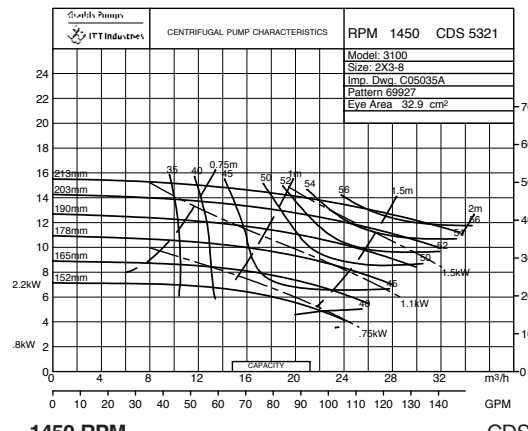


1450 RPM CDS 5282



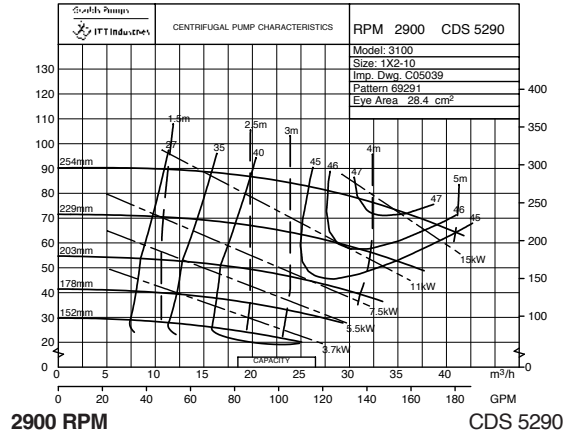
2850 RPM CDS 5288

M
2 x 3-8

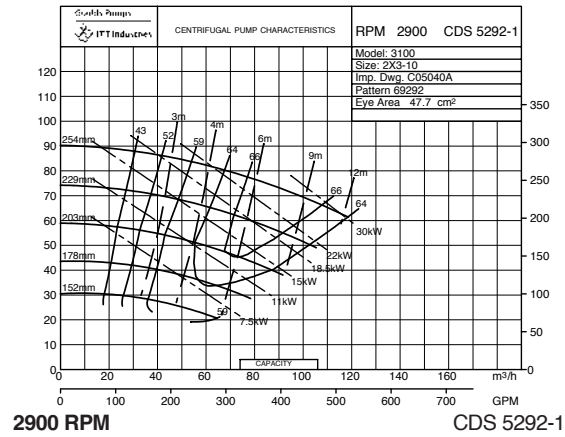
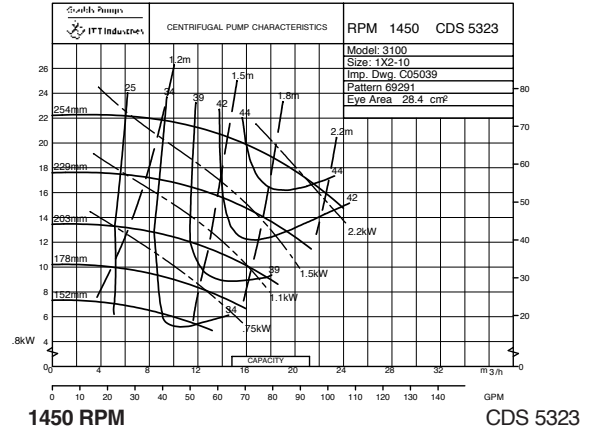


