

**NORMA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS
RESIDUALES Y LLUVIAS**

NDI-SE-RA-008/V2.0

**CRITERIOS DE DISEÑO DE ESTACIONES DE BOMBEO DE
ALCANTARILLADO**



EMCALI

Código	NDI-SE-RA-008
Estado	VIGENTE
Versión	2.0 – 28/09/2021
Fuente	GUENA – EMCALI EICE ESP-DISEÑO
Tipo de Documento	NORMA TECNICA DE SERVICIO
Tema	RECOLECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y LLUVIAS
Comité	TÉCNICO DE APROBACION DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

Título	CRITERIOS DE DISEÑO DE ESTACIONES DE BOMBEO DE ALCANTARILLADO
---------------	--

ÍNDICE

	Pág.
1.0 PROLOGO.....	6
2.0 OBJETO	7
3.0 ALCANCE.....	7
4.0 DEFINICIONES	7
5.0 REFERENCIAS NORMATIVAS	9
6.0 REQUISITOS.....	11
6.1 LOCALIZACIÓN.....	11
6.1.1 Aspectos generales de la zona.....	11
6.1.2 Facilidad de acceso y retiros	11
6.1.3 Ubicación, seguridad y protección.....	12
6.1.4 Aislamientos.....	13
6.2 VULNERABILIDAD Y AMENAZA SÍSMICA	13
6.3 CONDICIONES GEOLÓGICAS Y GEOTECNICAS.....	13
6.4 DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA	13
6.5 PARAMETROS DE DISEÑO	14
6.5.1 Período de diseño.....	14
6.5.2 Caudal de Diseño	14
6.5.3 Conducto de entrada o llegada a la estación	15
6.5.4 Materiales.....	15
6.5.4.1 Materiales de las bombas.....	15
6.5.4.2 Materiales de las tuberías y accesorios.....	15
6.5.5 Número de bombas	17
6.5.6 Tipo de bombas	17
6.5.7 Pozo de succión.....	18
6.5.7.1 Dimensionamiento del pozo de succión	18
6.5.7.2 Sumergencia de las bombas	19
6.5.7.3 Distancia entre el fondo y/o paredes y la boca de la tubería de succión	19
6.5.7.4 Velocidad de entrada.....	20
6.5.7.5 Dispositivos complementarios	20
6.5.8 Diámetros de tuberías de impulsión y succión	20
6.5.9 Velocidades en tuberías de succión e impulsión.....	21
6.5.9.1 Tuberías de Succión	21

6.5.9.2 Tuberías de impulsión.....	21
6.5.10 Instalación de tuberías	22
6.5.11 Distancias a otras redes.....	22
6.5.12 Sala de bombas.....	22
6.5.13 Generación y control de ruido	23
6.5.14 Control de tamaño de sólidos.....	24
6.5.15 Generación de alternativas	24
6.6 DISEÑO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO	25
6.6.1 Cálculo hidráulico de tuberías simples	25
6.6.1.1 Cálculo de las pérdidas por fricción.....	26
6.6.1.2 Cálculo de las pérdidas menores	28
6.6.1.3 Cálculo hidráulico con la Ecuación de Hazen-Williams.....	30
6.7 BOMBAS CENTRÍFUGAS.....	30
6.7.1 Potencia	31
6.7.2 Cabeza neta de succión positiva (NPSH).....	31
6.7.3 Ecuaciones de las bombas	31
6.7.4 Ecuación del sistema	32
6.7.5 Diámetros de las tuberías de impulsión y succión.....	32
6.8 BOMBAS SUMERGIBLES.....	33
6.9 CORROSIÓN EN TUBERÍAS.....	33
6.10 RECUBRIMIENTOS Y PROTECCIÓN DE TUBERÍAS.....	33
6.11 GOLPE DE ARIETE EN ESTACIONES DE BOMBEO.....	33
6.11.1 Condiciones para el cálculo del golpe de ariete.....	34
6.12 EFICIENCIA DEL BOMBEO.....	35
6.13 VÁLVULAS Y ACCESORIOS EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO	36
6.13.1 Condiciones Básicas	36
6.13.2 Accesorios necesarios	36
6.14 INFRAESTRUCTURA DE SERVICIO Y OPERACIÓN.....	37
6.14.1 Adecuaciones civiles	37
6.14.2 Instrumentación de la estación de bombeo	37
6.14.3 Facilidad de mantenimiento	38
6.14.4 Sala de control.....	38
6.14.5 Accesos y escaleras.....	39
6.14.6 Iluminación general y de emergencia	39
6.14.7 Señalización	39

6.14.8 Ventilación	39
6.14.9 Protección contra incendios	40
6.14.10 Equipos de movilización y cargue	40
6.14.11 Drenaje de pisos.....	40
6.14.12 Sistema de puesta a tierra	41
6.14.13 Protección contra descargas atmosféricas	41
6.14.14 Restricción de acceso	41
6.14.15 Seguridad industrial.....	41
6.15 CRITERIOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN	42
6.15.1 Generalidades	42
6.15.2 Sistema para la medida de nivel	42
6.15.3 Sistema para la medida de flujo de salida	42
6.15.4 Sistema de automatización	43
6.15.5 Sistema de protecciones	43
6.15.6 Sistema de alimentación de energía en 24 VDC	43
6.16 DISEÑO ELECTRICO	43
6.17 DISEÑO MECANICO	44
7.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1.0 PROLOGO

La Unidad Estratégica de los Negocios de Acueducto y Alcantarillado - UENAA ha establecido el Área Funcional Sistema de Normas y Especificaciones Técnicas para gestionar el desarrollo y la actualización de las normas y especificaciones técnicas a ser utilizadas por el personal de EMCALI EICE ESP, contratistas, consultores, usuarios y otras partes interesadas. La misión principal del área, consiste en la normalización de los procesos, productos y servicios, para estar acorde con el estado del arte tecnológico y las exigencias gubernamentales, en beneficio de los diferentes sectores que participan en el desarrollo de la infraestructura del entorno y de la comunidad en general.

La versión final de esta Norma Técnica fue revisada y aprobada a través de los Comités Técnico y de Aprobación y ordenada su Publicación y Cumplimiento conforme a la resolución de Gerencia General de EMCALI EICE ESP No. GG-001255 del 12 de Julio de 2011.

2.0 OBJETO

Definir las condiciones generales que se requieren para el diseño de las obras civiles, mecánicas, eléctricas y de instrumentación de estaciones de bombeo en los sistemas de alcantarillado sanitario, pluvial o combinado de EMCALI EICE ESP.

3.0 ALCANCE

Esta norma aplica para el diseño de las estaciones definitivas, que utiliza EMCALI EICE ESP para bombear las aguas residuales que hacen parte integrante del sistema de alcantarillado sanitario y para estaciones del sistema pluvial, para bombear aguas lluvias o para sistemas combinados.

Esta norma comprende las recomendaciones a tener en cuenta durante el diseño de las estaciones de bombeo, y se incluyen los criterios generales para los diseños funcional, hidráulico, civil, mecánico, eléctrico y del sistema de instrumentación (supervisión y control).

El aspecto mecánico incluye la selección de las bombas y todos los componentes relacionados con el sistema de bombeo como tuberías, válvulas, equipos de izaje, compuertas, sistemas de cribado y determina los parámetros básicos de los equipos como las alturas de succión y de descarga, condiciones del fluido, potencia requerida y demás características del sitio donde se va a establecer la estación.

El diseño eléctrico se basa en la selección de los equipos y sus sistemas de protección e instrumentación, de acuerdo con las especificaciones dadas en el diseño mecánico; así como la selección de los motores, el transformador y la subestación y los sistemas complementarios, tales como acometidas, protecciones, iluminación para el sistema de instrumentación, supervisión, control y de medición.

Los diseños básicos y parámetros determinados para los equipos electromecánicos de cada estación deben tomarse como base para el diseño de las obras civiles correspondientes, los cuales deberán ser revisados y actualizados una vez se adquieran los equipos y se conozcan exactamente todas sus dimensiones y características de los mismos. Igualmente, estos diseños básicos servirán para la elaboración de las especificaciones técnicas para la adquisición y suministro de los equipos electromecánicos de la estación.

4.0 DEFINICIONES

4.1 AGUAS LLUVIAS

Aguas provenientes de la precipitación pluvial, mientras que no hayan sido sometidas a uso alguno.

4.2 AGUA RESIDUAL

Desecho líquido proveniente de residencias, edificios, instituciones, fábricas o industrias.

4.3 AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

Desecho líquido proveniente de la actividad doméstica en residencias, edificaciones e instituciones comerciales.

4.4 AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Desecho líquido proveniente de las actividades industriales.

4.5 AGUA SERVIDA

Desecho líquido proveniente de lavamanos, tinas de baño, duchas, lavaplatos, y otros artefactos que no descarguen materias fecales.

4.6 ALCANTARILLADO

Conjunto de obras para la recolección, conducción y disposición final de las aguas residuales, aguas servidas, de las aguas lluvias o combinación de ellas.

4.7 CANAL

Cauce artificial, no cerrado, con revestimiento o sin él, que se construye para conducir las aguas lluvias a flujo libre hasta su entrega final en un cauce natural.

4.8 CAUDAL DE DISEÑO

Caudal determinado con base en las demandas y consumos máximos diarios, con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

4.9 DESARENADOR

Cámara destinada a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación.

4.10 ESTACION DE BOMBEO DEFINITIVA

Es la estación que se debe construir para que su funcionamiento sea por término indefinido, para evacuar aguas residuales, domésticas e industriales, y/o aguas lluvias, pertenecientes a un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial.

4.11 ESTACIÓN DE BOMBEO O ESTACIÓN ELEVADORA

Componente de un sistema de alcantarillado de aguas residuales, combinado o pluvial utilizado para evacuar por bombeo o elevar las aguas de las zonas bajas de una población.

4.12 ESTACIÓN DE BOMBEO PROVISIONAL

Es la estación que se construye con el fin de evacuar las aguas residuales, domésticas, lluvias e industriales, mientras se construye la estación definitiva o en el caso en que se requiera para el manejo de aguas residuales, durante la construcción de proyectos de infraestructura del sistema de alcantarillado.

4.13 PERIODO DE DISEÑO

Tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de éste, en el cual su(s) capacidad(es) permite(n) atender la demanda proyectada para este tiempo.

5.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

Para las siguientes referencias normativas aplica su versión vigente o reglamentación que las modifique, sustituya o adicione.

DEUTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG.

- Measurement and control-signalling of operating conditions. Berlín : DIN. (DIN 19235)

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS.

- Guide for safety in AC substation grounding. New York: IEEE. (ANSI/IEEE 80)
- Protection against lightning. Part 3, Physical damage to structures and life hazard. Ginebra: IEC (IEC 62305-3)
- Recommended practice for grounding of industrial and commercial power systems. New York: IEEE (IEEE 142)
- Recommended practice for powering and grounding electronic equipment. New York: IEEE (IEEE 1100)

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION.

- Metallic flanges. Part 1, Steel flanges. Ginebra : ISO. (ISO 7005-1)
- Metallic flanges. Part 2, Cast iron flanges. Ginebra : ISO. (ISO 7005-2)

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION.

- National electrical code. España: NFPA, 2002. (NEC-2002)

MINISTERIO DE VIVIENDA CIUDAD Y TERRITORIO - MVCT

- La Resolución 0330 de 2017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”. Versión vigente y sus posteriores actualizaciones.

Resolución 0501 de 4 de agosto de 2017, expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio – REGLAMENTO TÉCNICO DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS “Por la cual se expiden los requisitos técnicos relacionados con composición química e información, que deben cumplir los tubos, ductos y accesorios de acueducto y alcantarillado, los de uso sanitario y los de aguas lluvias, que adquieran las personas prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado, así como las instalaciones hidrosanitarias al interior de las viviendas y se derogan las Resoluciones 1166 de 2006 y 1127 de 2007”

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

- Resolución 90708 del 30 de agosto de 2013, publicada en el Diario Oficial No. 48.904 del 05 de septiembre de 2013, el Ministerio de Minas y Energía adoptó el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.

