

2973



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

CRITERIOS DE SELECCION Y DISEÑO DE
FUENTES DE ABASTECIMIENTO Y OBRAS
DE CAPTACION PARA AGUA POTABLE.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A ;

PEDRO HERNANDEZ SOLEDAD



DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

	PÁGINA
V. EJEMPLO ILUSTRATIVO.....	119
5.1 ANTECEDENTES GENERALES.....	120
5.2 LOCALIZACIÓN.....	121
5.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	122
5.4 PROYECTO DE SOLUCIÓN.....	123
5.5 ESTUDIO GEHIDROLÓGICO.....	125
5.6 CAPTACIÓN.....	131
5.7 PERFORACIÓN.....	132
5.8 EQUIPAMIENTO DEL POZO.....	136
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	155
6.1 CONCLUSIONES.....	156
6.2 RECOMENDACIONES.....	158
BIBLIOGRAFÍA.....	160

INTRODUCCION

LOS VOLUMENES DE AGUA EXISTENTES SOBRE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA SON INMENSAMENTE GRANDES, SE ESTIMA QUE SÓLO EN LOS OCEANOS Y MARES ESTÁN CONTENIDAS APROXIMADAMENTE $1350 \times 10^6 \text{ KM}^3$, DE AGUA, EN LOS CASQUETES POLARES SE CALCULA QUE SE ENCUENTRAN CONFINADAS ALREDEDOR DE $29 \times 10^6 \text{ KM}^3$, DE AGUA EN FORMA DE HIELO; EN CONJUNTO ESTAS MASAS REPRESENTAN EL 97% DE LOS RECURSOS ACUÁTICOS TOTALES EXISTENTES EN EL PLANETA. DESAFORTUNADAMENTE NINGUNO DE ESTOS RECURSOS ESTÁ DISPONIBLE EN FORMA INMEDIATA PARA SATISFACER LAS NECESIDADES DEL HOMBRE, EL AGUA DEL MAR PORQUE CADA LITRO CONTIENE APROX. 35 GRMS. DE SAL Y EL HIELO POLAR DEBIDO A SU LEJANÍA DE LAS REGIONES HABITABLES DEL GLOBO. ESTO IMPLICA QUE SOLO SEAN ÚTILES AL HOMBRE CERCA DE $7,0 \times 10^5 \text{ KM}^3$, DE AGUAS DULCES LOCALIZADAS EN LAGOS Y CORRIENTES, EN EL SUBSUELO Y EN LA ATMÓSFERA. EN UNA ESTIMACION GLOBAL, UNA TERCERA PARTE DE LAS MASAS TERRESTRES SE ENCUENTRAN BIEN DOTADAS DE AGUA, MIENTRAS QUE LOS DOS TERCIOS RESTANTES SON LUGARES SEMI-ÁRIDOS O TOTALMENTE ÁRIDOS. (1)

(1) FAIR, GEYER. ABASTECIMIENTO DE AGUA Y REMOSION DE AGUAS RESIDUALES, LIMUSA 1980.

A PARTIR DE LAS CIFRAS ANTERIORMENTE ANOTADAS, PODEMOS DARNOS CUENTA DE LA ENORME RIQUEZA QUE REPRESENTAN LOS VOLÚMENES DE AGUAS CONTENIDAS EN LA SUPERFICIE DEL PLANETA. DURANTE TODA LA HISTORIA DE LA HUMANIDAD SE HA TENIDO CONOCIMIENTO DE LA ENORME IMPORTANCIA DEL AGUA COMO ELEMENTO VITAL PARA LA EXISTENCIA DE TODA FORMA DE VIDA SOBRE LA TIERRA, NO OBSERVANTE DESDE LAS EPOCAS REMOTAS Y SOBRE TODO EN LA ERA MODERNA Y HASTA LA FECHA EL DERROCHE Y EL USO INDISCRIMINADO DEL VITAL LÍQUIDO SIGUEN VIGENTES.

EL PRESENTE ESTUDIO, AUNADO A LOS MUCHOS OTROS REFERENTES AL TEMA, PRETENDE PLANTEAR UNA VEZ MÁS, LA IMPERIOSA NECESIDAD DE UN USO PLANIFICADO Y MÁS RACIONAL QUE PERMITA TANTO LA SATISFACCIÓN DE LAS NECESIDADES DE LA SOCIEDAD COMO LA CONSERVACIÓN DE TAN PRECIADO RECURSO. PARA LOGRAR LO ANTERIOR EL TRABAJO SE HA ESTRUCTURADO CON SEIS TEMAS DE LOS CUALES DAMOS A CONTINUACION UNA SEMBLANZA GENERAL.

EN EL CAPÍTULO PRIMERO DENOMINADO FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, SE DA UN BOSQUEJO GENERAL DE LAS FUENTES HABITUALES UTILIZADAS POR EL HOMBRE COMO SON LOS RIOS, LOS LAGOS Y LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS, ASÍ COMO LAS FUENTES QUE AUNQUE NO HAN SIDO UTILIZADAS COMUNMENTE, (AGUA DE MAR, AGUA PLUVIAL, ETC.) CONSTITUYEN UN RECURSO POTENCIAL CAPAZ DE SATISFACER LAS DEMANDAS DE UNA POBLACIÓN.

EL SEGUNDO CAPÍTULO ESTUDIOS BÁSICOS PARA DEFINIR LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO, CONTIENE LOS CONCEPTOS GENERALES, LOS LINEAMIENTOS Y LOS REQUISITOS DE LOS DIFERENTES ESTUDIOS DE GABINETE Y DE CAMPO QUE DEBERÁN SER REALIZADOS PARA SELECCIONAR LA FUENTE MÁS ADECUADA Y QUE PERMITIRÁN VISUALIZAR CON MAYOR AMPLITUD SUS CARACTERÍSTICAS Y SU MAGNITUD, LO QUE A SU VEZ PERMITIRÁ DEFINIR LA ESTRATEGIA DE EXPLOTACIÓN, SU CONVENIENCIA, SU USO Y LA APROPIADA FORMA DE CONSERVACIÓN PARA CADA FUENTE EN PARTICULAR.

EL CAPÍTULO TERCERO DISEÑO DE OBRAS DE CAPTACION, CONTIENE LOS DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS UTILIZADAS PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA POTABLE, SUS COMPONENTES, SUS CARACTERÍSTICAS Y SU FUNCIONAMIENTO ASÍ COMO LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA SU DISEÑO, SU CONSERVACION Y MANTENIMIENTO.