1450 RPM CDS 5321

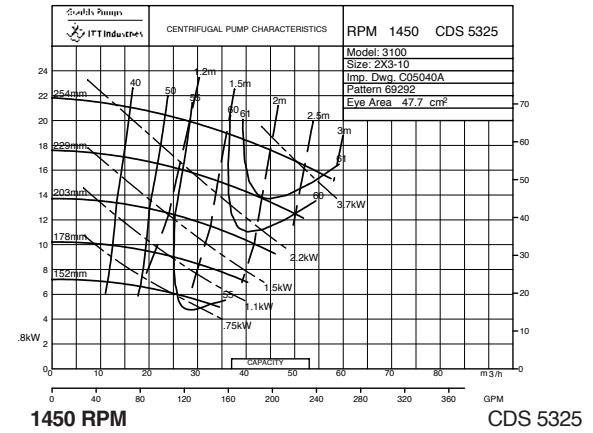
50 Hz Performance Curves Model 3100



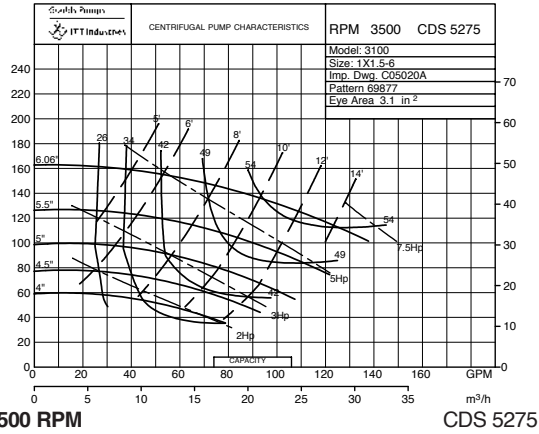
M
1 x 2-10



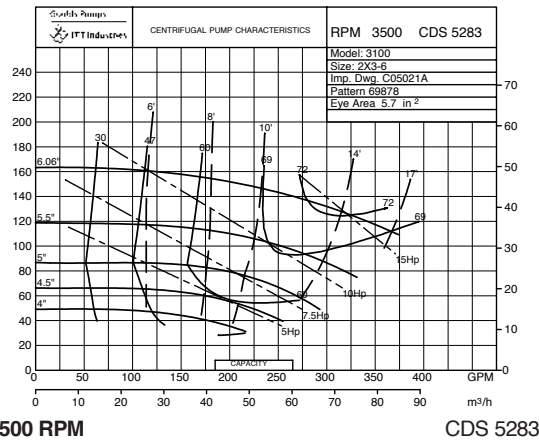
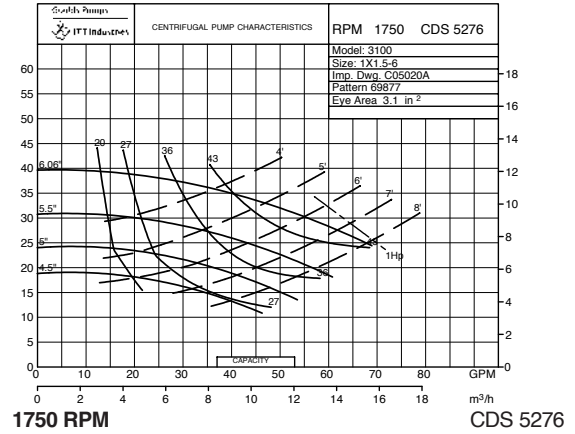
M
2 x 3-10