- Código eléctrico colombiano. Bogotá: ICONTEC. (NTC 2050)
- Colores de los conductores de cables y cuerdas flexibles. Bogotá: ICONTEC. (NTC 188)
- Detectores de incendio. Clasificación. Bogotá: ICONTEC. (NTC 1483)
- Extintores de fuego portátiles. Bogotá: ICONTEC. (NTC 2885)
- Higiene y seguridad. Colores y señales de seguridad. Bogotá: ICONTEC. (NTC 1461)
- Higiene y seguridad. Sistema de señales contra incendio. Instalación, mantenimiento y usos. Bogotá: ICONTEC. (NTC 1867)
- Plásticos. Tubos de poli-cloruro de vinilo (PVC) rígido para uso sanitario-aguas lluvias y ventilación. Bogotá: ICONTEC. (NTC 1087)
- Protección contra incendios. Señales de seguridad. Bogotá: ICONTEC. (NTC 1931)
- Tubería metálica de acero para uso eléctrico (EMT). Bogotá: ICONTEC. (NTC 105)

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL

- Acuerdo 0373 de 2014: Plan de ordenamiento territorial del Municipio de Santiago de Cali (POT)

EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI - EMCALI EICE ESP.

- Bombas sumergibles de pozo seco para estaciones de bombeo provisionales EMCALI EICE ESP (NCO-ME-AA-013)
- Cerramientos. EMCALI EICE ESP (NCO-PM-AA-005).
- Criterios de diseño estructural. EMCALI EICE ESP (NDC-SE-AA-019)
- Criterios para diseño de red matriz. EMCALI EICE ESP (NDI-SE-DA-013).
- Directrices para la ejecución de levantamientos topográficos. EMCALI EICE ESP (NDI-SE-AA-015)
- Requisitos mínimos de higiene y seguridad industrial en espacios confinados. EMCALI EICE ESP. (NPL-SE-AA-030)
- Requisitos para la elaboración y presentación de estudios geotécnicos. EMCALI EICE ESP (NDC-SE-GE-001)
- Uniones en hierro dúctil. EMCALI EICE ESP (NCO-PM-DA-044)
- Normas de diseño y construcción de la Gerencia Unidad Estratégica del Negocio de Energía de EMCALI EICE ESP. (Vigentes).

6.0 REQUISITOS

6.1 LOCALIZACIÓN

6.1.1 Aspectos generales de la zona

El diseñador debe conocer todos los aspectos generales del POT de Santiago de Cali en la zona en que se desarrollará la estación de bombeo.

Como mínimo el diseñador debe conocer la siguiente información referente a los aspectos generales de la zona:

1. El uso del suelo y la distribución urbanística de la zona cercana a la estación de bombeo. Distancias de separación o de aislamiento de la nueva Estación de Bombeo respecto a viviendas y vías, según lo establece el Plan de Ordenamiento Territorial vigente.
2. Los proyectos de infraestructura existente y por construir como edificaciones cercanas, vías, redes de acueducto y otras redes de servicios públicos. Debe consultar los Esquemas Básicos actualizados con que cuenta el Departamento de Planeación Municipal.
3. Tener en cuenta los proyectos del municipio, planeación y diferentes empresas de servicios públicos.
4. Regímenes de propiedad de los terrenos donde se proyecta la estación de bombeo; si son propiedad privada, del Estado, Departamento o el Municipio.
5. Sistema de drenaje natural en la zona, cauces, quebradas, etc.
6. El levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico de la zona del municipio objeto del diseño.
7. Integración de la obra con el paisaje circundante.
8. Manejo de ruido y olores.
9. Disponibilidad de energía eléctrica
10. Geología y geotécnica de la zona
11. Impacto ambiental

6.1.2 Facilidad de acceso y retiros

En la estación de bombeo, el diseño debe considerar las vías de acceso necesarias para efectuar las labores de mantenimiento normales y con equipos especiales (equipos de lavado y succión, volquetas, equipos de los operadores de aseo, grúas telescópicas, etc). En particular, el diseño debe tener en cuenta todos aquellos aspectos necesarios para la movilización de los equipos electromecánicos tales como puertas de acceso, rampas, puente grúas, etc. Por otro lado, el diseño de la estación de bombeo debe propender que las labores de mantenimiento de la estación de bombeo no afecten la operación del sistema de alcantarillado.

Con respecto al espacio entre las estructuras que conforman la estación de bombeo y el cerramiento interno de la estación, el ancho debe ser el mínimo que permita en forma cómoda realizar las tareas de inspección y mantenimiento de la estación y sus tanques asociados. El ancho debe fijarse con base en la

geometría de la estación de bombeo, el espacio ocupado por los componentes de la estación, la facilidad de acceso y el espacio para maniobras de los equipos. En todo caso se recomienda que el ancho del espacio mencionado no sea inferior a 10 m.

6.1.3 Ubicación, seguridad y protección

El diseño de la estación de bombeo debe asegurar que ésta se ubique en un sitio estable con respecto a fenómenos erosivos, fenómenos de deslizamientos o fallas de taludes, y en general fenómenos de movimiento de suelos causados por fallas geológicas (ver normas de EMCALI EICE ESP: “NDC-SE-GE-002 Aspectos para diseño y construcción de obras de protección de taludes” y “NDC-SE-GE-001 Requisitos para la elaboración y presentación de estudios geotécnicos”)

También se debe asegurar que la estación de bombeo no se vea afectada por la calidad del agua que circula por ella.

En especial, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. Debe considerarse que la Estación de Bombeo debe seguir operando aún en condiciones de inundación probable de sus instalaciones. En tal sentido, todo el equipo eléctrico y de control (motores, centros de control de motores, sistemas de control, subestaciones eléctricas, etc.), deberán instalarse como mínimo un metro por encima del máximo nivel probable de inundación. En casos especiales EMCALI EICE ESP podrá ampliarlo.
2. En la localización de la Estación de Bombeo, se debe tener en cuenta las servidumbres necesarias y/o existentes, la factibilidad de ampliación y adquisición de predios adyacentes para satisfacer necesidades futuras y el estudio de títulos de propiedad.
3. Durante la construcción de la estación de bombeo no deben presentarse inundaciones, para lo cual la edificación debe contar con los drenajes adecuados (ver norma de EMCALI EICE ESP “NDC-SE-GE-004 Aspectos técnicos para diseños y construcción de subdrenajes”).
4. Durante la operación normal de la estación de bombeo no deben presentarse inundaciones, para lo cual la edificación debe contar con los drenajes adecuados (ver norma de EMCALI EICE ESP “NDC-SE-GE-004 Aspectos técnicos para diseños y construcción de subdrenajes”). En el caso en que exista un pozo de succión, éste debe incluir un nivel de protección contra excesos de caudal provenientes de la red de alcantarillado, causados por fallas en los sistemas de control, y eventualmente por fallas en la evacuación del caudal. En todo caso, la estructura de la estación debe estar protegida contra una inundación causada por una creciente de un período de retorno de 1:100 años.
5. Dentro del diseño de toda estación de bombeo definitiva se debe considerar el diseño de un sistema de protección contra descargas atmosféricas, siguiendo las Normas nacionales e internacionales vigentes.
6. El diseño de la estación de bombeo debe incluir el diseño de un sistema de protección contra incendios que comprenda los dispositivos necesarios para extinguir incendios y el control en situaciones de emergencia por derrame o fuga de los depósitos de combustible, los cuales estarán ubicados en los lugares adecuados, y deben estar perfectamente señalizados, todo siguiendo las Normas de la NFPA.
7. El diseño debe tener en cuenta todas las medidas de seguridad necesarias para evitar el acceso de personas extrañas, diferentes a aquellas encargadas de la operación y mantenimiento, mediante los cerramientos apropiados, esto también debe contemplar el control para animales rastreros y voladores, de acuerdo con la norma de EMCALI EICE ESP “NCO-PM-AA-005 Cerramientos”.

6.1.4 Aislamientos

Se debe tener en cuenta lo establecido en el Artículo 60 del POT.

6.2 VULNERABILIDAD Y AMENAZA SÍSMICA

Debe conocerse específicamente el nivel de amenaza sísmica de la zona en la cual se localiza, diseñe o construya la estación de bombeo. En particular, debe tenerse en cuenta los requisitos establecidos en la "NSR-10 Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente" vigente a la fecha; con respecto a los niveles de amenaza sísmica de las diferentes zonas del territorio nacional, la estación debe estar ubicada en un sitio estable contra la erosión.

Las estaciones de bombeo si son vulnerables a la deformación del suelo causada por problemas geotécnicos, geológicos y/o topográficos, el diseño debe establecer el nivel de vulnerabilidad y de mitigación de este riesgo, en caso de que por razones geológicas, topográficas, sísmicas o cualquier otro tipo de factor se considere que la estación de bombeo tiene una alta vulnerabilidad, el diseño debe tener en cuenta que ésta sea fácil y rápida de reparar en caso de daños. Los diseños deben considerar los métodos constructivos que mitiguen o eliminen el riesgo. En caso que, el riesgo es muy alto o existe riesgo de daños que puedan sacar de servicio esa infraestructura, es preferible considerar otra solución bien sea, en otro sitio u otro tipo de alternativa.

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad frente a fenómenos sísmicos, los materiales de tuberías y de sus accesorios, deben estar diseñados para soportar los esfuerzos de tensión y corte generados por el sismo de diseño.

6.3 CONDICIONES GEOLÓGICAS Y GEOTECNICAS

Deben establecerse las características geológicas y geotécnicas de la zona (ver normas de EMCALI EICE ESP: "NDC-SE-GE-002 Aspectos para diseño y construcción de obras de protección de taludes" y "NDC-SE-GE-001 Requisitos para la elaboración y presentación de estudios geotécnicos" versión vigente o norma que lo reemplace), al igual que las propiedades del suelo y las características geotécnicas en el sitio de la estación. Para esto, es necesario elaborar un estudio de suelos del sitio.

El estudio geotécnico de suelos, debe hacerse de acuerdo con los requisitos de la norma técnica de EMCALI EICE ESP "NDC-SE-GE-001 Requisitos para la elaboración y presentación de estudios geotécnicos".

El diseñador debe conocer específicamente el nivel de amenaza sísmica de la zona donde se proyectará la estación. En particular debe tenerse en cuenta lo establecido en la norma sismo resistente NSR-10 o la norma que la reemplace o vigente a la fecha, con respecto a los niveles de amenaza sísmica de las diferentes zonas de la ciudad. Se deben evitar alternativas de diseño en zonas claramente identificadas como zonas de deslizamiento o de alta potencialidad de licuefacción del suelo, a menos, que, para este último caso, el método constructivo de las cimentaciones garantice que los efectos de tal fenómeno sobre la infraestructura de la nueva estación de bombeo son mínimas aceptables, en un marco de costo beneficio razonable para EMCALI EICE ESP.

6.4 DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA

El diseño debe estudiar las condiciones de suministro de energía eléctrica, para lo cual es necesario solicitar los Datos Básicos a la empresa prestadora del servicio de energía para que se determine cuál es el punto de red más conveniente. También se debe estudiar la capacidad de la red de energía eléctrica

en la zona en donde se construirá la estación de bombeo, la demanda de energía de la estación de bombeo, la frecuencia de interrupciones en el servicio de energía, el voltaje, el ciclaje y el costo del kilovatio hora. El diseño debe ser presentado a la empresa prestadora de energía para su revisión y aprobación. Para la construcción de la subestación eléctrica tiene que contar con la aprobación de la Interventoría: de la empresa prestadora de energía GUEN de Energía de EMCALI EICE ESP o quien preste el servicio de suministro energético; de la Gerencia UEN de Acueducto y Alcantarillado; y de la Interventoría Delegada en caso que aplique.

En caso de que el nivel de tensión sea 2, es decir, 13.2 kV se deberá contar con un circuito de alimentación principal y un circuito de alimentación de respaldo del mismo nivel de tensión, los dos circuitos del operador de red de energía, deberán ser de subestaciones eléctricas diferentes. Para el caso de tensiones mayores a 13.2 kV, se deberá estudiar la viabilidad de implementar un sistema redundante el cual contará con la aprobación de GUEN de Energía de EMCALI EICE ESP.

La Estación de Bombeo definitiva deberá disponer de una fuente alternativa de energía (Grupo electrógeno) para el suministro del 100% de la potencia demandada, en condiciones de falla del suministro o cuando la caída de tensión supere el 10%. Los sistemas de respaldo y de emergencia, deben atender los requisitos del RETIE. Este sistema deberá ser complementado por un sistema de generación de electricidad proveniente de fuentes no convencionales de energía, tales como: energía solar, energía eólica, energía de la biomasa, energía geotérmica, pequeños aprovechamientos hidroenergéticos, se debe tener en cuenta tanto aspectos técnicos como sociales y ambientales conmutando el nivel de tensión del lado de la carga o instalando un circuito independiente.

El material de los conductores eléctricos en nivel de tensión 1, deberán proyectarse únicamente en cobre.

El diseño será socializado y aprobado por al área responsable de la operación y mantenimiento de la Unidad de bombeo y el interventor y/o supervisor designados por EMCALI EICE ESP.

6.5 PARAMETROS DE DISEÑO

El punto de partida para el diseño son los Datos Básicos emitidos por EMCALI EICE ESP y se complementan con los siguientes aspectos.