EL CUARTO CAPÍTULO EQUIPOS, ACCESORIOS Y PIEZAS ESPECIALES, ES DE CARÁCTER MÁS PRÁCTICO Y SE REFIERE A LOS DIFERENTES ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS NECESARIOS PARA EQUIPAR UNA ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN COMO PUEDE SER: BOMBAS, MOTORES, VÁLVULAS, TUBERÍAS, ETC., SU FUNCIONAMIENTO, SU MEJOR APLICACIÓN Y SU EXISTENCIA EN EL MERCADO.

EN EL CAPÍTULO QUINTO SE DA UN EJEMPLO ILUSTRATIVO, CON LO QUE SE PRETENDE DAR UNA IDEA GENERAL PRÁCTICA DE LAS CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UNA OBRA DE CAPTACIÓN, ASÍ COMO LOS ELEMENTOS DE JUICIO UTILIZADOS PARA ELEGIR DE ENTRE VARIAS ALTERNATIVAS, LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO MÁS CONVENIENTE.

FINALMENTE EN EL CAPÍTULO SEXTO SE DAN LAS CONCLUSIONES OBSERVADAS DURANTE EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO, ASÍ COMO LAS RECOMENDACIONES QUE SE CONSIDERAN MÁS PERTINENTES PARA LOGRAR FORMAR AMPLIOS CRITERIOS EN LA SELECCIÓN Y EL DISEÑO DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO Y OBRAS DE CAPTACIÓN PARA AGUA POTABLE.

CAPITULO PRIMERO

1. FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

SE CONSIDERAN COMO FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA A AQUELLAS FORMACIONES, ESTRATOS, ALMACENAMIENTOS Y DEPÓSITOS QUE LA CONTIENEN Y QUE SON CAPACES DE APORTARLA EN CANTIDADES SUFICIENTES PARA PERMITIR LA EXISTENCIA Y EL DESARROLLO DE UNA COMUNIDAD, HABITUALMENTE EL HOMBRE HA UTILIZADO PARA SATISFACER SUS NECESIDADES VITALES DE NUTRICIÓN E HIGIENE LAS AGUAS DULCES QUE EN FORMA NATURAL ESTÁN CONTENIDAS EN LA SUPERFICIE DE LA TIERRA YA SEA EN LOS LAGOS, ARROYOS, RIOS Y EN EL PROPIO INTERIOR DEL SUBSUELO.

DE ACUERDO CON SU LOCALIZACIÓN Y SUS CARACTERÍSTICAS LAS FUENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SE HAN CLASIFICADO EN DOS GRANDES GRUPOS COMO: FUENTES SUPERFICIALES Y FUENTES SUBTERRÁNEAS; AQUELLAS QUE NO HAN SIDO UTILIZADAS COMUNMENTE LAS DENOMINAREMOS COMO FUENTES ALTERNAS.

1.1. CICLO HIDROLÓGICO.

TODAS LAS AGUAS LOCALIZADAS SOBRE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA TANTO SALADAS COMO DULCES, PRESENTAN UN CONSTANTE MOVIMIENTO DURANTE EL CUAL CAMBIAN SUS CARÁCTERÍSTICAS FÍSICAS; DE UN ESTADO GASEOSO SE PRECIPITAN EN FORMA DE LLUVIA SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE, EN ESTADO LÍQUIDO ESCURREN SOBRE LA SUPERFICIE O SE INFILTRAN AL INTERIOR DEL SUBSUELO Y SE EVAPORAN PARA VOLVER NUEVAMENTE A INICIAR EL RECORRIDO; A ÉSTE MOVIMIENTO DEL AGUA SE LE CONOCE COMO CICLO HIDROLÓGICO.

DURANTE EL CICLO DE MOVIMIENTO DEL AGUA PODEMOS IDENTIFICAR LAS SIGUIENTES ETAPAS BÁSICAS: PRECIPITACIÓN, INFILTRACIÓN, ESCURRIMIENTO Y EVAPORACIÓN; DE ÉSTAS ETAPAS NO ES POSIBLE ESTABLECER CUAL ES LA QUE DA ORIGEN AL CICLO. EN LA FIGURA 1.1 SE MUESTRAN LAS ETAPAS QUE CONFORMAN EL CICLO HIDROLÓGICO.

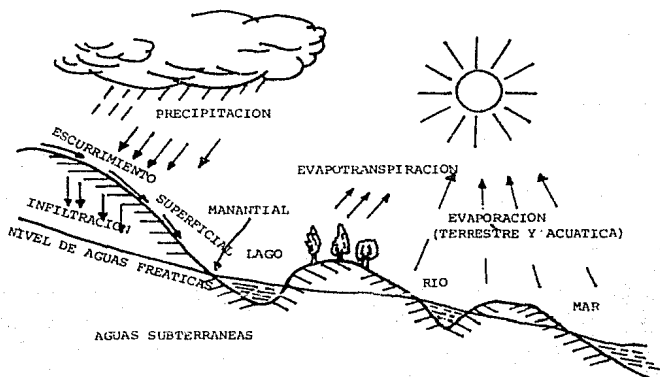


FIGURA 1.1. CICLO HIDROLÓGICO

1.1.1. PRECIPITACIÓN .

LA PRECIPITACIÓN ES EL AGUA QUE, PROVENIENTE DE LA ATMÓSFERA, RECIBE LA SUPERFICIE TERRESTRE EN CUALQUIER ESTADO FÍSICO . PARA QUE SE ORIGINE LA PRECIPITACIÓN ES NECESARIO QUE UNA PARTE DE LA ATMÓSFERA SE ENFRÍE HASTA QUE EL AIRE SE SATURE CON EL VAPOR DE AGUA, ORIGINÁNDOSE LA CONDENSACIÓN DEL VAPOR ATMOSFÉRICO , EL ENFRÍAMIENTO DE LA ATMÓSFERA SE LOGRA POR LA ELEVACIÓN DEL AIRE , EL AIRE HÚMEDO TIENDE A ASCENDER PRINCIPALMENTE POR LAS SIGUIENTES CAUSAS ; 1) CORRIENTES DE CONVECCIÓN, LO QUE ORIGINA LAS LLUVIAS CONVECTIVAS, 2) OROGRAFÍA, POR LA PRESENCIA DE COLINAS Y MONTAÑAS LO QUE DA ORIGEN A LAS LLUVIAS OROGRÁFICAS Y 3) CIRCULACIÓN CICLÓNICA PARA GENERAR LLUVIAS CICLÓNICAS .