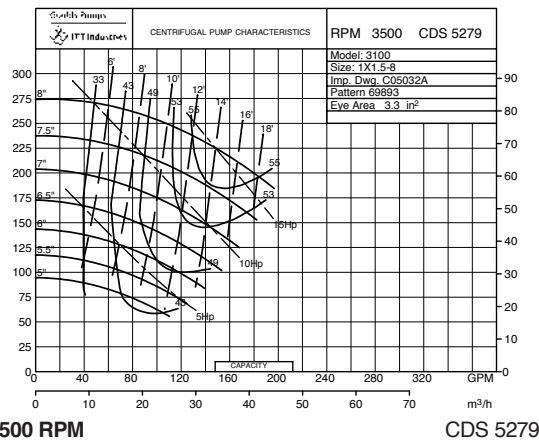
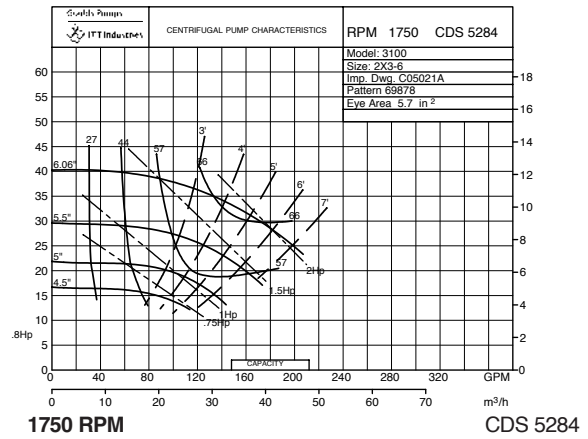
60 Hz Performance Curves Model 3100



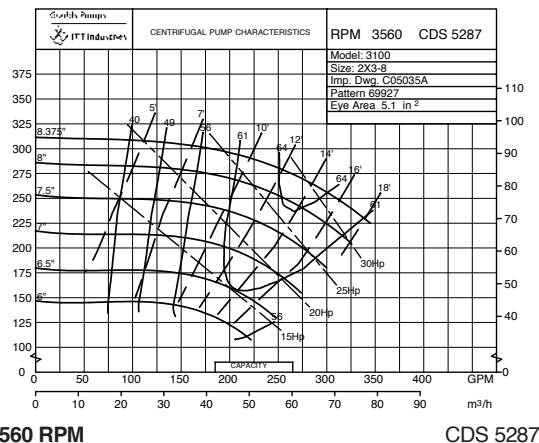
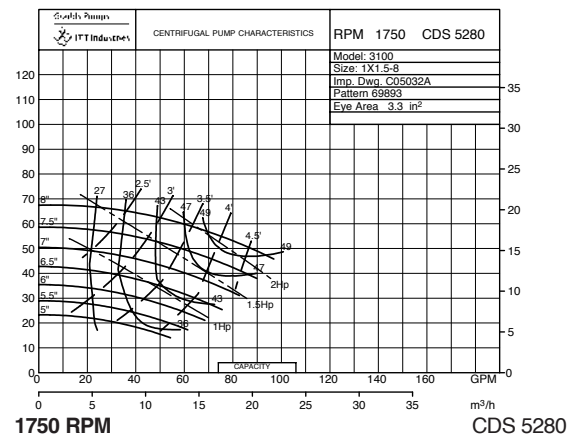
S
1 x 1½-6