6.5.1 Período de diseño

El período de diseño para las estaciones de bombeo de EMCALI EICE ESP debe ser de 30 años o mayor en el caso de que EMCALI EICE ESP lo determine de acuerdo a sus estudios previos.

6.5.2 Caudal de Diseño

Para determinar la capacidad de la estación de bombeo, el diseñador debe modelar el sistema teniendo en cuenta el caudal medio diario, el caudal máximo horario y los caudales máximos y mínimos en las condiciones iniciales y finales de operación de la estación, a lo largo del período de diseño. El modelo a emplearse debe estar avalado por EMCALI.

En el caso de que por la estación se transporte aguas lluvias, se debe considerar la implementación de lagunas de regulación (retención y/o detención) o pondajes con la participación de la entidad ambiental y áreas involucradas teniendo en cuenta los caudales de bombeo y haciendo un análisis de costo mínimo. esto implica que se debe garantizar la evacuación de este volumen y los residuos sólidos que ahí se depositen, además de sistemas de bombas de achique para evitar la proliferación de olores y vectores.

6.5.3 Conducto de entrada o llegada a la estación

Se deben conocer las características del tramo aguas arriba de la estación de bombeo. Específicamente, el diseñador debe conocer la forma, material, dimensiones, cota de batea del conducto en la entrada a la estación, cota máxima de agua en la entrada de la estación y diferencia de altura entre la succión y la descarga. En el colector de entrada a la estación se debe considerar la instalación de una compuerta de tipo deslizante para trabajo pesado con accionamiento electromecánico o hidráulico, que garantice la hermeticidad de acuerdo a la normatividad vigente y permita realizar actividades de mantenimiento en la estación.

6.5.4 Materiales

6.5.4.1 Materiales de las bombas

Los materiales de las bombas incluyendo sus impulsores, sus carcasas y otros componentes, deben ser seleccionados de acuerdo con las características del agua que va a bombearse y teniendo en cuenta la temperatura, conductividad, corrosión y abrasión.

El material de las bombas y de los diferentes componentes deben resistir los efectos de corrosión que el agua pueda causar en ellos, así como la abrasión que pueda ocasionarse por el transporte de arenas y sólidos en el agua. En general, los materiales aceptados por EMCALI EICE ESP son hierro fundido, hierro dúctil y acero inoxidable. Para los accesorios de la bomba se permiten los anteriormente mencionados. Todos los materiales utilizados deben estar certificados por normas técnicas nacionales o internacionales aceptadas por EMCALI EICE ESP.

6.5.4.2 Materiales de las tuberías y accesorios

Los materiales aceptados por EMCALI EICE ESP para las tuberías y accesorios de impulsión en sus estaciones de bombeo son hierro dúctil (HD), acero, PEAD, poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP); para la succión además de las anteriores se utilizan PVC-O biorientado PR 200 psi, poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP). En la Tabla 1 se incluyen las características de los materiales de las tuberías y en la Tabla 2 las normas técnicas respectivas, ambas tablas basadas en el RAS.

Tabla 1. Características de las tuberías para conductos a presión

Material	Diámetros comerciales	Características
Acero	Desde 50 mm (2 pulgadas), a pedido	<ul style="list-style-type: none"> • Relativamente liviana • Alta resistencia a la tracción • Adaptable a zonas donde puede haber asentamientos • Resiste presiones altas • Baja resistencia a la corrosión: Demanda protección catódica y un programa de mantenimiento. • Dúctil y maleable • Está sujeto a electrólisis • Baja resistencia a la corrosión externa en suelos ácidos o alcalinos • En diámetros grandes su resistencia a carga exterior es baja • Está sujeta a la tuberculización cuando no tiene revestimiento interno. • El revestimiento con pintura exterior e interiormente sólo se garantiza para 10 años

Material	Diámetros comerciales	Características
		<ul style="list-style-type: none"> Poca estabilidad estructural bajo presión negativa Diseño estructural acorde con la presión requerida
Hierro dúctil HD	100 a 600 mm (4 a 24 pulgadas) o más a pedido	<ul style="list-style-type: none"> Muy buena resistencia a la corrosión, característica ésta que se mejora aún más cuando está revestida con mortero. Para proteger la tubería de la corrosión externa se debe instalar una manga en polietileno según lo recomendado por los fabricantes. Buena resistencia a carga exterior Medianamente liviana Medianamente dúctil Facilidad de montaje Poca elasticidad (pero mayor que el Hierro Fundido) Está sujeta a la tuberculización cuando no está revestida internamente. Los accesorios son revestidos con pintura
Poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP)	300 a 2400 mm	<ul style="list-style-type: none"> Inerte a la corrosión Liviana y de fácil manejo. No sujeta a electrólisis Para el montaje de accesorios como válvulas se utiliza el acero con pintura. Es necesaria la mezcla de materiales.
Polietileno de alta densidad (PE)	20 mm a 1200 mm	<ul style="list-style-type: none"> Inerte a la corrosión Liviana y de fácil manejo Buena resistencia a cargas externas

Tabla 2. Especificaciones y normas técnicas sobre tuberías

Material de la Tubería	Norma Técnica Colombiana	Otras Normas (Selección a criterio del fabricante)
Acero	NTC 10	AWWA C 200 AWWA C 208 ASTM A 589
	NTC 11	
	NTC 2587	
	NTC 3470	
	NTC 4001	

Material de la Tubería	Norma Técnica Colombiana	Otras Normas (Selección a criterio del fabricante)
POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO - GRP	NTC 3871 NTC 3919	ASTM D 2310 ASTM D 2992 ASTM D 2996 ASTM D 2997 ASTM D 3517 AWWA C 950
HIERRO DÚCTIL – HD	NTC 2587 NTC 2629	AWWA C 153 ISO 2531 ISO 4179 ISO 8179
Polietileno De Alta Densidad – PEAD	NTC 872 NTC 1602 NTC 1747 NTC 2935 NTC 3664 NTC 3694	AWWA C 901-96 AWWA C 906-90 ASTM D 2239 ASTM D 2737 ASTM D 3035 ASTM D 3350
Polivinilo De Cloruro - PVC	NTC 382 NTC 369 NTC 539 NTC 1339 NTC 2295	ASTM D 1784 ASTM D 2241 ASTM D 2855 AWWA C 900 AWWA C 905 AWWA C 907 DIN 16961

NOTA: Las Normas Técnicas Colombianas NTC rigen sobre las otras normas en la República de Colombia.

6.5.5 Número de bombas

El número de bombas en la estación de bombeo debe definirse desde la etapa de diseño de acuerdo con las condiciones del proyecto (la capacidad requerida y la energía disponible). El número de bombas debe estar sujeto al análisis de generación de alternativas descrito en el Numeral 6.5.15. De todas formas, el número mínimo de bombas es dos. En caso en que de acuerdo con la capacidad requerida se necesite una sola bomba, se debe mantener una bomba para operación regular y la otra en reserva, y cada una con capacidad igual a la de diseño. En el caso de que se requieran 3 o más bombas, el diseño siempre debe incluir una unidad de bombeo adicional como reserva por cada tres bombas empleadas.

Para la definición de número de bombas, se debe considerar:

Análisis técnico – económico: costo inicial abarcando equipos, accesorios y obras civiles

Toda estación de bombeo (de aguas residuales y/o con bombas en paralelo) definitiva y, cuyo caudal de ingreso sea variable, siempre deberá considerar para su operación el uso de variadores de velocidad por frecuencia que cumplan estrictamente con la norma IEEE-519.

Para Estaciones de Bombeo de aguas lluvias se debe considerar la instalación de dos bombas con caudales inferiores a las principales para que manejen caudales mínimos y niveles bajos, de tal manera que se conserve máximo 30 cm de lámina de agua desde la plantilla del canal.

6.5.6 Tipo de bombas

Las bombas se clasifican en reciclantes, giratorias y centrifugas. Las reciclantes son las de pistón, su bombeo es siempre el mismo en cada ciclo. Las giratorias son las de tornillo sin fin, son inatascables y manejan grandes volúmenes de basuras. Las centrifugas se clasifican según su uso y según la dirección del flujo; según su uso son las bombas de pozo seco o de pozo húmedo. Para una estación de bombeo

se pueden utilizar bombas centrífugas del tipo axial, mixto y radial, las de flujo mixto o radial son las más comunes para el manejo de aguas residuales y apropiadas para las alturas de cabeza dinámica elevada, y las de flujo axial para cabezas dinámicas bajas y grandes caudales para estaciones de aguas lluvias.

Desde la etapa de diseño, las bombas deben seleccionarse de forma tal que durante todos los ciclos de operación satisfaga la curva del sistema de bombeo. Para la selección de las bombas se deben considerar el nivel mínimo de bombeo y altura dinámica máxima, dicha selección se debe de cumplir para el punto de máxima eficiencia de la bomba en la curva característica de ella.

El dimensionamiento y el tipo de bombas escogidas debe hacerse en conjunto con el sistema de succión e impulsión, buscando siempre la condición de costo mínimo, incluyendo los costos iniciales, los costos de construcción, de operación, de expansión y de mantenimiento, siguiendo lo establecido en el análisis de generación de alternativas descrito en el 6.5.15 de esta norma. Adicionalmente deben tenerse en cuenta las normas técnicas NTC 1775 y la norma AWWA E 101.

El diseño debe tener en cuenta los siguientes criterios para la selección del tipo de bombas:

1. Características del agua que va a ser bombeada.
2. El espacio requerido para la instalación de las bombas dentro de la estación de bombeo.
3. La forma de operación prevista de las bombas, en serie o en paralelo.
4. La variación en los niveles máximo y mínimo en el pozo de succión y en la descarga. La selección se hará con el punto de máxima eficiencia.
5. La variación de los caudales bajo las diferentes condiciones de operación hidráulica de la estación de bombeo.
6. El tiempo de operación de las bombas.
7. La compatibilidad con otros equipos de bombeo existentes en EMCALI EICE ESP.
8. El nivel del ruido generado por la operación de las bombas.
9. El NPSH disponible.

6.5.7 Pozo de succión

6.5.7.1 Dimensionamiento del pozo de succión

En caso de que se tenga un pozo de succión, éste se debe diseñar con una capacidad igual o superior a la suma de los caudales de diseño de las bombas. Debe tenerse en cuenta las Normas del Instituto de Hidráulica de los Estados Unidos en su versión más reciente. En cuanto a la forma del pozo, deben seguirse los siguientes criterios:

1. La entrada de agua al pozo no debe producir turbulencias, para lo cual se recomienda hacerla por medio de compuertas o conductos sumergidos. Con velocidades de entrada inferiores a 3 m/s.
2. La forma y dimensiones del pozo no puede interferir con el buen funcionamiento de las bombas. Se deben seguir las recomendaciones de los fabricantes de éstas.

3. Deben evitarse la formación de vórtices. En caso de ser imposible esta condición por limitaciones de espacio, es obligatorio construir e instalar elementos eliminadores de vórtices.
4. El pozo no debe tener cambios geométricos pronunciados, cambios bruscos de dirección del flujo, pendientes pronunciadas y formas rápidamente divergentes.
5. El diseño debe prever un espacio para el ingreso de equipos especiales, además de la instalación y montaje de los equipos de bombeo y sus tuberías de succión, así como para las futuras labores de inspección y mantenimiento.
6. En todas las Estaciones de Bombeo de aguas residuales se debe diseñar, construir y poner en servicio un sistema de cribado grueso y un sistema completo y funcional para retener, recolectar, retirar, almacenar y transportar internamente arenas y gravas.
7. La distribución de velocidades de flujo de entrada a cada bomba debe ser lo más uniforme posible, procurando velocidades de 1.2 m/s. Dando estricto cumplimiento a la normatividad vigente y las recomendaciones de los fabricantes.
8. El volumen del pozo depende de la operación de bombeo, si la bomba puede bombear a una tasa similar al caudal de entrada (velocidad variable), el almacenamiento requerido en el pozo húmedo es menor que si se tiene una tasa de bombeo constante.

La profundidad del pozo a partir del nivel del terreno debe determinarse de acuerdo con las siguientes consideraciones:

- Cota batea del conducto afluente.
- La diferencia de altura entre el nivel de aguas máximas y el nivel de aguas mínimas debe ser mayor de 1 m. En estaciones de bombeo pequeñas puede adoptarse un valor menor, con la justificación técnica y operativa del caso.
- Altura requerida para la instalación de la bomba y otros elementos para garantizar que la bomba opere en condición de sumergencia.
- El nivel de aguas máximas debe estar por debajo de la cota batea del colector más bajo que descarga en el pozo, excepto en aquellos casos donde sea útil aprovechar el volumen adicional si se deja parcialmente sumergido el colector de llegada.
- El fondo de pozo debe tener una inclinación mínima de 45° hacia la boca de succión, y el ancho mínimo debe estar alrededor de 1.5 m.