LA MAGNITUD DE LA PRECIPITACIÓN SE MIDE EN TÉRMINOS DE LA ALTURA DE LÁMINA DE AGUA Y SE EXPRESA COMÚNMENTE EN MILÍMETROS, LOS APARATOS DE MEDICIÓN SE CLASIFICAN DE ACUERDO CON EL REGISTRO DE LAS PRECIPITACIONES EN PLUVIÓMETROS Y PLUVIÓGRAFOS, (VER FIGURA 1.2) .

1.1.2. INFILTRACIÓN .

DEL AGUA QUE SE PRECIPITA SOBRE LA FAZ DE LA TIERRA, UNA PARTE SE INFILTRA EN EL SUBSUELO, UNA PORCIÓN DE ÉSTA ES RETENIDA CERCA DE LA SUPERFICIE, DE DONDE ALGUNA CANTIDAD SE EVAPORA DIRECTAMENTE Y OTRA ES TOMADA POR LA VEGETACIÓN, PARA SER RETORNADA A LA ATMÓSFERA POR EVAPOTRANSPIRACIÓN . EL REMANENTE SE INFILTRA, POR GRAVEDAD HASTA ALCANZAR EL NIVEL FREÁTICO Y UNIRSE AL DEPÓSITO SUBTERRÁNEO EN EL INTERIOR DEL SUBSUELO .

LA CANTIDAD DE AGUA QUE SE INFILTRA HACIA EL INTERIOR DEL SUBSUELO ESTÁ CONDICIONADA ENTRE OTROS POR LOS SIGUIENTES FACTORES: LAS CARACTERÍSTICAS DE DISTRIBUCIÓN Y DURACIÓN DE LA LLUVIA, LA PERMEABILIDAD HIDRÁULICA DEL TERRENO, LA TURBIDEZ DEL AGUA ASOCIADA A LA CANTIDAD DE MATERIAL SÓLIDO ARRASTRADO POR EFECTO DE LA EROSIÓN, LA HUMEDAD DEL SUELO, LA CAPA VEGETAL QUE CUBRE LA SUPERFICIE DEL TERRENO Y LA PENDIENTE SUPERFICIAL .

PARA MEDIR LA INFILTRACIÓN DE UN SUELO SE USAN LOS INFILTRÓMETROS, QUE SIRVEN PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN EN PEQUEÑAS ÁREAS-CERRADAS, APLICANDO ARTIFICIALMENTE AGUA AL SUELO. LOS INFILTRÓMETROS SE PUEDEN DIVIDIR EN DOS GRANDES GRUPOS; DE CARGA CONSTANTE Y SIMULADOS DE LLUVIA. (VER FIGURA 1.2) .

1.1.3. ESCURRIMIENTO.

SE CONOCE COMO ESCURRIMIENTO A LA PARTE DE LA PRECIPITACIÓN QUE ES DRENADA POR LAS CORRIENTES DE LA CUENCA HASTA SU SALIDA. EL AGUA QUE FLUYE POR LAS CORRIENTES PROVIENE DE DIVERSAS FUENTES, DE AHÍ QUE EL ESCURRIMIENTO SE CONSIDERE COMO SUPERFICIAL, SUBSUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO.

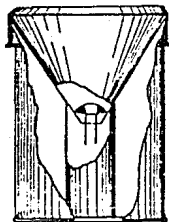
EL SUPERFICIAL ES AQUEL QUE PROVIENE DIRECTAMENTE DE LA PRECIPITACIÓN NO INFILTRADA Y QUE ESCURRE SOBRE LA SUPERFICIE DEL SUELO Y LA RED DE DRENAJE HASTA SALIR DE LA CUENCA, SU EFECTO SOBRE EL ESCURRIMIENTO TOTAL ES DIRECTO Y SOLO EXISTIRÁ DURANTE UNA TORMENTA E INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE QUE ÉSTA CESE.

EL SUBSUPERFICIAL SE DEBE A LA PRECIPITACIÓN INFILTRADA EN LA SUPERFICIE DEL SUELO, PERO QUE SE MUEVE LATERALMENTE SOBRE EL HORIZONTE SUPERIOR DEL MISMO, ESTO OCURRE CUANDO EXISTE UN ESTRATO IMPERMEABLE PARALELO A LA SUPERFICIE DEL SUELO; SU EFECTO PUEDE SER INMEDIATO O RETARDADO DEPENDIENDO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.

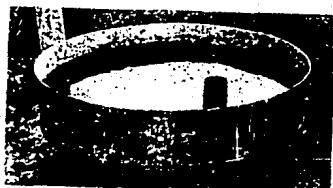
EL ESCURRIMIENTO SUBTERRÁNEO ES EL QUE PROVIENE DEL AGUA SUBTERRÁNEA, LA CUAL ES RECARGADA POR LA PARTE DE LA PRECIPITACIÓN QUE SE INFILTRA A TRAVÉS DEL SUELO, UNA VEZ QUE ÉSTE SE HA SATURADO.

1.1.4. EVAPORACIÓN

EL AGUA REGRESA A LA ATMÓSFERA A TRAVÉS DE LAS ACCIONES DE EVAPORACIÓN Y TRANSPIRACIÓN, LA EVAPORACIÓN ES EL PROCESO POR EL CUAL LAS MOLÉCULAS DEL AGUA CONTENIDAS EN EL DEPÓSITO Ó EN LA TIERRA HÚMEDA, ADQUIEREN SUFICIENTE ENERGÍA CINÉTICA DEBIDO A LA RADIACIÓN SOLAR, Y PASAN DEL ESTADO LÍQUIDO AL GASEOSO. UN AUMENTO EN LA TEMPERATURA DEL AGUA



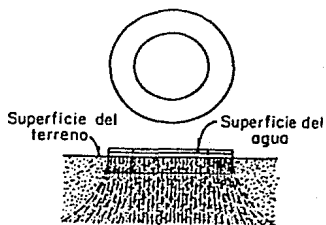
A)



C)



B)



D)

FIGURA 1.2 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN ; A) PLOUVIÓMETRO ,B) PLOUVIÓGRAFO, C) INFILTRÓMETRO Y D) EVAPORÍMETRO .

ORIGINA UNA MAYOR EVAPORACIÓN, YA QUE SE INCREMENTA LA VELOCIDAD DE LAS MOLÉCULAS DEL AGUA Y DISMINUYE LA TENSIÓN SUPERFICIAL.

LOS PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN LA EVAPORACIÓN SON LA DIFERENCIA - ENTRE LA PRESIÓN DE VAPOR DE LA MASA DE AGUA Y LA EXISTENTE EN EL AIRE- SOBRE LA SUPERFICIE DE LA MISMA, LA TEMPERATURA DEL AIRE Y DEL AGUA, LA VELOCIDAD DEL VIENTO, LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA Y LA CALIDAD DEL AGUA. LA MEDICIÓN DEL GRADO DE EVAPORACIÓN EN UNA REGIÓN SE PUEDE HACER EN FORMA DIRECTA USANDO UN EVAPORÍMETRO. (VER FIGURA 1.2) .