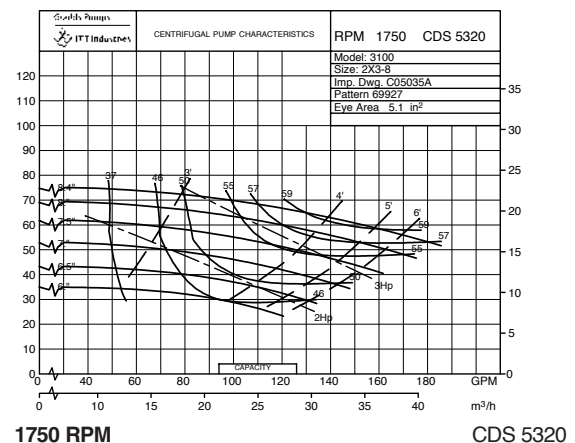
S
2 x 3-6



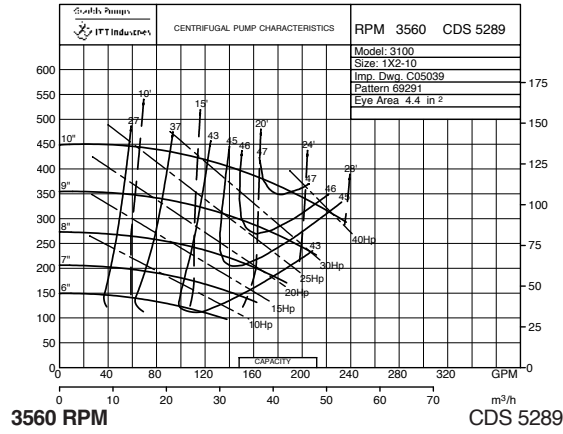
S
1 x 1½-8



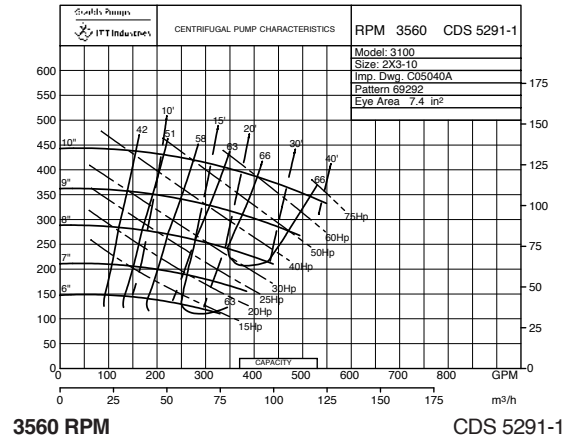
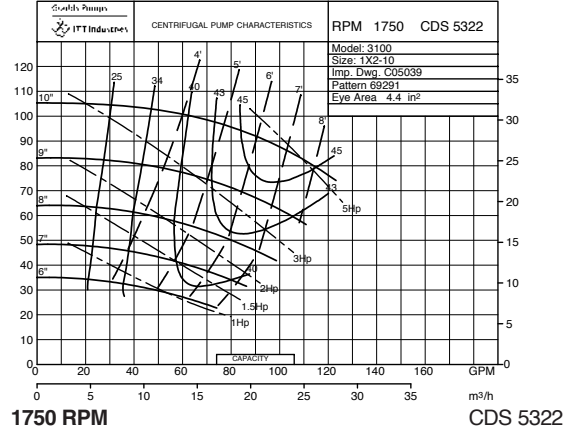
M
2 x 3-8



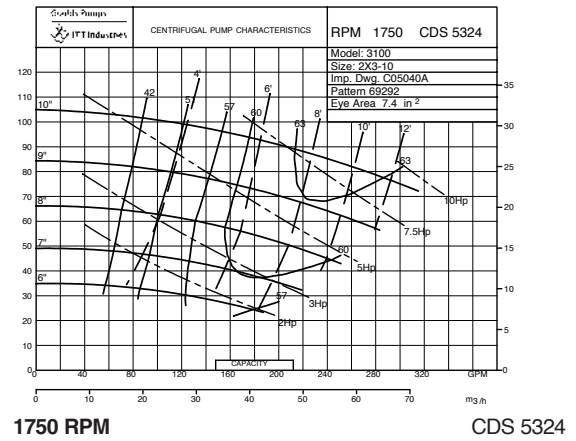
60 Hz Performance Curves Model 3100



M
1 x 2-10



M
2 x 3-10



Tanque almacenamiento -tanque elevado
 Tanque elevado - caja
 Caja - casa
 Caja - operadores
 Operadores- perrera
 Caja –centro información
 Centro information – bodega
 Bodega - oficina