6.5.7.2 Sumergencia de las bombas

La sumergencia de las bombas depende estrictamente de las recomendaciones del fabricante de la bomba (en las condiciones de los equipos se recomienda que las $NPSH_d > NPSH_r + 1$ metro, esto sería el nivel mínimo de bombeo.)

6.5.7.3 Distancia entre el fondo y/o paredes y la boca de la tubería de succión

La distancia entre el fondo y/o paredes del pozo de succión y la boca de la tubería de succión debe estar entre 0.5 y 1.5 veces el diámetro de la tubería de succión, pero no puede ser inferior a 0.25 m.

La distancia entre el piso del pozo de succión a la campana de succión debe ser de 0.5 diámetro de la campana, la distancia a las paredes laterales al eje de la bomba o línea de centros debe ser de 1 vez el

diámetro de la campana de succión y la distancia de la línea de centros a la pared en sentido de la descarga debe ser de $\frac{3}{4}$ a 1 vez el diámetro de la campana de succión, estas medidas son para un tipo especial de pozo de succión sin paredes de separación entre bombas y con captación frontal, dichas medidas varían dependiendo de la configuración y recomendaciones del fabricante.

6.5.7.4 Velocidad de entrada

La velocidad de entrada al pozo de succión no debe ser mayor a 0.7 m/s. Se recomienda tener una velocidad de 0.5 m/s para las condiciones normales de operación.

La velocidad del fluido debe ser uniforme en diferentes puntos del pozo distribuidas de esta manera en pozos de succión similar al anterior, se recomiendan velocidades inferiores antes de la rejilla 1.2 m/seg en el lugar de succión la velocidad nunca debe ser mayor a 0.3 m/seg. De igual manera las velocidades son diferentes dependiendo de la configuración geométrica del pozo.

6.5.7.5 Dispositivos complementarios

El pozo de succión debe contar con las tuberías y válvulas necesarias para su drenaje, eventualmente por bombeo. El diseño debe contemplar siempre un vertedero de exceso de agua en el pozo de succión.

Dentro de los pozos se debe de prever la instalación de bomba de achique cuando se requiera mantenimiento, dicha bomba debe ser ubicada en un pozo de achique con cota muy inferior a la del piso, construyendo el piso con pendiente que fluya hacia este; además se debe garantizar los espacios e ingreso de tuberías para la limpieza de sedimentos con equipos especiales (Lavado y Succión).

6.5.8 Diámetros de tuberías de impulsión y succión

El diámetro de las tuberías de impulsión y succión en una estación de bombeo debe obedecer al análisis técnico-económico en el cual se analice el costo de la energía de bombeo versus el costo de la tubería y el sistema aguas abajo de la bomba. Sin embargo, los diámetros de las tuberías de succión y de impulsión no pueden ser menores que los admitidos por el equipo de bombeo. El diseño debe recomendar que el diámetro nominal de la tubería de succión sea mayor que el de la tubería de impulsión en por lo menos 50 mm. El diámetro de la tubería de succión nunca debe ser inferior al diámetro de entrada al oído de la bomba. Las formulas más usadas son la siguientes:

Formula de Bresse expresada así:

$$D = K * Q^{0.5}$$

D = Diámetro interno del tubo, m

K = coeficiente por el costo de inversión y costo de operación y mantenimiento va de 0.8 a 1.0 generalmente igual a 0.9.

Q = caudal de bombeo en m³/s

Se debe utilizar el diámetro económico inmediatamente superior a este cálculo.

Para diámetros hasta 12 pulgadas también se puede utilizar la Formula de Vibert. Expresada así:

$$D = 1.547 X \left(\frac{n x e}{f} \right)^{0.154} x Q^{0.46}$$

Esta fórmula se escoge para trabajar con tasa de interés del 5% y de amortización de 20 años y solo para tuberías rígidas metálicas

D = Diámetro interno del tubo, m

n. = Numero de horas de bombeo al día dividido por 24 horas

e. = Precio promedio del Kw hora utilizado en el bombeo.

f. =precio del Kg de tubería de hierro dúctil o de Acero utilizado en el bombeo.

Q = caudal de bombeo en m³/hora

Se debe utilizar el diámetro económico inmediatamente superior a este cálculo.

En caso de que el diámetro de la tubería de succión sea mayor que el de admisión de la bomba, debe ponerse una reducción excéntrica con su parte superior horizontal.

6.5.9 Velocidades en tuberías de succión e impulsión

6.5.9.1 Tuberías de Succión

Las velocidades recomendadas en la tubería de succión son de 1 m/s. Estas velocidades deben ser confrontadas por las especificaciones técnicas de las bombas a utilizar. Se recomienda seguir lo establecido en la Tabla :

Tabla 3. Velocidad máxima aceptable en la tubería de succión, según el diámetro

Diámetro de la tubería de succión (mm)	Velocidad máxima (m/s)
50	0.75
75	1.00
100	1.30
150	1.45
200	1.60
250	1.60
300	1.70
Mayor que 400	1.80

La velocidad mínima en las tuberías de succión debe ser de 0.75 m/s.

6.5.9.2 Tuberías de impulsión

La velocidad máxima en las tuberías de impulsión debe ser menor a 3 m/s. Sin embargo, esta velocidad máxima debe estar justificada por un análisis de generación de alternativas, tal como lo establecido en el Numeral 6.5.15 de esta norma.

La velocidad recomendada en la tubería de impulsión es de 1.5 m/s. Estas velocidades deben ser confrontadas por las especificaciones técnicas de las bombas a utilizar.

6.5.10 Instalación de tuberías

En el caso de líneas de succión e impulsión nuevas, el eje de las tuberías debe localizarse con tránsito y estacarse al menos cada 6 metros. Para la localización debe seguirse lo establecido en la norma técnica de EMCALI EICE ESP “NDI-SE-AA-015 Directrices para la ejecución de levantamientos topográficos”.

Los levantamientos altimétricos y planimétricos deben referenciarse a los CMT de Planeación Municipal de Cali. En aquellos lugares donde no existan CMT o placas oficiales de la Oficina de Planeación Municipal, los levantamientos altimétricos y planimétricos deben referenciarse a las placas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) ligadas a CMT más cercanos al sector.

Desde la etapa de diseño deben analizarse todas las condiciones de instalación de las tuberías, especialmente la protección que deben tener para mitigar el efecto que tiene el agua residual sobre éstas. En especial deben analizarse los siguientes aspectos correspondientes a las tuberías en una estación de bombeo de agua residual:

1. La instalación en tuberías en tramos con pendientes acentuadas, alrededor de 20° o mayores.
2. La instalación de la tubería en pasos sobre ríos, quebradas o cañadas sujetos a inundaciones o caudales que puedan causar la erosión del recubrimiento de la tubería.
3. La instalación de la tubería de succión y/o impulsión con cobertura de terrenos menor a los especificados. El diseño debe asegurar que el cubrimiento mínimo de cada tubería sea aquel necesario para evitar la ruptura de éstas, por causa de las cargas vivas que puedan ejercerse a lo largo de la vida útil del proyecto. El valor mínimo permisible, en todos los casos, es de 1.2 m.
4. En la instalación de la tubería en áreas sujetas a inundaciones, el diseño debe evitar la posibilidad de que la tubería flote, principalmente cuando por razones de mantenimiento o razones de emergencia no esté llena de agua, recomendando anclaje para evitar problemas de flotación donde sea necesario.
5. En general, la instalación de tuberías debe realizarse siguiendo lo establecido en el capítulo G.4 “Aspectos de construcción” del Título G del RAS 2000, o aquel que lo reemplace. En particular, se deben seguir los procedimientos de instalación y conexión de tuberías de acero, de PVC, de concreto u otras tuberías al igual que la instalación especial de accesorios como válvulas, estructuras de disipación de energía, etc.

6.5.11 Distancias a otras redes

Con respecto a las distancias mínimas entre las tuberías de succión y las de impulsión a otras redes de servicios públicos, se debe seguir lo establecido en la norma técnica de EMCALI EICE ESP. “NDI-SE-DA-013 Criterios para diseño de red matriz”.

6.5.12 Sala de bombas

En el diseño, para el dimensionamiento de la sala de bombas, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

1. El tamaño de la sala debe ser suficiente para alojar el conjunto o los conjuntos bomba-motor y los equipos de control y de montaje. Las dimensiones deben permitir la facilidad de circulación, montaje y desmontaje de los equipos, y dado el caso el movimiento de todas las unidades de bombeo.
2. La sala de Centro de Control Motores - CCM, debe ir provista de unidad de aire acondicionado con capacidad superior a la necesaria previendo futuras ampliaciones, el puesto de control o sala de operación debe estar separado o aislado de la sala de CCM y de la sala de bombas.
3. Las dimensiones de la sala de bombas deben ser compatibles con las del pozo de succión con el fin de asegurar una adecuada distribución de la obra civil buscando al mismo tiempo minimizar los costos.
4. Las distancias entre los cubículos de control y fuerza con respecto a las paredes aledañas deben conservar la distancia recomendadas en el Retie actualizado o en las normas actualizadas del sector eléctrico.
5. Los cubículos en los cuales se aloje la fuerza eléctrica y los circuitos de control deberán de estar debidamente rotulados y se dispondrá de un mímico en su parte frontal indicando la parte de fuerza que el cubículo contenga de tal forma que la unión de todos los cubículos muestre la disposición y el orden final del circuito eléctrico.

6.5.13 Generación y control de ruido

El diseño de la estación de bombeo debe cumplir con lo establecido en la Resolución 8321 del 4 de Agosto de 1983 o aquella que la reemplace, del Ministerio de Salud Pública, por el cual se dictan normas sobre protección y conservación de la audición, de la salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos (esto se corroborará con los respectivos soportes de las mediciones realizadas). En particular se debe tener en cuenta lo establecido por el Artículo 17 del Capítulo 2 el cual dice:

“Artículo 17: Para prevenir y controlar las molestias, las alteraciones y las pérdidas auditivas ocasionadas a la población por la emisión de ruidos, se establecen los niveles sonoros máximos permisibles incluidos en la siguiente tabla:

Tabla 4. Nivel de presión sonora en dB (A)

ZONAS RECEPTORAS	Período diurno 7:01 a.m. – 9:00 p.m	Período nocturno 9:01 p.m. – 7:00 a.m.
Zona I Residencial	65	45
Zona II Comercial	70	60
Zona III Industrial	70	75
Zona IV de tranquilidad	45	45

Parágrafo 1: Para efectos del presente artículo, la zonificación contemplada en la tabla anterior corresponde a aquella definida o determinada por la autoridad competente en cada localidad y para cada caso.

Parágrafo 2: Denomínese ZONA 4- DE TRANQUILIDAD, el área previamente designada donde haya necesidad de una tranquilidad excepcional y en la cual el nivel equivalente de ruido no exceda de 45 dB (A).

Nota: dB(A), representa el nivel de presión sonora del ruido obtenido con un medidor de nivel sonoro, en interacción y con filtro de ponderación.

Parágrafo 3: Cuando el predio originador o fuente emisora del sonido puede ser identificado y el ruido medido afecta a más de una zona, se aplicará el nivel de sonido de la zona receptora más restrictiva.”

Parágrafo 4: La medida del nivel de presión sonora establecida en la Tabla anterior, será la obtenida de la medición realizada en sitio del andén de la vivienda más próxima.

6.5.14 Control de tamaño de sólidos

Para evitar daños en las bombas que hacen parte de la estación, se deben remover los sólidos del agua afluyente mediante el uso de algún sistema de cribado o rejillas, instalado inmediatamente aguas arriba del pozo de succión. Se recomienda una separación mínima de rejillas de 50 mm. De acuerdo con las características de los sólidos presentes en el agua afluyente se pueden emplear sistemas de rejillas de que permitan operación manual, mecanizada y automatizada. Los residuos producto de este proceso, deben ser almacenados dando cumplimiento a la normatividad técnica y ambiental vigente, para luego darle disposición final con personal especializado.

Para el sistema de rejas se deben utilizar como mínimo platinas en acero A36 de ½ x 3 Pulg., para la limpieza de ellas se debe de proveer de algún sistema de limpieza electromecánico, Hidráulico, etc. dependiendo de la caracterización de los residuos sólidos que llegan a la estación. La inclinación de las rejas respecto a la horizontal inferior debe ser de 75°.