1.2. FUENTES SUBTERRANEAS.

UNA PORCIÓN DE LAS AGUAS QUE SE PRECIPITAN SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE, SE INFILTRAN A TRAVÉS DE GRIETAS Y FISURAS HACIA EL INTERIOR DEL SUBSUELO, LAS GRIETAS Y PASAJES EXISTENTES EN LAS FORMACIONES ROCOSAS, PERMITEN QUE LAS AGUAS PENETREN A SUFICIENTE PROFUNDIDAD HASTA ALCANZAR EL NIVEL FREÁTICO. EN EL INTERIOR DEL SUBSUELO LAS AGUAS SE ENCUENTRAN AGRUPADAS EN DIFERENTES ESTRATOS CADA UNO CON CARACTERÍSTICAS PARTICULARES. EN LA FIGURA 1.3 EN UN CORTE TÍPICO SE INDICAN LAS CONDICIONES EN QUE SE ENCUENTRA EL AGUA BAJO LA SUPERFICIE DEL SUELO.

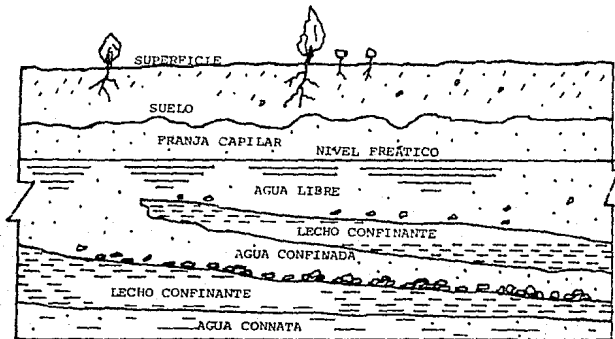


FIGURA 1.3 DIVISIÓN DE LAS AGUAS SUBSUPERFICIALES.

LA CAPA SUPERIOR SITUADA POR ENCIMA DEL NIVEL FREÁTICO ES CONOCIDA COMO ZONA DE AEREACIÓN O NO SATURADA, ESTO ES PORQUE EN ELLA SUS ESPACIOS Ó - POROS ESTÁN PARCIALMENTE OCUPADOS POR AIRE Y AGUA; INMEDIATAMENTE POR ABAJO DE LA SUPERFICIE DEL SUELO ESTAN CONTENIDAS LAS AGUAS UTILIZADAS -- POR LA VEGETACIÓN Y LAS PLANTAS, POR ABAJO DE ÉSTAS SE LOCALIZA UNA FRANJA DENOMINADA PELICULAR, EN DONDE EL AGUA SE ENCUENTRA ADHERIDA A LAS -- PARTÍCULAS DE SUELO, POSTERIORMENTE SE UBICA UNA FRANJA DE AGUA VADOSA, EN ÉSTA POR LA ACCIÓN DE LA GRAVEDAD EL AGUA SE DESPLAZA UNIFORME HACIA EL INTERIOR DEL SUBSUELO, EL AGUA SUSPENDIDA CONOCIDA TAMBIÉN COMO CAPILAR SE ENCUENTRA AL FONDO DE LA ZONA DE AEREACIÓN, ESTA FRANJA ESTÁ DII-- RECTAMENTE EN FUNCIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO, LA CUAL PERMITE QUE EL -- AGUA ASCIENDA DESDE EL NIVEL FREÁTICO POR EL EFECTO DE CAPILARIDAD.

LA CAPA INFERIOR ES CONOCIDA COMO ZONA SATURADA PRECISAMENTE PORQUE SUS POROS ESTÁN TOTALMENTE CUBIERTOS POR AGUA, ESTA ZONA TIENE COMO LÍMITE - SUPERIOR LA LÍNEA DE SUPERFICIE DEL AGUA LLAMADA NIVEL FREÁTICO, POR LO QUE TAMBIÉN SE CONOCEN COMO AGUAS FREÁTICAS. EN ÉSTA ZONA LA FRANJA SUPERIOR CORRESPONDE A LAS AGUAS LIBRES LAS CUALES TIENEN UN DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL ACORDE CON LA PENDIENTE DEL NIVEL FREÁTICO, POR ABAJO DE - ÉSTA SE LOCALIZAN LAS AGUAS CONFINADAS, DICHAS AGUAS SE ENCUENTRAN BAJO UN ESTRATO DE MATERIAL IMPERMEABLE, LO QUE OCASIONA QUE ESTEN EN CONDICIO NES DE PRESIÓN, EL AGUA SUBTERRÁNEA FIJA SE LOCALIZA EN EL INTERIOR DE LECHOS CONFINANTES ENTRE LAS ABERTURAS SUBCAPILARES DE BARROS Y ARCILLAS, ALMACENADA E INDEPENDIENTE DE LA ACCIÓN DE LA GRAVEDAD; AL FONDO Y ATRAPADA EN EL INTERIOR DE LAS ROCAS DURANTE SU FORMACIÓN SE UBICAN LAS A - GUAS CONOCIDAS COMO CONNATAS.

EL AGUA SUBTERRÁNEA ES AQUELLA QUE OCUPA TODOS LOS VACÍOS DENTRO DE UN - ESTRATO GEOLÓGICO Y SE UBICA FUNDAMENTALMENTE POR DEBAJO DEL NIVEL FREÁTICO. LA MAYOR CANTIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA PROVIENE DE LA INFILTRACIÓN A TRAVÉS DE LOS DIFERENTES ESTRATOS DEL SUELO, AUNQUE UNA MÍNIMA PARTE - DE LA MISMA PUEDE TENER OTROS ORIGENES.

EL PROCESO POR MEDIO DEL CUAL SE INCREMENTA EL VOLÚMEN DE AGUA SUBTERRÁNEA SE CONOCE COMO RECARGA Y OCURRE PRINCIPALMENTE EN ÉPOCA DE LLUVIAS. EL AGUA SUBTERRÁNEA SE MUEVE POR EFECTO DE LA GRAVEDAD A TRAVÉS DE LAS -

FORMACIONES PERMEABLES Y AFLORA EN LA SUPERFICIE DEL SUELO ALIMENTANDO A RÍOS Y LAGOS, SIEMPRE Y CUANDO SU NIVEL FREÁTICO SEA SUPERIOR A LA PLAYA .