Tramo	Longitud de tramo (m)	Caudal en el tramo (l/s)	Caudal en el tramo (m3/s)	Velocidad (m/s)	Diam. de tubería (mm)	Diám. Nominal de las tuberías (pulg)	Diám. de tubería (m)	Pérdidas hf (m H2O)	HTD = hf+hdin+hg+hmin
A-B	184	2.846	0.002846	2	42.579	1 1/2	0.043	18.381	36.384
B-C	15	2.846	0.002846	2	42.579	1 1/2	0.043	2.142	20.146
C-D	249	0.681	0.000681	2	20.819	3/4	0.024	34.233	38.436
C-E	66	0.870	0.000870	2	23.533	1	0.029	4.903	7.906
E-F	20	0.300	0.000300	2	13.823	1/2	0.018	2.190	10.097
C-G	124	1.296	0.001296	2	28.735	1	0.029	18.827	21.831
G-H	60	0.750	0.000750	2	21.857	3/4	0.024	9.859	31.690
H-I	51	0.450	0.000450	2	16.930	1/2	0.018	11.659	43.349

Longitud de tubería de succión (m)	Diám. Interno de tubería (mm)	Diám. Interno de tubería (m)	C	Velocidad de fluido (m/s)	Q (m3/s)	Hf
Longitud real	8	42.579	150	2	0.002846	1.973
Longitud equivalente por 2 Codos	6.4					
Longitud equivalente por check	6.8					
Longitud equivalente total	21.2					

Asumiendo que la tubería de succión es igual a la tubería de descarga.

HT (Presión total) = HTD - HTS = 46.526
 Presión mínima (conexión) = 46,526 m H2O
 Presion de desconexión (1,5 a 2) presión mínima = 81,42 m H2O

h dinámica
0.204
0.204
0.204
0.204
0.204
0.204
0.204
0.204

HTS

Pérdidas de carga en la alimentación de la bomba (hf)	1.973
h dinámica	0.204
hg (altura de salida máxima de bomba)	1
HTS = hf+ hg+hdinámica	-3.177

Corroborando diámetro de tubería de succión por NPSH

Pérdidas en la succión (hs)	1.973
Presión atmosférica (577 msnm) (h0)	9.67
Presión de vapor del agua a 25°C (Pv)	0.342
Altura geométrica de la bomba (h)	1.5
NPSH disponible = hs-h0-Pv-h =	5.855

SELECCION DE LA BOMBA

Datos requeridos	
Q (m3/h)	10.247
Presión necesaria de la bomba	46.526

CAUDALES

OFICINA OPERADORES

CANTIDAD	PIEZA	CAUDAL REQUERIDO l/s
1	PILA	0.300
1	LAVATORIO	0.150
1	INODORO/TANQ	0.200
1	DUCHA	0.200
1	FREGADERO	0.200
TOTAL		1.050

Caudal de diseño de piezas sanitarias 0.570

CENTRO DE INFORMACION

CANTIDAD	PIEZA	CAUDAL REQUERIDO l/s
2	INODORO/TANQ	0.400
2	LAVATORIO	0.300
1	PILETA	0.300
TOTAL		1.000

Caudal de diseño de piezas sanitarias 0.546

CASA

CANTIDAD	PIEZA	CAUDAL REQUERIDO l/s
1	FREGADERO	0.200
1	DUCHA	0.200
1	INODORO/TANQ	0.200
1	LAVATORIO	0.150
2	PILETA	0.600
TOTAL		1.350

Caudal de diseño de piezas sanitarias 0.681

OFICINA

CANTIDAD	PIEZA	CAUDAL REQUERIDO l/s
1	LAVATORIO	0.150
1	PILETA	0.300
TOTAL		0.450

Caudal de diseño 0.450

PERRERA

CANTIDAD	PIEZA	CAUDAL REQUERIDO l/s
1	PILETA	0.300
TOTAL		0.300

CAUDAL DE DISEÑO 0.300

BODEGA

CANTIDAD	PIEZA	CAUDAL REQUERIDO l/s
1	PILETA	0.300
TOTAL		0.300

Caudal de diseño 0.300

CAUDAL DE DISEÑO TOTAL 2.846

0.870
1.296
0.750

PERDIDAS POR FRICCIÓN EN ACCESORIOS

TRAMO		Longitud m
A-B	Valvula compuerta + 4 codos 90	13.5
B-C	2 Codos de 90 + 1 Te	8.6
C-D	3 Codos de 90 + 1 Valvula compuerta	3.8
C-E	2 Codos de 90 + 1 Valvula compuerta	3.4
E-F	1 Codo de 90 + 1 Valvula compuerta	1.2
C-G	2 Codos de 90 + 1 Valvula compuerta	3.3
G-H	1 Codo de 90 + 1 Valvula compuerta	1.2
H-I	2 Codos de 90 + 1 Valvula compuerta	2.3