Para estaciones de agua lluvia donde llegan residuos sólidos basuras de gran tamaño, y peso y de gran variedad se debe establecer un sistema de limpieza que garantice el retiro de estos residuos con eficiencia, calidad y seguridad que sea de última tecnología, fabricantes reconocidos y probado para las aplicaciones de aguas residuales, condiciones y caracterización de las necesidades descritas. El equipo debe estar provisto de banda transportadora tipo artesa para el manejo de basuras.

Para estaciones de agua lluvia donde el tamaño de los residuos sólidos es variable con presencia de hilazas se sugiere utilizar el sistema de limpieza de rejas viajeras a lo ancho del canal, para estaciones pequeñas y para estaciones de caudales medianos y grandes un sistema que garantice el retiro de estos residuos con eficiencia, calidad y seguridad que sea de última tecnología, fabricantes reconocidos y probado para las aplicaciones de aguas residuales, condiciones y caracterización de las necesidades descritas. Este sistema de limpieza debe ir provisto de banda tipo artesa para el manejo de basuras.

En ambos sistemas se debe de prever la forma de vaciar las basuras al equipo que las transporta.

Para el cálculo de las pérdidas provocadas por las rejas se debe utilizar la siguiente expresión:

$$HR = 1.79 (W/B)^{4/3} hv \text{ Sen } 75^\circ$$

W= Espesor de la platina en metros.

B= Ancho de la platina en metros.

$hv = v^2 / 2g$ (Carga de velocidad). La velocidad mínima antes de la reja debe ser de 0.7 m/s con una pendiente de 1%.

6.5.15 Generación de alternativas

Siempre que se diseña una estación de bombeo, existen varias alternativas de combinación de tipo de bomba, potencia de bomba, diámetro de tubería de impulsión y material de tubería impulsión, las cuales cumplen con las condiciones hidráulicas de caudal de bombeo y altura estática entre los tanques aguas

arriba (succión) y aguas abajo (descarga). Por consiguiente, el diseño de la estación de bombeo debe buscar la alternativa óptima económica de combinación de los diferentes diámetros y materiales de tubería de impulsión, potencia de las bombas y consumo de energía de éstas a lo largo del período de diseño y que cumpla con todas las restricciones hidráulicas.

El diseño se debe hacer para todos los materiales, que cumplan con las especificaciones técnicas del proyecto, establecidos en el Numeral 6.5.4.2 para tuberías y en el Numeral 6.5.4.1 para bombas y el cálculo del diámetro de cada alternativa debe seguir lo establecido en el Numeral 6.6.1 de la presente norma.

Las alternativas deben basarse en criterios hidráulicos y deben ser evaluadas dentro de un proceso de optimización financiera que permita escoger aquella de menor costo de inversión inicial y de operación y mantenimiento, la cual debe ser objeto del diseño definitivo. En particular, el diseño debe asegurar que bajo las diferentes formas de operación, las bombas y motores operen en puntos cercanos a su eficiencia máxima.

Para el cálculo del diseño óptimo económico que cumpla con las restricciones hidráulicas, se podrá utilizar cualquier programa comercial de análisis de redes que incluya el diseño optimizado mediante técnicas de inteligencia artificial, tales como algoritmos genéticos, lógica difusa, sistemas expertos, etc. incluyendo los costos de materiales, los costos de instalación y los costos de operación y mantenimiento a lo largo del período de diseño del proyecto.

6.6 DISEÑO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO

6.6.1 Cálculo hidráulico de tuberías simples

Para el cálculo hidráulico, en el diseño de las líneas de succión e impulsión debe efectuarse el estudio hidráulico del flujo a través de las tuberías con el fin de determinar las presiones a lo largo de éstas. En ningún caso se deben permitir presiones manométricas negativas. Además, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. Para el cálculo hidráulico y la determinación de las pérdidas por fricción en las tuberías a presión debe utilizarse la ecuación de Darcy-Weisbach en conjunto con la ecuación de Colebrook-White o Jain Swamme. También puede utilizarse la ecuación de Hazen-Williams, con la debida consideración de los rangos de validez y la exactitud, especialmente en lo referente a los límites de diámetros y de número de Reynolds según se describe en el Numeral 6.6.1.3. En todos los casos el diseño debe dejar claramente establecidas las suposiciones hechas para el cálculo del factor de fricción.
2. La ecuación de Darcy-Weisbach, utilizada en conjunto con la ecuación de Colebrook –White o Jain Swamme, es adecuada para todos los tipos de flujo turbulento, desde hidráulicamente liso hasta hidráulicamente rugoso.
3. En el cálculo del flujo en las tuberías debe considerarse el efecto producido por cada uno de los accesorios colocados en las líneas de succión e impulsión de la estación y que produzcan pérdidas de energías adicionales, tales como las válvulas, los codos, las reducciones, las ampliaciones, etc. En ningún caso se permite el cálculo de pérdidas producidas por los accesorios utilizando la metodología de longitud equivalente.
4. Para el cálculo de las pérdidas menores debe utilizarse el coeficiente de pérdidas menores multiplicado por la altura de velocidad en el sitio donde se localiza el accesorio.

6.6.1.1 Cálculo de las pérdidas por fricción

En el cálculo de las pérdidas de energía debidas a la fricción en una tubería o conducto cilíndrico largo, con un interior de diámetro continuo, debe hacerse mediante el uso de la ecuación de Darcy – Weisbach, mostrada a continuación:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Ecuación 1

Donde,

- f = Factor de fricción.
- L = Longitud de la tubería (m).
- D = Diámetro de la tubería (m).
- v = Velocidad del fluido (m/s).
- g = Aceleración de la gravedad (m/s²).

Esta ecuación conforma la ecuación universal de resistencia fluida para conductos a presión para la cual deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. El coeficiente de fricción de Darcy, f , para tuberías de sección circular se obtiene utilizando las siguientes ecuaciones.
 - Flujo Laminar (Re menor que 2000)

$$f = \frac{64}{Re}$$

Ecuación 2

Donde,

Re = Número de Reynolds.

- Flujo Turbulento (Re mayor a 4000), desde flujo hidráulicamente liso a flujo hidráulicamente rugoso

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{k_s}{3.7D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Ecuación 3

Donde,

- k_s = Rugosidad absoluta de la tubería (m).
- D = Diámetro de la tubería (m).

Para calcular el factor de fricción de acuerdo con esta última ecuación, se debe utilizar un proceso iterativo tal como el Método de Iteración de un Punto o el Método de Newton-Raphson.

También, para flujo turbulento, puede utilizarse la ecuación de Swamme- Jain (1976)

$$f = \frac{0.25}{[\log(K_s / 3.71D + 5.74 / Re^{0.9})]^2}$$

Ecuación 4

La ecuación de Swamme-Jain tiene las siguientes restricciones para su uso:

$$10^{-6} < K_s < 10^{-2} \text{ mm}, 10^3 < Re < 10^8$$

2. El número de Reynolds (Re) está definido por la ecuación:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde,

ρ Densidad del fluido (kg/m³)
 μ Viscosidad del fluido (Pa*s)

En todo caso el diseño debe evitar, para todas las condiciones de funcionamiento, la operación de la línea de impulsión y/o succión para flujos en la zona de transición (2000 < Re < 4000).

3. En la Tabla (tomada del Título B del RAS 2000) se dan los valores de la densidad y la viscosidad absoluta del agua como función de la temperatura media de ésta, los cuales deben utilizarse durante el diseño de las líneas de succión y/o impulsión.

Tabla 5. Densidad y viscosidad del agua según la temperatura

Temperatura (°C)	Densidad (Kg/m ³)	Viscosidad (x10 ⁻³ Pa*s)
0	999.9	1.792
5	1000.0	1.519
10	999.7	1.308
15	999.1	1.140
20	998.2	1.005
30	995.7	0.801
40	992.2	0.656
50	988.1	0.549

4. La rugosidad absoluta de la tubería (k_s) de las tuberías se debe evaluar de acuerdo con la Tabla (Tomada del Título B del RAS 2000) teniendo en cuenta su relación y dependencia con los siguientes factores: el material del cual están hechos los tubos, el proceso de fabricación de los tubos y el tiempo de servicio de ésta.

Tabla 6. Valores de rugosidad absoluta

Material	Rugosidad absoluta k _s (mm)
Acero comercial	0.45
CCP	0.12
Hierro dúctil	0.25
GRP	0.030
Polietileno	0.007
PVC	0.0015

5. La rugosidad absoluta indicada en la tabla anterior debe ser multiplicada por un factor de 2.0, (ver norma de EMCALI EICE ESP “Criterios para selección de válvulas NDI-PM-DA-016”), para tuberías con longitudes mayores a 1000 m.
6. El envejecimiento de tuberías de concreto reforzado aislado interiormente y de tuberías de materiales plásticos extruidas puede ser considerado despreciable para el proyecto de diseño de las conducciones a presión.
7. Para tuberías metálicas, cuando no sea posible una limpieza periódica y si éstas no estuvieran pintadas interiormente con materiales anticorrosivos, el diseño debe incluir un factor de seguridad sobre la rugosidad absoluta de la tubería, que refleje los efectos hidráulicos del deterioro de la pared interna al final del período de diseño. Este factor debe ser aprobado por EMCALI EICE ESP y no puede ser inferior a 3.0.

6.6.1.2 Cálculo de las pérdidas menores

Para el cálculo de las pérdidas menores producidas por los accesorios colocados en las líneas de succión e impulsión, tales como las válvulas, los codos, las tees, las reducciones, las ampliaciones y otros accesorios debe utilizarse la siguiente ecuación:

$$h_m = K_m \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Ecuación 6

Donde,

K_m = Coeficiente de pérdidas menores.

El diseño debe justificar el valor de cada coeficiente de pérdidas menores para cada uno de los accesorios de la línea de succión y/o impulsión, con base en la bibliografía adoptada por el diseñador. En la Tabla Tomada del Título B del RAS 2000, se presentan algunos coeficientes de pérdidas menores para accesorios típicos de conducciones a presión. Para accesorios diferentes a los mostrados en esa tabla, el diseñador debe sustentar el coeficiente de pérdidas menores, el cual debe ser aprobado por EMCALI EICE ESP.

$$H_{f \text{ local}} = K_m \cdot V^2 / 2 \cdot g$$

Tabla 7. Coeficientes de pérdidas menores para accesorios comunes

Accesorio	Km
Válvula de globo, completamente abierta	10.0
Válvula de mariposa, completamente abierta	5.0
Válvula de cheque, completamente abierta	2.5
Válvula de compuerta, completamente abierta	0.2
Codo de radio corto	0.9
Codo de radio medio	0.8
Codo de gran radio	0.6
Codo de 45°	0.4
Te, en sentido recto	0.3
Te, a través de la salida lateral	1.8
Unión	0.3
Ye de 45°, en sentido recto	0.3
Ye de 45°, salida lateral	0.8
Entrada recta a tope	0.5
Entrada con boca acampanada	0.1
Entrada con tubo entrante	0.9
Salida	1.0

Para el caso específico de las pérdidas menores causadas por las uniones entre los tubos que conforman la línea de succión y/o impulsión, deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos:

1. La pérdida de energía en tuberías a presión, que presenten salientes en las juntas de los tubos a lo largo del perímetro interior de la sección, es la suma de la pérdida de energía debida a la fricción, calculada como si no existieran las juntas indicadas, más las pérdidas menores debidas a la presencia de las juntas, las cuales se deben calcular por medio de la siguiente ecuación:

Para l_j/D menor que 30, donde l_j es la distancia, en metros, entre juntas se tiene que:

$$K_m = K_0 \times K_1 \quad \text{Ecuación 8}$$

Para l_j/D mayor que 30:

$$K_m = K_1 \quad \text{Ecuación 9}$$

Los coeficientes K_0 y K_1 deben tomarse de la Tabla y Tabla tomadas del Título B del RAS 2000, mostradas a continuación:

Tabla 8. Valores de K_0

l_j / D	4	8	12	16	20	24	30
K_0	0.30	0.45	0.58	0.68	0.78	0.87	1.00

Tabla 9. Valores de K_1

d / D	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	1.00
K_1	0.015	0.035	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.26	0.32	0.38

Donde:

- D Diámetro interno de la red en (m)
- d Longitud saliente de la tubería en una junta en (m)

2. Las pérdidas de energía debidas a las uniones de tipo campana y espigo y a uniones con anillo de caucho similar pueden considerarse como despreciables, debido a que no presentan salientes hacia el interior de la tubería, siempre y cuando la longitud de la tubería sea por lo menos 500m.