1.2.1. ACUÍFEROS .

LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS QUE PUEDEN SER UTILIZADAS COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO ESTÁN LOCALIZADAS EN FORMACIONES GEOLÓGICAS PERMEABLES CONOCIDAS CON EL NOMBRE DE ACUÍFEROS, LOS ACUÍFEROS PUEDEN CONSIDERARSE COMO DEPÓSITOS O ALMACENAMIENTOS DE AGUA, LA RECARGA DE ESTOS DEPÓSITOS PUEDE SER NATURAL O ARTIFICIAL Y EL AGUA PUEDE RETORNAR A LA SUPERFICIE POR MEDIO DEL AFLORAMIENTO EN MANANTIALES O MEDIANTE LA EXTRACCIÓN EN UN POZO . -- LOS ACUÍFEROS SE CLASIFICAN EN CONFINADOS Y NO-CONFINADOS, DEPENDIENDO DE LA PRESENCIA O NO DEL NIVEL FREÁTICO . EN EL ACUÍFERO NO-CONFINADO, EL NIVEL FREÁTICO ES LA FRONTERA SUPERIOR DE LA ZONA DE SATURACIÓN . LOS CONFINADOS, TAMBIÉN CONOCIDOS COMO ARTESIANOS, SE ORIGINAN DONDE EL AGUA SUBTERRÁNEA ESTA SUJETA A UNA PRESIÓN MAYOR QUE LA ATMOSFÉRICA DEBIDO A LA PRESENCIA DE UN ESTRATO RELATIVAMENTE IMPERMEABLE, EN LA FIGURA 1.4 - SE MUESTRAN LAS CARACTERÍSTICAS DE AMBOS TIPOS DE ACUÍFEROS .

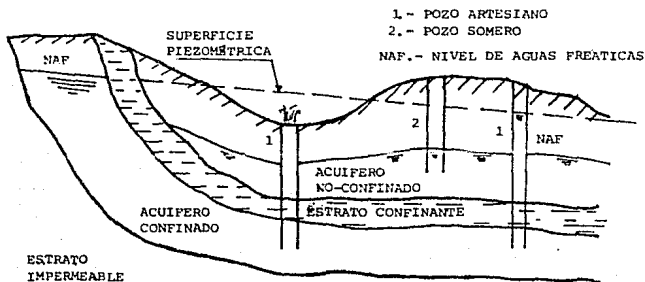


FIGURA 1.4 ACUÍFEROS CONFINADOS Y NO-CONFINADOS .

LA RECARGA Ó DESCARGA DE UN ACUIFERO REPRESENTA UN CAMBIO EN EL VOLÚMEN ALMACENADO DENTRO DEL MISMO, PARA UN ACUIFERO NO CONFINADO, ESTO SE PUEDE EXPRESAR POR EL PRODUCTO DEL VOLÚMEN DEL ACUIFERO COMPRENDIDO ENTRE EL NIVEL FREÁTICO AL INICIO Y AL FINAL DE UN PERÍODO DE TIEMPO Y EL RENDIMIENTO ESPECIFICO PROMEDIO DE LA FORMACIÓN. PARA EL CASO DE UN ACUIFERO CONFINADO, COMO SE SUPONE QUE ÉSTE PERMANECE SATURADO Y QUE UN CAMBIO EN EL VOLÚMEN DE ALMACENAJE ORIGINA VARIACIONES DE PRESIÓN, LA CAPACIDAD DEL RENDIMIENTO DE AGUA PUEDE EXPRESARSE EN TÉRMINOS DE SU COEFICIENTE DE ALMACENAJE.

DIVERSOS SON LOS FACTORES QUE DETERMINAN LA CANTIDAD DE AGUA QUE SE INFILTRA HACIA EL INTERIOR DEL SUBSUELO PARA TRANSFORMARSE EN AGUA SUBTERRÁNEA, LA PERMEABILIDAD DEL TERRENO, LOS SÓLIDOS ARRASTRADOS POR EFECTO DE LA EROSIÓN, LAS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LA PRECIPITACIÓN, LA HUMEDAD Y LA ESTRUCTURA DEL SUELO; ENTRE OTROS. ESTOS FACTORES Y LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DEL MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA, SON ANALIZADAS CON MAYOR DETALLE EN EL SEGUNDO CAPÍTULO DEL PRESENTE TRABAJO.

1.3. FUENTES SUPERFICIALES

EL AGUA PROVENIENTE DE LA ATMÓSFERA PUEDE CAER EN FORMA DE LLUVIA, NIEVE, BRISA Ó ALGUNA OTRA FORMA DE PRECIPITACIÓN METEOROLÓGICA, CUANDO EL AGUA EN CUALQUIERA DE SUS FORMAS CAE SOBRE LA SUPERFICIE CONTINENTAL ALGUNA PARTE DE ELLA TIENDE A EVAPORARSE, OTRA SE INFILTRA HACIA EL INTERIOR DEL SUELO, LA RESTANTE CORRE POR ENCIMA DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO PARA SER COLECTADA EN LAS DEPRESIONES Y FORMAR DEPÓSITOS, ESTANQUES Y CORRIENTES.

CUANDO LA CAPACIDAD DEL SUELO PARA RETENER AGUA ES SATURADA O LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO EN EL ÁREA DE ESTANQUES Y DEPÓSITOS ES INSUFICIENTE PARA RETENER EL AGUA ALMACENADA EN ELLOS EL AGUA EXCEDENTE TIENDE A FLUIR POR ENCIMA DE LA SUPERFICIE DEL SUELO, EL AGUA QUE SE ENCUNTRA YA SEÁ EN FORMA ESTÁTICA Ó EN MOVIMIENTO POR ENCIMA DE LA SUPERFICIE CONTINENTAL Y DIRECTAMENTE EN CONTACTO CON LA ATMÓSFERA ES CONOCI

DA COMO SUPERFICIAL.

1.3.1. CLASIFICACIÓN.

DE ACUERDO A SUS CARACTERÍSTICAS, LAS FUENTES DE AGUAS SUPERFICIALES NATURALES QUE SON UTILIZADAS COMUNMENTE, PUEDEN SER ENMARCADAS EN TRES AMPLIOS GRUPOS:

A). CORRIENTES PERENNES.

SON AQUELLOS CAUCES QUE SIEMPRE CONTIENEN AGUA Y NO SÓLO EN ÉPOCA DE LLUVIAS, YA QUE DURANTE LA TEMPORADA DE ESTIAJE SON ABASTECIDAS CONTINUAMENTE POR LOS AFLORAMIENTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA, CUYO NIVEL FREÁTICO SE LOCALIZA POR ENCIMA DEL FONDO DEL CAUCE.