OFICINA OPERADORES

	Presion minima requerida (m H2O)	Altura geometrica (m H2O)	TOTAL (m H2O)
PILA	2	0.8	2.8
LAVATORIO	2	0.8	2.8
INODORO/TANQUE	2	0.8	2.8
DUCHA	2	0.8	2.8
FREGADERO	2	0.8	2.8
TOTAL			14

CENTRO DE INFORMACION

	Presion minima requerida (m H2O)	Altura geometrica (m H2O)	TOTAL (m H2O)
INODORO/TANQUE	2	0.5	2.5
INODORO/TANQUE	2	0.5	2.5
LAVATORIO	2	0.8	2.8
LAVATORIO	2	0.8	2.8
PILETA	2	0.8	2.8
TOTAL			13.4

CASA

	Presion minima requerida (m H2O)	Altura geometrica (m H2O)	TOTAL (m H2O)
FREGADERO	2	0.8	2.8
DUCHA	2	2	4
INODORO/TANQUE	2	0.5	2.5
LAVATORIO	2	0.8	2.8
PILETA	2	0.8	2.8
PILETA	2	0.8	2.8
TOTAL			17.7

OFICINA

	Presion minima requerida (m H2O)	Altura geometrica (m H2O)	TOTAL (m H2O)
LAVATORIO	2	0.8	2.8
PILETA	2	0.8	2.8
TOTAL			5.6

PERRERA

	Presion minima requerida (m H2O)	Altura geometrica (m H2O)	TOTAL (m H2O)
PILETA	2	0.8	2.8
TOTAL			2.8

BODEGA

	Presion minima requerida (m H2O)	Altura geometrica (m H2O)	TOTAL (m H2O)
PILETA	2	0.8	2.8
TOTAL			2.8