6.6.1.3 Cálculo hidráulico con la Ecuación de Hazen-Williams

Alternativamente, para el cálculo del diámetro de las tuberías de la succión y la impulsión, se puede utilizar la ecuación de Hazen-Williams mostrada a continuación:

$$h_f = 10.69 \times L \times Q^{1.852} \times C^{-1.852} \times D^{-4.867} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde,

- L = Longitud de la tubería (m).
- h_f = Pérdidas por fricción en la tubería (m).
- Q = Caudal (m³/s).
- C = Coeficiente de Hazen-Williams.
- D = Diámetro de la tubería (m).

En este caso es necesario tener en cuenta las restricciones para el uso de esta ecuación, las cuales son:

- a. El diámetro nominal no puede ser menor a 100 milímetros.
- b. La velocidad no puede ser mayor a 3 m/s.
- c. El flujo no puede ser laminar.

Para obtener el coeficiente de Hazen-Williams a ser utilizado en la Ecuación 10 se deben utilizar los valores establecidos en la Tabla

Tabla 10. COEFICIENTE DE FRICCIÓN

Clase de tubería y tipo de revestimiento	Coeficiente C
PVC - Polietileno - Fibra de vidrio (GRP)	130
Acero con revestimiento interno de coal-tar enamel o epoxi	120
Hierro fundido y dúctil con revestimiento de mortero	120
Concreto reforzado y acero con revestimiento interior de mortero o concreto	120

6.7 BOMBAS CENTRÍFUGAS

En este numeral se presentan los aspectos de diseño que el diseñador debe tener en cuenta cuando el tipo de bombas que se utilicen sean centrífugas.

6.7.1 Potencia

La potencia requerida por la bomba debe ser la suficiente para obtener la capacidad del sistema bajo la condición de caudal máximo de operación. Esta potencia se calcula de acuerdo con la Ecuación 11.

$$P = \frac{Q\gamma H}{\eta} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde,

- P = Potencia requerida por la bomba (W)
- Q = Caudal de operación (m³/s).
- γ = Peso específico del agua (N/m³).
- H = Altura total de bombeo incluyendo la altura topográfica, las pérdidas por fricción y las pérdidas menores existentes en las tuberías de impulsión (m).
- η = Eficiencia del bombeo.

6.7.2 Cabeza neta de succión positiva (NPSH)

La cabeza neta de succión positiva disponible se debe calcular de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$NPSH_{disp} = \frac{P_{atm}}{\rho \cdot g} + H_{es} - h_f - \frac{P_v}{\rho \cdot g} \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde,

- P_{atm} = Presión atmosférica (Pa).
- H_{es} = Altura estática de succión (incluyendo su signo) (m)
- h_f = Pérdidas por fricción (m)
- P_v = Presión de vapor (Pa)
- ρ = Densidad del agua (Kg/m³)
- g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

La cabeza neta de succión positiva requerida por el fabricante debe ser menor que el valor disponible en la instalación en por lo menos un 20%, para las condiciones más adversas de operación. En ningún caso la diferencia puede ser menor que 0.5 m. Para todos los caudales previstos debe verificarse que no ocurra el fenómeno de cavitación.

6.7.3 Ecuaciones de las bombas

La ecuación de la bomba debe ser suministrada por el fabricante de estos equipos. En caso de que esta ecuación no exista, el fabricante debe suministrar la curva de operación de la bomba y el diseñador debe hacer un análisis de regresión numérica con el fin de obtener la ecuación. Esta debe tener la forma establecida en la Ecuación 13 mostrada a continuación:

$$H = AQ^2 + BQ + C \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde,

H = Altura total de bombeo, incluyendo la altura topográfica, las pérdidas por fricción y las pérdidas menores en la impulsión. (m)
 Q = Caudal de bombeo (m³/s)
 A, B, C = Coeficientes de la ecuación.

6.7.4 Ecuación del sistema

En el caso de que el bombeo únicamente incluya una tubería de impulsión, la ecuación del sistema se debe obtener utilizando la ecuación de Darcy-Weisbach en conjunto con la ecuación de Colebrook-White. Para el uso de estas ecuaciones se debe utilizar la metodología establecida en el Numeral 6.6.1 de esta norma al igual que los coeficientes de rugosidad absoluta definidos en el mismo numeral.

Alternativamente se puede utilizar la ecuación de Hazen-Williams de acuerdo con lo establecido en el Numeral 6.6.1.3 de esta norma.

Para calcular la curva del sistema se debe hacer uso de la siguiente ecuación que relaciona el caudal a través de la tubería de descarga con la altura dinámica total.

$$H = H_T + \sum h_f + \sum h_m \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde,

H = Altura dinámica total. Corresponde a la diferencia de altura entre la entrada y la salida de la bomba (m).
 H_T = Diferencia topográfica máxima entre el nivel del agua mínimo en el punto de succión aguas arriba y el nivel de agua máximo en el punto de descarga aguas abajo (m).
 h_f = Pérdidas por fricción en las tuberías de impulsión y succión (m).
 h_m = Pérdidas menores causadas por todos los accesorios en las tuberías de succión e impulsión (m).

Para el cálculo de las pérdidas menores se debe seguir lo establecido en el Numeral 6.6.1.2. En el caso de que aguas abajo de la bomba exista una red de alcantarillado, el diseñador debe utilizar un programa de análisis hidráulico de sistemas de alcantarillado con el fin de obtener la ecuación del sistema para las diferentes condiciones de operación del bombeo y operación de la red de alcantarillado. Este análisis debe incluir los períodos de caudal máximo de operación y el período de caudal mínimo durante horas de la noche.

6.7.5 Diámetros de las tuberías de impulsión y succión

Para predefinir el diámetro más económico de las tuberías de succión e impulsión de una estación de bombeo, se debe hacer uso de la siguiente ecuación:

$$D = K(XQ)^{1/2}$$

$$X = (t/24)^{1/2} \quad \text{Ecuación 15}$$

t = Número de horas de bombeo por día (h/día)

- Q = Caudal de bombeo (m^3/s)
 D = Diámetro interior real de la tubería (m)
 K = Coeficiente que varía entre 1.2 y 1.6.

Este último coeficiente es función del costo de la tubería y el costo del kilovatio hora de energía eléctrica.

6.8 BOMBAS SUMERGIBLES

El diseñador con uso del buen criterio podrá utilizar bombas sumergibles como equipos elevadores de agua, para las cuales aplican los principios hidráulicos anteriormente mencionados.

6.9 CORROSIÓN EN TUBERÍAS

Con respecto a las tuberías de impulsión y descarga conformadas por materiales metálicos, ninguna parte metálica del sistema debe estar en contacto directo con el agua. En el caso de tuberías de acero se debe utilizar recubrimiento interno y externo en mortero, como se indica en el Numeral 6.10. En el caso de tuberías con diámetros nominales inferiores a 300 mm se deben utilizar pinturas epóxicas al interior de la tubería. En caso de que económicamente sea posible utilizar la alternativa de aceros inoxidable, ésta es la mejor opción. Todas las protecciones contra la corrosión, tanto interna como externa, en las tuberías de impulsión y/o succión deben cumplir con lo estipulado en la norma de EMCALI EICE ESP “NDC-SE-AA-010 Protección de tuberías en acueducto y alcantarillado”.

Adicionalmente, los materiales y recubrimientos que conformen los diferentes accesorios de las tuberías de succión y descarga, y las bombas en sí, deben ser resistentes a la posibilidad de corrosión. Si el acero es el material más adecuado o la única opción, se debe buscar que éste sea acero inoxidable.

6.10 RECUBRIMIENTOS Y PROTECCIÓN DE TUBERÍAS

Las tuberías a utilizar en las estaciones de bombeo con respecto a su recubrimiento y protección deben atender la norma técnica de EMCALI EICE ESP “NDC-PM-DA-046 Tuberías para acueducto” y “NDC-PM-RA-017 Tubería para alcantarillado”.

6.11 GOLPE DE ARIETE EN ESTACIONES DE BOMBEO

El diseño de la estación de bombeo debe tener en cuenta el efecto de golpe de ariete causado por interrupciones en el suministro de energía eléctrica y la consecuente interrupción del flujo de agua.

En todos los casos deben calcularse la sobre elevación de presiones, las subpresiones y la velocidad de la onda de compresión. El análisis debe hacerse para el caudal máximo bajo las diferentes formas de operación de la estación de bombeo. Los métodos de cálculo pueden incluir el método de las características o métodos de elementos finitos, en los cuales se considere el agua como un medio elástico.

Para el análisis del golpe de ariete en el diseño deben considerarse los siguientes casos:

1. Se debe hacer el análisis y simulación para tuberías nuevas que van a operar por bombeo.
2. El análisis y simulación debe hacerse para tuberías nuevas que van a operar por gravedad.
3. En las instalaciones de conducciones existentes en las que el objeto de diseño sea una ampliación debido a un aumento en la demanda o a una mejora en la confiabilidad del sistema, en las que se

coloquen bombas nuevas, en las que se proyecten tanques nuevos o en las que existan variación de presión en cualquier sección de la línea de conducción.

4. El análisis del golpe de ariete debe hacerse para las instalaciones existentes cuando haya cambios en las condiciones normales de operación y/o en las condiciones excepcionales de operación.
5. El análisis de golpe de ariete se debe hacer en las instalaciones existentes que van a ser incorporadas a un nuevo sistema, aún cuando no sufran modificaciones de ninguna naturaleza.

Para el estudio del golpe de ariete el diseño debe probar los diferentes tipos de dispositivos de control, con el fin de seleccionar aquel que ofrezca la mayor protección posible para un nivel de inversión dado.

Los dispositivos que pueden ser considerados desde la etapa de diseño de las conducciones para el control del golpe de ariete son: válvulas de retención, válvulas con una o dos velocidades de cierre, válvulas de alivio, cámara presurizada de aire, ventosas de doble efecto, tanques de compensación unidireccionales, almenaras, volantes, tanques hidroneumáticos y rotación en sentido inverso de las bombas centrífugas con cierre lento de válvulas.

6.11.1 Condiciones para el cálculo del golpe de ariete

Para este tipo de estaciones, se debe elaborar un estudio de golpe de ariete causado por interrupciones en el suministro de energía y la consecuente interrupción del flujo. Debe calcularse la máxima sobre elevación de presión y la subpresión, considerando el caudal máximo en las diferentes condiciones de operación.

No se admiten subpresiones en la tubería.

El estudio debe contener la recomendación y diseño del sistema o medida de protección correspondiente.

El diseñador debe hacer el análisis del golpe de ariete en las tuberías de conducción para las condiciones normales de operación, para las condiciones excepcionales ocasionadas por mantenimientos o emergencias o para cambios importantes en las condiciones de operación.

Las condiciones para el cálculo del golpe de ariete son las siguientes:

1. Condiciones normales de operación por bombeo.

En las conducciones que conformen líneas de impulsión de bombeos se consideran como condiciones normales de operación las siguientes:

- i. El funcionamiento adecuado de los dispositivos de protección y control de golpe de ariete previsto en la etapa de diseño.
- ii. La interrupción súbita del bombeo.
- iii. Inicio del bombeo hacia el tanque de almacenamiento y/o compensación.
- iv. Las maniobras de cierre o apertura de válvulas de control o de cierre que existan en la conducción.
- v. La ocurrencia de las conducciones especiales establecidas en todas las estaciones de bombeo de un sistema complejo.

2. Condiciones excepcionales en conducciones que conformen líneas de impulsión de bombeos; se consideran las siguientes:
 - i. La falla de cualquiera de los dispositivos de protección y control del golpe de ariete.
 - ii. Las maniobras inadecuadas en las válvulas, que estén en desacuerdo con las reglas de operación especificadas por el diseño.
 - iii. La ruptura de la tubería en la sección de máxima presión bajo régimen de flujo permanente.
 - iv. El cierre retardado de una de las válvulas de retención de la descarga de las bombas antes o simultáneamente con la máxima velocidad de reversa, ocurrida posteriormente a la interrupción del bombeo.
3. Condiciones normales de operación en conducciones trabajando por gravedad; se consideran las siguientes:
 - i. El funcionamiento adecuado de los dispositivos de protección y control contra el golpe de ariete previstos desde la etapa de diseño.
 - ii. Las maniobras de cierre y apertura de las válvulas de control y de cierre existentes en la tubería de la conducción.
4. Condiciones excepcionales en las conducciones trabajando por gravedad, se consideran las siguientes:
 - i. La falla en cualquiera de los dispositivos de protección y control contra el golpe de ariete.
 - ii. Las maniobras inadecuadas de las válvulas, en desacuerdo con las reglas de operación establecidas en el diseño del proyecto.
 - iii. La ruptura de la línea de conducción en la sección de máxima presión bajo una condición de flujo permanente.