B). CORRIENTES INTERMITENTES.

SON AQUELLOS CAUCES QUE CONDUCEN AGUA DURANTE LA MAYOR PARTE - DEL AÑO PERO PRINCIPALMENTE DURANTE LA TEMPORADA DE LLUVIAS, - SU APORTE CESA CUANDO EL NIVEL FREÁTICO DESCENDE POR ABAJO DEL FONDO DEL CAUCE.

C). DEPÓSITOS NATURALES.

SON DEPRESIONES DEL TERRENO QUE PERMANECEN COMO ALMACENAMIENTOS PUEDEN SER ABASTECIDOS POR MEDIO DE LA PRECIPITACIÓN DIRECTA, - POR EL ESCURRIMIENTO DEL AGUA SOBRE LA SUPERFICIE, O BIEN POR EL AFLORAMIENTO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS, POR LO QUE EN ESTE CASO, MANTIENE EL MISMO NIVEL QUE EL NIVEL FREÁTICO.

EN LA FIGURA 1.5 SE PUEDEN APRECIAR EN FORMA ESQUEMÁTICA LOS DIFERENTES TIPOS DE AGUAS SUPERFICIALES.

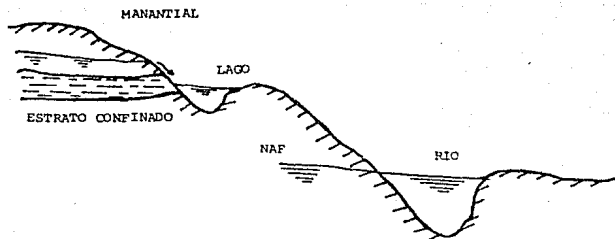


FIGURA 1.5 FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL.

LAS CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES EN EL FLUJO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES SE ANALIZAN MÁS AMPLIAMENTE EN EL CAPÍTULO SEGUNDO.

1.4. FUENTES ALTERNAS.

LAS FUENTES PARA EL ABASTECIMIENTO QUE AQUÍ HEMOS DENOMINADO COMO FUENTES ALTERNAS, LAS CONSTITUYEN AQUELLAS AGUAS QUE AÚN NO HAN SIDO UTILIZADAS - EN FORMA MASIVA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE. ESTO SE DEBE PRINCIPALMENTE A QUE SU UTILIZACIÓN NO PUEDE SER DIRECTA, SINO QUE SE REQUIERE DE UN TRATAMIENTO PREVIO, OBTENIENDOSE BAJOS RENDIMIENTOS A COSTOS MUY ELE VADOS. DENTRO DE ÉSTAS PODEMOS CITAR A LAS AGUAS SALADAS CONTENIDAS EN MARES Y OCEANOS, LAS AGUAS PLUVIALES PROVENIENTES DIRECTAMENTE DE LA ATMÓSFERA, LAS AGUAS PRODUCTO DEL DESHIELO EN LAS REGIONES HELADAS DEL PLANETA Y LAS AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN DOMÉSTICO.

1.4.1. AGUAS SALADAS

COMO MENCIONAMOS AL INICIO DE ESTE CAPÍTULO, LOS VOLÚMENES DE AGUAS SALADAS CONTENIDAS EN LOS MARES Y OCEANOS, SON DE TAL MAGNITUD QUE CONSTITUYEN UNA VERDADERA RIQUEZA, COLDCÁNDOSLOS COMO UNA IMPORTANTE FUENTE POTENCIAL PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE. LAS AGUAS SALADAS HAN SIDO UTILIZADAS DESDE HACE MUCHOS AÑOS EN SUSTITUCIÓN DE LAS AGUAS DULCES, - INCLUSO PARA CONSUMO HUMANO, SOBRE TODO EN AQUELLAS COMUNIDADES ALEJADAS DE LA CIVILIZACIÓN Y EN LAS EMBARCACIONES QUE SURCAN POR LOS MARES, EMPLEANDO ALGUNOS PROCESOS QUE INCLUYEN PRINCIPALMENTE LA DECANTACIÓN Y FILTRACIÓN, SE LLEGÓ A OBTENER AGUA DE BUENA CALIDAD, SIN EMBARGO HASTA HACE POCOS AÑOS NO SE HABÍA CONSIDERADO ADECUADO SUMINISTRAR AGUA EN GRANDES CANTIDADES, DEBIDO A LOS ALTOS COSTOS Y BAJO RENDIMIENTO QUE ESTOS PROCESOS REPRESENTAN.

ACTUALMENTE EN ALGUNAS COMUNIDADES DE E.E.U.U, MÉXICO, ISRAEL Y PAÍSES ÁRABES, SE HAN INSTALADO PLANTAS QUE MEDIANTE PROCESOS FÍSICO-QUÍMICOS OBTIENEN AGUA POTABLE PARA EL CONSUMO DE SU POBLACIÓN. LOS MÉTODOS EMPLEADOS EN ESTAS PLANTAS SE CONOCEN COMO ELECTRODIÁLISIS Y OSMOSIS INVERSA, SIENDO ESTE ÚLTIMO EL MAYORMENTE UTILIZADO, YA QUE SE HAN OBSERVADO MEJORES CONDICIONES DE OPERACIÓN Y BUENOS RESULTADOS A BAJO COSTO.

EN NUESTRO PAÍS SE HAN CONSTRUIDO 13 PLANTAS DE OSMOSIS INVERSA CON UN CAUDAL DE 2300 M³/D, QUE ABASTECEN A UNA POBLACIÓN DE APROXIMADAMENTE 1300 HABITANTES, PERTENECIENTES A COMUNIDADES RURALES EN LOS ESTADOS DE BAJA CALIFORNIA, BAJA CALIFORNIA SUR, COAHUILA Y SONORA.

ESTO HACE VER QUE EN UN FUTURO NO MUY LEJANO ES POSIBLE EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE A POBLACIONES DE MAYOR TAMAÑO, A PARTIR DE AGUAS SALADAS.

1.4.2 AGUAS PLUVIALES.

LAS AGUAS PLUVIALES PROVENIENTES DIRECTAMENTE DE LA ATMÓSFERA CONSTITUYEN OTRA ALTERNATIVA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE. EN AQUELLAS ZG

NAS RURALES EN QUE POR SU LEJANÍA DE LAS ZONAS URBANAS NO SE CUENTA CON AGUA POTABLE ENTUBADA, DURANTE LA ÉPOCA DE LLUVIAS, SE COLECTA EL AGUA ACUMULADA EN TECHOS Y AZOTEAS Y POSTERIORMENTE ES UTILIZADA PARA SERVICIOS DE LAVADO Y ASEO. EN ALGUNOS CASOS DESPUÉS DE UN PROCESO RÚSTICO DE DECANTACIÓN, FILTRADO Y HERVIDO SE UTILIZA PARA CONSUMO PERSONAL.