AREA	UNIDAD	SISTEMA	OBJETO MANTENIMIENTO	LAZO	TIPO	UBICACION	DESCRIPCION	CODIGO DE EQUIPO	TIPO DESPL.	ANO COMPA.	MARCA	MODELO	SERIE	ACTIVO	UNIDAD DE ENTRADA	RANGO ENTRADA	UNIDAD DE MEDIDA	RESOLUCION	ERROR	RANGO	MANUALES	PLANO	RESPONSA BLE	INSTRUCCION DE TRABAJO DE USO	INTERVENION	PROYECTO	PERIODICIDAD	LIT CALIBRAC.	ESTADO	INDICATORE	INDICACION USAR	INDICACION CALIBRACION	PROX INTERVENICION	OBSERVACIONES		
ANG	1	05	0000001	V	4	Salto de agua	Temperatura de flujo de agua	U	Digital	2001	Omron	PT100	PE4118000		V/A	0.5%	1%	0.70						PE-60-T-80-006	C	1	12	Dn/01						76		
ANG	2	05	0000001	V	4	Salto de agua	Temperatura de flujo de agua	U	Digital	2001	Omron	PT100	PE4118000		V/A	0.5%	1%	0.70							PE-60-T-80-006	C	1	12	Dn/01						76	
ANG	1	05	0000001	V	4	Salto de agua	Temperatura de flujo de agua	U	Digital	2001	Omron	PT100	PE4118000		V/A	0.5%	1%	0.70							PE-60-T-80-006	C	1	12	Dn/01						76	
ANG	A	16	1000001	A	4	Cable de sensor	Temperatura de flujo de agua	P	Digital	1999	Hitachi	MS			mA	4.20	%	0.02	0.2	502.0774				PE-60-T-80-005	C	1	12									
ANG	1	05	0000001	A	4	Cable de sensor	Temperatura de flujo de agua	TI	Analogico	Nov-98	Omron	PT100	A559410		°C	20-80	°C	0.05	1	°C				PE-60-T-80-004	C	1	12							13602		
ANG	1	05	0000001	B	4	Cable de sensor	Temperatura de flujo de agua	TI	Analogico	Nov-98	Omron	PT100	A559405		°C	20-80	°C	0.05	1	°C				PE-60-T-80-004	C	1	12							13601		
ANG	1	05	0000001	A	4	Cable de sensor	Temperatura de flujo de agua	V	Analogico	2000	BMV	IM300MED	130A		mA	0.200	%	0.0	0.2	0.2000m																13600/1
ANG	1	05	0000001	C	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								14691	
ANG	1	05	0000001	D	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								14692	
ANG	1	05	0000001	E	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								14693	
ANG	1	05	0000001	F	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								14694	
ANG	1	05	0000001	G	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								14695	
ANG	1	05	0000001	H	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								14696	
ANG	1	05	0000001	I	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								14697	
ANG	1	05	0000001	J	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								14698	
ANG	1	05	0000001	K	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								14699	
ANG	1	05	0000001	L	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								14701	
ANG	1	05	0000001	M	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								14702	
ANG	1	05	0000001	N	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								14703	
ANG	1	05	0000001	O	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								14704	
ANG	1	05	0000001	N	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								14705	
ANG	1	05	0000001	O	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								14706	
ANG	1	05	0000001	O	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								14707	
ANG	1	05	0000001	A	4	Cable de sensor	Temperatura de flujo de agua	V	Analogico	2000	BMV	IM300MED	130D		mA	0.200	%	0.0	0.2	0.2000m																13600/1
ANG	1	05	0000001	P	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	0.05	1	20-80	PE-64-MA-05-005	PE-64-MA-05-005	PE-60-T-80-004	C	1	12									146AC1	
ANG	1	05	0000001	Q	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	0.05	1	20-80	PE-64-MA-05-005	PE-64-MA-05-005	PE-60-T-80-004	C	1	12									146AC2	
ANG	1	05	0000001	R	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	0.05	1	20-80	PE-64-MA-05-005	PE-64-MA-05-005	PE-60-T-80-004	C	1	12									146AC3	
ANG	1	05	0000001	S	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	0.05	1	20-80	PE-64-MA-05-005	PE-64-MA-05-005	PE-60-T-80-004	C	1	12									146AC4	
ANG	1	05	0000001	T	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	0.05	1	20-80	PE-64-MA-05-005	PE-64-MA-05-005	PE-60-T-80-004	C	1	12									146AC5	
ANG	1	05	0000001	U	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	0.05	1	20-80	PE-64-MA-05-005	PE-64-MA-05-005	PE-60-T-80-004	C	1	12									146AC6	
ANG	1	01	0100000	A	4	Cable de sensor	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-80	°C	1						PE-64-PL-01-001	PE-64-PL-01-001	PE-60-T-80-004	C	1	12							12371
ANG	1	01	0100000	B	4	Cable de sensor	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-80	°C	1						PE-64-PL-01-001	PE-64-PL-01-001	PE-60-T-80-004	C	1	12							12372
ANG	1	01	0100000	C	4	Cable de sensor	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-80	°C	1						PE-64-PL-01-001	PE-64-PL-01-001	PE-60-T-80-004	C	1	12							12373
ANG	1	01	0100000	A	4	Cable de sensor	Temperatura de flujo de agua	V	Analogico	1999	BOEHNCK	UC100 RV-116	003942		mA									PE-64-MA-01-006	PE-64-PL-01-001		C	1	12						13300	
ANG	2	05	0000001	B	4	Cable de sensor	Temperatura de flujo de agua	TI	Analogico	Nov-98	Omron	PT100	A559104		°C	20-80	°C	0.05	1	°C				PE-64-MA-05-005	PE-64-MA-05-005	PE-60-T-80-004	C	1	12							13601
ANG	2	05	0000001	B	4	Cable de sensor	Temperatura de flujo de agua	TI	Analogico	Nov-98	Omron	PT100	A559104		°C	20-80	°C	0.05	1	°C				PE-64-MA-05-005	PE-64-MA-05-005	PE-60-T-80-004	C	1	12							13601
ANG	2	05	0000001	B	4	Cable de sensor	Temperatura de flujo de agua	TI	Analogico	Nov-98	Omron	PT100	A559104		°C	20-80	°C	0.05	1	°C				PE-64-MA-05-005	PE-64-MA-05-005	PE-60-T-80-004	C	1	12							13601
ANG	2	05	0000001	A	4	Cable de sensor	Temperatura de flujo de agua	V	Analogico	2000	BMV	IM300MED	130D		mA	0.200	%	0.0	0.2	0.2000m																13600/1
ANG	2	05	0000001	C	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								24681	
ANG	2	05	0000001	D	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								24682	
ANG	2	05	0000001	E	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								24683	
ANG	2	05	0000001	F	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1	12								24684	
ANG	2	05	0000001	G	4	Estator	Temperatura de flujo de agua	T	Analogico	Jun-98					°C	20-150	°C	1						PE-60-T-80-004	C	1										