6.12 EFICIENCIA DEL BOMBEO

El diseño debe asegurar que para todas las posibles condiciones de operación de las bombas, éstas trabajen en o cerca de su punto de máxima eficiencia, de acuerdo con la curva de eficiencia suministrada por el fabricante del equipo. El punto de operación del sistema de bombeo corresponde al cruce de las curvas de las bombas y del sistema, para cualquiera de las condiciones de operación de bombeo, ya sea en serie o en paralelo. Este punto de operación se debe obtener a partir de las alturas piezométricas, con base en las cuales se debe estimar la altura dinámica total y el caudal de bombeo. Esta condición de operación se debe comparar con el punto de operación inicial para establecer posibles problemas de la bomba o del sistema.

Para la selección de la bomba se debe considerar el nivel mínimo de bombeo y el nivel máximo de descarga, en esta condición la bomba debe trabajar en el punto de máxima eficiencia.

Para el diseño de las estaciones de bombeo se deben evitar las curvas de doble pendiente teniendo en cuenta los siguientes puntos:

1. Si se está dentro de la zona de doble operatividad, es necesario tener en cuenta que a cualquier altura (H) le corresponden dos valores de caudal (Q).
2. Si se está por debajo o por fuera de la zona de doble operatividad, a cualquier punto de altura (H) de la curva le corresponde un solo caudal (Q) y la bomba trabaja con su mayor eficiencia.
3. La zona de máxima eficiencia del bombeo siempre se encuentra por fuera de la zona donde se presenta la doble operatividad.
4. Cuando se tienen dos bombas trabajando simultáneamente, existe la tendencia a trabajar en la zona de doble operatividad. El diseño debe controlar esto disminuyendo la altura estática de bombeo.

6.13 VÁLVULAS Y ACCESORIOS EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO

6.13.1 Condiciones Básicas

La estación de bombeo debe tener ciertos accesorios que permitan una fácil operación, de acuerdo con las siguientes disposiciones:

1. Las válvulas de corte o cierre deben tener una señalización que indiquen si se encuentran abiertas o cerradas.
2. Las válvulas mayores a 300 mm de diámetro deben tener actuadores electromecánicos, para facilidad en la operación.
3. Para las válvulas de accionamiento manual, deben colocarse dispositivos que hagan posible su operación con una fuerza tangencial menor que 200 N.
4. Las válvulas de corte y cierre deben estar instaladas en sitios de fácil acceso para el operador de la estación de bombeo.
5. Los accesorios deben ser bridados e instalarse en forma tal que resulte fácil su inspección y mantenimiento y que permitan un adecuado montaje y desmontaje.
6. En las estaciones de bombeo de agua residual y lluvia no se deben de permitir el uso de válvulas de tipo mariposa. Las estaciones de agua lluvia deben de ir provistas en las descargas de válvulas tipo cortina con accionamiento electromecánico para evitar que cuando los niveles en la descarga sean altos se evite el ingreso de agua, dicha condición no aplica en el caso de que la descarga sea en cámara de carga con tubería libre a la cota máxima.

6.13.2 Accesorios necesarios

El diseño de la estación de bombeo debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Todas las unidades de bombeo deben tener una válvula de corte o cierre, o una válvula esférica con cheque en la tubería de impulsión.
2. En el caso de que el diseño contemple la instalación de bombas en pozos secos, y que operen por debajo del nivel de succión, deben tener una válvula de corte o cierre en la línea de succión.

3. En una tubería de succión que no trabaje con carga positiva debe instalarse una válvula de pie (retención) en la parte inferior para evitar su vaciado.

En todo caso, deben consultarse las Normas Técnicas Colombiana NTC 1991, NTC 2011 y NTC 1762, o las normas AWWA C508, AWWA C510, previa aprobación de EMCALI EICE ESP.

6.14 INFRAESTRUCTURA DE SERVICIO Y OPERACIÓN

6.14.1 Adecuaciones civiles

Se debe tener la prevención de contar con la infraestructura adecuada para poder instalar puente grúas, grúas móviles o mecanismos similares para permitir el movimiento de equipos en toda la estación, y de los accesos adecuados para la recolección en vehículos, de los lodos y materiales sólidos depositados en las cámaras de llegada y en las rejillas de retención.

- Áreas suficientes para entrada y salida de equipos.
- Áreas anexas para mantenimiento.
- Área para el montaje y desmontaje de equipos y accesorios.

Los demás detalles constructivos se deben realizar de acuerdo con las especificaciones civiles propias de la obra.

6.14.2 Instrumentación de la estación de bombeo

El diseño de la estación de bombeo debe incluir dispositivos de control e instrumentación para medir en tiempo real las condiciones de operación de la estación y detectar las fallas rápidamente. En lo posible, estos dispositivos deben ser automáticos, reduciendo al máximo la intervención del operador en las labores de medición. Con respecto a la instrumentación y control, el diseño debe incluir los siguientes dispositivos de control:

1. Medidor de caudal afluente.
2. Medidores de niveles de última tecnología de acuerdo a las especificaciones del Centro de Control Maestro de EMCALI EICE ESP. En el pozo de succión, nivel antes y después de rejillas.
3. Interruptor eléctrico accionado por flotador o interruptor electrónico en el tanque de succión, cuando éste exista, conectado con el arrancador de la bomba.
4. Interruptor electrónico o eléctrico accionado por SENSOR DE VIBRACIONES, conectado con el arrancador de la bomba.
5. Alarma de bajo nivel del agua en el pozo de succión.
6. Totalizador de caudales a la salida de la estación de bombeo.
7. En el caso de que las bombas tengan una cabeza positiva de succión, se debe colocar un presostato que controle, de forma general, todo el equipo de bombeo.

8. Manómetro o vacuómetro con el fin de controlar las presiones de entrada a la bomba. Las bombas deben ir provistas de manómetro y manovacuumetro con su respectivo transductor de presión ubicados en la succión y descarga de la bomba. Solo para bombas de pozo seco.
9. Tacómetros durante la prueba inicial en el motor de cada bomba.
10. Sistemas de auto lubricación en las bombas y cebado automático, en caso de que éste se requiera.
11. Relés de mínima potencia conectado al motor, de máxima potencia para proteger contra altos voltajes, diferencial de fases contra variaciones de tensión de una fase individual, y de contacto a tierra para proteger el motor.
12. Las estaciones de bombeo de agua residual (configuración de bombas en paralelo) deben ir provistas en el arranque con variadores de velocidad EN TODAS las unidades de bombeo provistas. La variación de velocidad debe ser con variación de frecuencia, en el caso de utilizar tensiones medias se debe seleccionar el variador que trabaje con voltajes de 440v para facilitar actividades de mantenimiento. Las estaciones de agua lluvia donde generalmente las bombas utilizadas son de grandes caudales y poca cabeza no justificaría una variación porcentual considerable de la velocidad, sin embargo, para las bombas de caudales bajos, se requiere como mínimo un equipo con variador de velocidad.

6.14.3 Facilidad de mantenimiento

Deben dejarse los accesos necesarios para efectuar las labores de mantenimiento. La estación debe diseñarse de tal forma que las labores de mantenimiento no afecten la prestación del servicio. Todas estas áreas y accesos deberán estar de acuerdo con la norma de EMCALI EICE ESP "NPL-SE-AA-030 Requisitos mínimos de higiene y seguridad industrial en espacios confinados".

Se deben dejar instalados en la sala de bombas sistemas de puente grúa con capacidad superior al peso del conjunto motor-bomba, dicho equipo debe tener todos sus movimientos electromecánicos, se deben utilizar puentes grúa de cable con longitud suficiente para bajar el gancho hasta la cota inferior del pozo de succión. De igual manera el tamaño de la sala de bombas debe ser lo suficiente para realizar las actividades de mantenimiento.

6.14.4 Sala de control

El diseño de la estación de bombeo debe contemplar una sala de control hacia la cual todos los sistemas de medición deben transmitir los datos y en la cual se deben ubicar los tableros que indiquen las condiciones de operación de la estación. Como mínimo, los tableros deben incluir el caudal instantáneo por unidad de bombeo, la presión en las líneas de succión y descarga, el nivel del agua en el pozo de succión cuando éste exista, la temperatura y presión de aceite en los motores, el voltaje y amperaje de las líneas de alimentación de la bomba, medición de vibraciones y las revoluciones por minuto de los motores.

Así mismo, en la sala de control deben disponerse los interruptores y mecanismos que permitan poner fuera de servicio cualquier elemento relacionado con el sistema de bombeo. Todos los datos transmitidos a la sala de control simultáneamente deben ser transmitidos al Centro de Control Maestro de Acueducto y Alcantarillado de la UENAA - EMCALI EICE ESP.

6.14.5 Accesos y escaleras

En caso de que la estación de bombeo cuente con varios pisos deben colocarse escaleras seguras y apropiadas que permitan la movilización del personal y los equipos necesarios. En caso de falta de espacio, el diseño debe incluir escaleras metálicas con barandilla, peldaños amplios y piso antideslizante.

6.14.6 Iluminación general y de emergencia

Los diseños de los sistemas de iluminación interior, exterior y de emergencia deben plantear los criterios utilizados para la selección y definición de las luminarias a implementar en cada una de las áreas de las estaciones definitivas. De igual forma en estos se deben describir la metodología y procedimientos de cálculo por computador empleados para el diseño de los sistemas de iluminación interior y exterior así como el control y el dimensionamiento de las redes eléctricas requeridas para los sistemas.

Las estaciones de bombeo definitivas deben contar con un adecuado sistema de iluminación en su interior como complemento a la luz natural durante el día y en las noches debe proporcionar los valores y niveles de iluminación recomendados para la actividad específica de cada una de las áreas, evitando la presencia de altos contrastes en el ambiente visual entre áreas y recomendando la utilización de luminarias que no provoquen deslumbramiento e ilusiones ópticas.

En las áreas exteriores, en zonas de equipo instalado, de tránsito y vías de acceso se debe implementar un sistema de iluminación adecuado para que el personal de operación, mantenimiento y vigilancia puedan realizar sus trabajos respectivos. En general, en los sistemas de iluminación en las áreas exteriores se deben considerar cuatro propósitos básicos: Seguridad en la operación del equipo, tránsito sin peligro, Inspección de equipo y trabajos de mantenimiento. Se consideran estas condiciones necesarias para que el sistema de iluminación brinde óptimos resultados.

El equipo a utilizar, para la implementación del sistema iluminación de emergencia, debe garantizar el suministro ininterrumpido de potencia, aunque falle y/o se suspenda el suministro de corriente alterna de la red externa y de suplencia. Para tal fin el equipo deberá estar provisto de un sistema de respaldo como soporte en caso de falla del suministro de energía.

6.14.7 Señalización

La estación de bombeo debe contar con una señalización visual clara en toda el área, indicando zonas de peligro de alta tensión, salidas de emergencia, localización de extintores, áreas de tránsito restringido y demás elementos y actividades que sea necesario resaltar por su peligro potencial o porque resulten importantes en la prevención de accidentes. Adicionalmente, la estación debe contar con una valla de identificación.

La señalización debe cumplir con los requisitos de la norma técnica "NTC 1461 Higiene y seguridad. Colores y señales de seguridad".

Las señales contra incendio, deben cumplir con los requisitos de las normas técnicas "NTC 1931 Protección contra incendios. Señales de seguridad" y "NTC 1867 Higiene y seguridad. Sistema de señales contra incendios. Instalación, mantenimiento y usos".

6.14.8 Ventilación

Con respecto a la ventilación, el diseño de la estación de bombeo debe tener en cuenta los siguientes requerimientos:

1. Todas las salas, compartimentos, pozos y otros recintos cerrados por debajo del nivel del terreno, que puedan presentar un aire perjudicial, deben contar con una ventilación artificial forzada, realizando un mínimo de 6 cambios completos de aire por hora, cuando la ventilación es continua y 30 cuando es intermitente.
2. Los controles de ventilación forzada podrán ser accionados manualmente desde afuera del recinto o automáticamente, por medio de sensores y medidores, cuando se detecte concentración perjudicial de gases en el aire.

El diseño en todo caso debe seguir lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC 1260.

6.14.9 Protección contra incendios

Las estaciones de bombeo deben contar con dispositivos para detección y extinción de incendios, ubicados estratégicamente para tal fin. Los extintores especificados para cada una de las áreas y que conforman el sistema de extinción deberán estar perfectamente señalizados. Adicionalmente, se deberá tener en cuenta en la construcción de la estación, la selección y especificación de materiales para la obra civil y de amueblamiento arquitectónico incombustibles y/o retardante a las llamas.

La localización de los equipos de protección contra incendios deben estar de acuerdo con un análisis técnico según áreas y riesgos potenciales de cargas combustibles.

El cuarto de baterías, el cuarto de control y en todos los sitios donde existan equipos eléctricos se deben instalar extintores de las características requeridas según el área y de la capacidad adecuada.