1.4.3, AGUAS DE DESHIELO.

EN LAS REGIONES HELADAS DEL PLANETA, EN AQUELLOS ASENTAMIENTOS AISLADOS-DISTANTES DE LA CIVILIZACIÓN, LAS AGUAS PRODUCTO DEL DESHIELO SON UTILIZADAS EN FORMA HABITUAL PARA LA SATISFACCIÓN DE SERVICIOS Y NECESIDADES-DEL HOMBRE. EN NUESTRO PAÍS NO SE TIENEN ESTAS CONDICIONES CLIMÁTICAS - YA QUE LA MAYOR PARTE DEL AÑO EL CLIMA PERMANECE TEMPLADO, SIN EMBARGO - EN LOS PAÍSES EN QUE SE TIENEN CONDICIONES SIMILARES A LAS ANTERIORMENTE ANOTADAS, ESTE RECURSO REPRESENTA UNA VERDADERA ALTERNATIVA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

1.4.4, AGUAS RESIDUALES.

LAS AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN DOMÉSTICO REPRESENTAN ACTUALMENTE OTRA - FUENTE POTENCIAL PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. LAS INVESTIGACIONES REALIZADAS EN DIVERSOS LUGARES DEL MUNDO, DEMUESTRAN QUE MEDIANTE EL PROCESO DE ÓSMOSIS INVERSA, EN COMBINACIÓN CON UN TRATAMIENTO PRIMARIO Y/O SECUNDARIO CONVENCIONAL, SE PUEDE OBTENER UN EFLUENTE DE MAYOR CALIDAD. HASTA EL MOMENTO EL EFLUENTE OBTENIDO SOLO HA SIDO UTILIZADO - COMO AGUA DE RIEGO, LO QUE HA MEJORADO ALTAMENTE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA. EN EL ESTADO DE CALIFORNIA EN LOS E.E.U.U. EL EFLUENTE OBTENIDO DE ESTE PROCEDIMIENTO SE HA UTILIZADO PARA LA RECARGA DE LOS ACUÍFEROS DE LA LOCALIDAD, CON ELLO SE HA LOGRADO PROTEGER A ÉSTOS DE LOS EFECTOS DE LA SOBRE-EXPLOTACIÓN Y EVITADO, EN ALGUNOS CASOS, LA INTRUSIÓN SALINA DEL OCEANO.

EN NUESTRO PAÍS EXISTEN ALGUNAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS - EN DONDE MEDIANTE PROCESOS FÍSICO-QUÍMICOS, SE TRATAN LAS AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES, OBTENIENDO UN EFLUENTE DE CALIDAD ADECUADA QUE PERMITE-

SU UTILIZACIÓN PARA RIEGO DE ÁREAS VERDES Y RECREATIVAS Y ALGUNOS OTROS-
USOS COMO LAVADO DE AUTOS Y BANQUETAS,

POR LO DESCRITO ANTERIORMENTE ES POSIBLE PENSAR QUE EN UN FUTURO SEA PO-
SIBLE OBTENER AGUA PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE EL AGUA RESIDUAL.

CAPITULO SEGUNDO

II. ESTUDIOS BASICOS PARA DEFINIR LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO.

LA ESCASÉS DE FUENTES ADECUADAS PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE ES UN PROBLEMA QUE ACTUALMENTE SE VIVE EN DIFERENTES CIUDADES DEL MUNDO. EN NUESTRO PAÍS NO ES LA EXCEPCIÓN, HOY EN DÍA EN DIVERSAS CIUDADES DE LA REPÚBLICA MEXICANA SE PRESENTAN PROBLEMAS DE ESCASÉS DE AGUA DE BUENA CALIDAD QUE PERMITA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL DE LA POBLACIÓN. EL USO IRRACIONAL DEL AGUA, LA SOBREEXPLOTACIÓN DE LAS FUENTES DE APROVISIONAMIENTO Y EL DERROCHE INDISCRIMINADO DE QUE ES OBJETO EL VITAL LÍQUIDO, SON ALGUNOS DE LOS PRINCIPALES FACTORES QUE HAN PROPICIADO EL AGOTAMIENTO DE TAN PRECIADO RECURSO.

LA REALIZACIÓN DE UNA PLANEACIÓN INTEGRAL QUE DEFINA NO SÓLO LA ESTRATEGIA DE EXPLOTACIÓN SINO TAMBIÉN LAS POLÍTICAS Y PRIORIDADES PARA LA UTILIZACIÓN Y EL CONSUMO DEL AGUA, PERMITIRÁ UN APROVECHAMIENTO REAL DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO Y LA CONSERVACIÓN DE TAN IMPORTANTE RECURSO. LA PLANEACIÓN DEBERÁ-

EJECUTARSE A PARTIR DE LOS RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS DE CAMPO Y DE GABINETE QUE PROPORCIONEN UN CONOCIMIENTO PROFUNDO - DE SU COMPORTAMIENTO, CON BASE EN LAS CARACTERÍSTICAS QUE DEFINAN LA POTENCIALIDAD DE SUMINISTRO DE CADA UNA DE LAS FUENTES DE APROVISIONAMIENTO. LOS ESTUDIOS BÁSICOS QUE SE REALIZAN PARA DETERMINAR Ó SELECCIONAR LA FUENTE MÁS ADECUADA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, SE ENFOCAN A DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS, GEOLÓGICAS E HIDRÁULICAS, LO QUE A SU VEZ CONTRIBUYE PARA DEFINIR LA EXTENSIÓN, - SU CAPACIDAD Y EL VOLUMEN QUE ES CAPAZ DE SUMINISTRAR.

2.1. CLASIFICACION DE LOS ESTUDIOS.

TODO ESTUDIO SOBRE FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEBERÁ CONTEMPLAR COMO OBJETIVO FUNDAMENTAL, EL DETERMINAR - SUS CARACTERÍSTICAS BÁSICAS, TALES QUE PERMITAN DEFINIR, CON EL MAYOR GRADO DE CONFIABILIDAD EL COMPORTAMIENTO QUE TENDRÁ DURANTE LA FASE DE EXPLOTACIÓN, SU CAPACIDAD Y SU POTENCIALIDAD DE SUMINISTRO. DE ACUERDO CON EL NIVEL DE PROFUNDIZACIÓN EN EL CONOCIMIENTO DE SUS CARACTERÍSTICAS, LOS ESTUDIOS SE CLASIFICAN COMO: ESTUDIOS DE RECONOCIMIENTO, ESTUDIOS DE CUANTIFICACIÓN Y ESTUDIOS DE DETALLE.