AREA	UNIDAD	OBJETO MANTENIMIENTO	SISTEMA	LAZO	TIPO	UBICACIÓN	DENOMINACION	CODIGO DE EQUIPO	TIPO DESPL.	AÑO COMPRA	MARCA	MODELO	SERIE	ACTIVO	UNIDAD DE MED. ENTRADA	RANGO ENTRADA	UNIDAD DE MEDIDA	RESOLUCION	ERROR	RANGO	MANUALES	PLANO	RESPONSABLE	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO DE USO	INTERVENCIÓN	PRIORIDAD	PERIODICIDAD	ULT. CALIBRAC.	ESTADO	INCERTIDUMBRE	PATRON A USAR	INSTRUCCIÓN CALIBRACIÓN	PROX. INTERVENCIÓN	OBSERVACIONES
ANG					1	Taller	Indicador de corriente, (gancho).		Digital	2000	Fluke	33	66015372	Vale N° 212512			A	0.01	0.005	0-400				PE-07-IT-73-009	C	2	12	23/06/2003	En capacidad de uso	0.01	5520A	PE-07-IT-73-017	23/06/2005	
ANG					1	Bodega	Multiprobador, tester	YI	Digital	2000	Fluke	8060A	4880180	621				0.01	0.005	999.99				PE-07-IT-74-009	C	2	12	05/06/2003	En capacidad de uso	0.28	5520A	PE-07-IT-74-009	05/06/2003	
ANG					1	Taller	Indicador de temperatura	TI	Digital	2000	Fluke	80TK	7157061	621	C		°C	1	2	-50-200				PE-07-IT-73-009	C	2	12	13/06/2003	En capacidad de uso	0.1	5520A	PE-07-IT-73-012	13/06/2005	
ANG					1	Almacen	Multiprobador	V	Digital	2002	Fluke	Fluke 189	80690249	I.C.E 364			m			0-100%				PE-07-IT-74-009	C	2	12	29/04/2003	En capacidad de uso	0.2	5520A	PE-07-IT-74-009	29/04/2004	
ANG					1	Taller	Amperimetro Gancho Digital		Digital		Fluke	336	78315482	628		0-900	Hz,E,I,R	0.05	5	0-900				PE-07-IT-73-009	C	3	12	23/07/2003	En capacidad de uso	0.04	5520A	PE-07-IT-73-017	23/07/2005	