Adicionalmente, para los diseños de estos sistemas, se deben tener en cuenta los requisitos indicados en las normas "NTC 1483 Detectores de incendio. Clasificación" y la "NTC 2885 Extintores de fuego portátiles".

6.14.10 Equipos de movilización y cargue

El diseño de la estación de bombeo debe incluir elementos que permitan el transporte y la movilización de maquinaria y equipo, tales como puentes, grúas, rieles, poleas diferenciales, etc., teniendo en cuenta las siguientes disposiciones:

1. La capacidad del equipo debe ser suficiente para mover el elemento de mayor peso que pueda ser transportado al interior de la estación.
2. La trayectoria del equipo durante su movilización al interior de la estación de bombeo debe analizarse para permitir que en todo momento el retiro, la movilización y la reposición de cualquier elemento de la estación sea fácil y expedita.
3. El diseño debe prever todos los accesos necesarios a la casa de bombas, de manera que permitan el manejo adecuado de los equipos en las labores de mantenimiento, retiro o reposición de elementos de la estación.

6.14.11 Drenaje de pisos

El diseño de la estación de bombeo debe incluir el análisis del drenaje de los pisos de la estación, teniendo en cuenta los siguientes requerimientos:

1. El diseño debe incluir uno o dos pozos de drenaje hacia los cuales debe conducirse el agua de fugas o lavado, por medio de una pendiente muy suave en el piso de la estación de bombas.
2. Cuando los pozos de drenaje no puedan ser evacuados por gravedad, deben disponerse bombas para tal fin. Estas bombas deben accionarse automáticamente, mediante el uso de sensores que detecten el nivel del agua en los pozos de drenaje.

6.14.12 Sistema de puesta a tierra

La malla de puesta a tierra de las estaciones de bombeo deberá ser diseñada y especificada para la protección del personal y de la puesta a tierra de todas las estructuras metálicas y de cualquier elemento metálico, no portador de corriente, que pueda eventualmente estar expuesto a una tensión. El diseño deberá realizarse conforme a las recomendaciones indicadas en el ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES y las normas "ANSI/IEEE 80 Guide for safety in AC substation grounding", "IEEE 142 Recommended practice for grounding of industrial and commercial power systems" y "IEEE1100 Recommended practice for powering and grounding electronic equipment" y el Código "NEC-2002 National electrical code".

El sistema de puesta a tierra debe diseñarse y modelarse usando programas de computador para determinar el adecuado espaciamiento entre el cable, el menor valor de resistencia de la malla y la adecuada limitación de las tensiones de toque y paso a los valores permisibles.

El diseño tendrá en cuenta la disipación de corrientes de corto circuito y las provenientes de las descargas atmosféricas.

El área donde se instale la malla a tierra deberá contar con una marca perimetral de tal forma que permita su identificación con el transcurrir del tiempo

Nota Adicional.

6.14.13 Protección contra descargas atmosféricas

El sistema de protección contra descargas atmosféricas directas en las estaciones de bombeo definitivas se diseñará de acuerdo con las recomendaciones indicadas en la norma "IEC 62305-3 Protection against lightning. Part 3, Physical damage to structures and life hazard". El diseño incluirá las recomendaciones de conexión y aterrizamiento de las estructuras metálicas de los edificios y otras estructuras como tanques, etc.

6.14.14 Restricción de acceso

Deben tomarse las medidas de seguridad necesarias para evitar el acceso de personas extrañas diferentes a aquellas encargadas de la operación y/o mantenimiento, mediante un cerramiento que diseñe el Contratista previa aprobación de EMCALI EICE ESP, atendiendo la norma "NCO-PM-AA-005 Cerramientos". Este cerramiento debe evitar el ingreso de animales domésticos y silvestres.

6.14.15 Seguridad industrial

El contratista deberá diseñar todas obras civiles, equipamiento, accesorios de montaje, equipos de ventilación y cualquier otro para permitir tanto a operadores, técnicos e ingenieros una operación con los niveles de seguridad industrial establecidos en la normatividad vigente. Dicho diseño de seguridad industrial debe tener la aprobación de EMCALI EICE ESP.

6.15 Criterios generales para el diseño de los sistemas de instrumentación y automatización

6.15.1 Generalidades

El Contratista debe ser responsable por el diseño completo e integral de los sistemas de instrumentación y automatización compatible en funcionalidad y de forma coordinada con el equipamiento eléctrico y mecánico instalado en coordinación con los lineamientos del Centro de Control Maestro de Acueducto y Alcantarillado. Cada uno de los sistemas debe diseñarse para cumplir como mínimo las siguientes condiciones:

- Sistema para la medida de nivel: teniendo en cuenta que el objetivo de la Estación de bombeo es el de elevar desde una cámara o pozo de succión las aguas vertidas, residuales o lluvias, el sistema de nivel es factor primordial para la correcta operación del sistema de automatización instalado, a través de este se toman las decisiones de iniciar o suspender el bombeo para cada una de las unidades de bombeo de la estación.
- Sistema para la medida de flujo de salida: se requiere con el fin de verificar la cantidad de agua bombeada, también es de utilidad para verificar las condiciones de funcionamiento de cada una de las unidades de bombeo.
- Sistema de automatización: este permite tomar decisiones de arranque y parada de cada una de las unidades, de acuerdo con las necesidades de operación de la Estación y teniendo en cuenta que esta debe operar de forma inasistida y con reinicio automático.
- Sistema de protecciones: permiten que el equipo electrónico instalado sufra la menor cantidad de daños posibles a causa de descargas atmosféricas o transitorias de la red.
- Sistema de alimentación de energía en 24 Vdc: Para los equipos de instrumentación y automatización y todo equipo eléctrico que requiera alimentación externa, se utilizara una configuración fuente cargador, banco de baterías flotante a 24 Vdc.

6.15.2 Sistema para la medida de nivel

Está compuesto por medidores de pondaje y cámara de succión, se recomienda el uso de medidores ultrasónicos o de tipo radar en la que su medida no se afecte por elementos en suspensión o espuma, también es posible el uso de sondas hidrostáticas siempre y cuando estén garantizadas por el fabricante para el uso en ambientes agresivos de corrosión. En la cámara de succión se deberá instalar mínimo 3 interruptores de nivel tipo flotador para ambientes altamente agresivos por corrosión (nivel alto de sulfuros H₂S) con efecto que se utilicen como respaldo para el sistema de automatización, tanto las medidas análogas de nivel así como las digitales de los interruptores de nivel deberán alambrarse al sistema de automatización. Todas las medidas análogas de nivel deberán poseer de forma separada al sistema de control un indicador digital en cm. Todos los accesorios de montaje cajas de paso desde la toma de medida hasta el sistema de automatización deberán ser diseñados para soportar altos niveles de corrosión (nivel alto de sulfuros H₂S). Todas las instalaciones para el sistema de nivel deberán permitir, acceso seguro para efectuar las respectivas labores de mantenimiento. El sistema de medida de nivel deberá tener una precisión menor o igual al 3%.

6.15.3 Sistema para la medida de flujo de salida

Este sistema podrá instalarse con una canaleta tipo parshall, medidor ultrasónico ó magnético, siempre y cuando se asegure que la medida de flujo de salida tenga una precisión menor o igual al 3%, el sistema instalado deberá incluir todos los accesorios de montaje, cajas de paso, alambrado, además deberá

poseer un indicador digital (en litros por segundo separado del sistema de control) con funciones de totalizador (no reseteable), para la medida de flujo de salida. Todos los accesorios de montaje cajas de paso desde la toma de medida hasta el sistema de automatización deberán ser diseñados para soportar altos niveles de corrosión (nivel alto de sulfuros H₂S). Todas las instalaciones para el sistema de flujo deberán permitir, acceso seguro para efectuar las respectivas labores de mantenimiento.

6.15.4 Sistema de automatización

El sistema de automatización se definirá de acuerdo a los lineamientos (marca, compatibilidad, comunicación, etc) del Centro de Control Maestro de Acueducto y Alcantarillado de EMCALI EICE ESP, como mínimo deberá contar un controlador lógico programable principal (PLC). El PLC debe tener el dimensionamiento adecuado de entradas/salidas para el total de las variables requeridas por la estación y una expansión del 25%. La lógica de configuración deberá permitir la operación automática del sistema de bombeo de la Estación y debe funcionar como una unidad independiente que realice las funciones de control local. En todo caso en una posible falla del PLC la lógica de control deberá permitir el arranque y parada de cada una de las unidades de forma manual sin perder la coordinación de protecciones eléctricas de las unidades de bombeo.

6.15.5 Sistema de protecciones

Los sistemas de puesta a tierra y los sistemas de “apantallamiento” o protección contra descargas atmosféricas, son componentes de un sistema eléctrico que aumentan la seguridad de los seres vivos, permitiendo despejar corrientes de falla que podrían causar lesiones.

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, define cómo deben ser Diseñados, Construidos y mantenidos, en los artículo 15 y 16.

Está compuesto por una malla de tierra (diferente a la malla de potencia), elementos de protección gruesa media y fina esta última para cada uno de los equipos de instrumentación y automatización instalados.

6.15.6 Sistema de alimentación de energía en 24 VDC

Los equipos de instrumentación y control, estará compuesto por cargador y banco de baterías, este banco de baterías deberá tener un espacio que cumpla con la normatividad vigente para este tipo de instalaciones. Deberá dimensionarse para el consumo requerido de todos los equipos instalados. Las baterías deberán ser del tipo selladas y libres de mantenimiento con una vida útil no menor a 30 años. Los cargadores deberán poseer contactos secos para alarmas que se deberán alambrar al sistema de automatización.

6.16 DISEÑO ELECTRICO

Los diseños presentados deben ser aprobados para construcción por EMCALI EICE ESP y estar debidamente documentados y soportados con memorias de cálculo, cuadros de cargas, cuadros de regulación, diagramas unifilares, plantas, cortes, detalles de montaje y listados para requisición de materiales, utilizando la simbología y normatividad vigente para la presentación de planos y documentos establecida por el proyecto y/o por EMCALI EICE ESP.

Los diseños deben considerar las condiciones ambientales interiores y/o exteriores, así como las operativas a las que van a funcionar los equipos eléctricos, con el fin de determinar el adecuado grado de protección por encerramiento para garantizar su integridad. Los diseños deben ser realizados atendiendo la resolución No. 180398 de abril 7 de 2004 en la cual se aprobó el RETIE- Reglamento técnico de

instalaciones eléctricas y el Código Eléctrico Colombiano norma NTC 2050, teniendo en cuenta su vigencia a la presentación del proyecto.

Las estaciones de agua lluvia y las de Aguas Residuales deben de ir provistas de planta generadora de energía o un sistema de generación de electricidad proveniente de fuentes no convencionales de energía, tales como: energía solar, energía eólica, energía de la biomasa, energía geotérmica, pequeños aprovechamientos hidroenergéticos, se debe tener en cuenta tanto aspectos técnicos como sociales y ambientales conmutando el nivel de tensión del lado de la carga o instalando un circuito independiente. El diseño será socializado y aprobado por al área responsable de la operación y mantenimiento de la estación de bombeo y el interventor o supervisor, este deberá tener capacidad igual a la potencia eléctrica instalada.

6.17 DISEÑO MECANICO

Los diseños mecánicos deben satisfacer las necesidades y requerimientos de los equipos, accesorios e instrumentos indicados en el diseño de la estación de bombeo de tal forma que se garantice un correcto montaje, desmontaje, ampliaciones y por ende un adecuado funcionamiento, operación y mantenimiento.

7.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sistema de Normas Técnicas de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (SISTEC), 2006.

Normas de Diseño y Construcción de Acueducto y Alcantarillado de Empresas Municipales de Cali, 1999.

Normas de Acueducto y Alcantarillado de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, 2006.

Normas de Acueducto y Alcantarillado de Aguas de Cartagena S.A. ESP, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cartagena, 2005.

Normas de Diseño de Acueducto y Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín (EPM) ,2006.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL. Seminario internacional sobre diseño, montaje, operación y mantenimiento de estaciones de bombeo. Cali: Acodal, 1990

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente. Bogotá: AIS, 1998. (NSR-98)

SANKS, Robert L. Pumping station design. Boston: Butterworth Heinemann, 1989

TCHOLANOGLIOUS, George. Redes de alcantarillado y bombas de aguas residuales. Bogotá: Metcalf & Eddy, 1994

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Seminario: Bombas y estaciones de bombeo. Bogotá: UniAndes, 1977

WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. Diseño de estaciones de bombeo de aguas residuales y aguas pluviales. Manual práctico FD-4. WPCF, 1984