2.1.1. ESTUDIOS DE RECONOCIMIENTO.

CONOCIDOS TAMBIÉN COMO ESTUDIOS PRELIMINARES, CONSISTEN EN LOCALIZAR LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO, IDENTIFICANDO LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA REGIÓN POR MEDIO DE LA FOTO INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA, ADEMÁS DE OBTENER UNA ESTIMACIÓN GLOBAL DE SU EXTENSIÓN, SE IDENTIFICAN LAS ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA, ASÍ COMO SUS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS COMO LA PERMEABILIDAD Y SU COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO. POR SER UN ESTUDIO DE NIVEL MUY SOMERO, ES RECOMENDABLE UTILIZARLO SÓLO COMO APOYO EN LA EJECUCIÓN DE UN ESTUDIO MÁS PROFUNDO.

2.1.2. ESTUDIOS DE CUANTIFICACIÓN.

SE ENCAUSAN PRINCIPALMENTE A LA CUANTIFICACIÓN DE LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA RELACIÓN DEL BALANCE DEL AGUA, TANTO SUPERFICIAL COMO SUBTERRÁNEA. ADEMÁS SE OBTIENE UN CONOCIMIENTO MÁS DETALLADO DE LAS FRONTERAS QUE LIMITAN LA FUENTE Y DE LA CALIDAD DE SU AGUA. PARA LOGRAR ESTO DEBERÁ CONTARSE CON LOS SIGUIENTES ESTUDIOS BÁSICOS:

- A) ESTUDIOS GEOLÓGICOS.
- B) ESTUDIOS GEOFÍSICOS.
- C) PLANOS DE CURVAS EQUIPIEZOMÉTRICAS Y CURVAS - DE PROFUNDIDAD AL NIVEL FREÁTICO.
- D) AFORO DE LAS CORRIENTES SUPERFICIALES.
- E) ESTUDIOS DE HIDROLOGÍA SUPERFICIAL.
- F) ESTIMACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE EXTRACCIÓN Y - SU DISTRIBUCIÓN ESPACIAL.
- G) DATOS DE TRANSMISIVIDAD DE LA FUENTE.
- H) ESTUDIOS HIDROGEOQUÍMICOS DEL AGUA.

LOS ESTUDIOS DE CUANTIFICACIÓN DEBEN INCLUIR UN DIAGNÓSTICO-SOBRE LA SITUACIÓN EN QUE SE ENCUENTRA LA FUENTE, INCLUYENDO RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE LA FORMA PARTICULAR DE EXPLORACIÓN PARA CADA DEMANDA ESPECÍFICA, ASÍ COMO UN PROGRAMA DE MEDICIONES PERIÓDICAS QUE PERMITAN OBSERVAR SU COMPORTAMIENTO Y MANTENER LA POSIBILIDAD DE ESTUDIOS POSTERIORES.

2.1.3. ESTUDIOS DE DETALLE.

LOS ESTUDIOS DE DETALLE SE ENFOCAN HACIA EL CONOCIMIENTO PROFUNDO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA FUENTE, PARA ELLO SE DEBERÁ AMPLIAR EL ÁREA DE LAS EXPLORACIONES GEOLÓGICAS Y-GEOFÍSICAS DENTRO DE LA REGIÓN. ADEMÁS PROPORCIONAN UN CONOCIMIENTO DETALLADO DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS COMO -

SU ALMACENAMIENTO Y TRANSMISIVIDAD. TAMBIÉN SE CONTEMPLA LA RECOPILOCIÓN Y EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE LOS NIVELES PIEZOMÉTRICOS Y DE LA CALIDAD DEL AGUA, ANÁLISIS QUE DEBEN RELACIONARSE CON LA HISTORIA DE VOLÚMENES DE BOMBEO, CON LOS ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES, CON LAS LLUVIAS Y CON TODOS AQUELLOS MEDIOS CON QUE SE TENGA INTERCAMBIO DE AGUA.

A PARTIR DEL CONOCIMIENTO QUE SE OBTENGA DE LOS ASPECTOS ANTES MENCIONADOS, SERÁ SENCILLO FORMULAR Y CALIBRAR UN MODELO MATEMÁTICO QUE PERMITA SIMULAR EL COMPORTAMIENTO DE LA FUENTE BAJO DIFERENTES CONSIDERACIONES Y EN CUALQUIER ETAPA DE SU EXPLOTACIÓN.

2.2. GEOLOGIA SUBTERRÁNEA.

EN EL ESTUDIO DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE TIPO SUBTERRÁNEO, EL CONOCIMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS DIFERENTES FORMACIONES GEOLÓGICAS QUE LAS LIMITAN O LAS CONFORMAN ES DE GRAN IMPORTANCIA. A PARTIR DE DICHO CONOCIMIENTO, SE LOGRA UN INSTRUMENTO ESENCIAL EN LA PROSPECCIÓN DEL AGUA-SUBTERRÁNEA, TANTO PARA DEFINIR LA POSICIÓN Y EL ESPESOR DE LOS MANTOS ACUÍFEROS COMO PARA OBTENER LA CONTINUIDAD DE LAS CAPAS CONFINANTES.

2.2.1. FORMACIONES GEOLÓGICAS.

EN MÉXICO COMO EN LA MAYOR PARTE DEL MUNDO, LOS ACUÍFEROS -- QUE TIENEN EL MAYOR RENDIMIENTO SE LOCALIZAN SOBRE SEDIMENTOS NO ENDURECIDOS, EN SEDIMENTOS MARINOS KARSTIFICADOS Y EN ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS. A CONTINUACIÓN SE DA UNA DESCRIPCIÓN DEL COMPORTAMIENTO GEOHIDROLÓGICO DE CADA UNA DE LAS DIFERENTES FORMACIONES GEOLÓGICAS.

A) ROCAS IGNEAS.

LAS ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS, SE CARACTERIZAN PORQUE EN SU ES

TADO ORIGINAL POSEEN UNA TEXTURA DENSA, LO CUAL IMPLICA QUE TENGAN Poca POROSIDAD Y UNA BAJA PERMEABILIDAD, SIN EMBARGO CUANDO ESTAN EXPUESTAS A LOS EFECTOS DEL INTEMPERISMO Ó -- CUANDO ESTÁN SOMETIDAS A ESFUERZOS TECTÓNICOS, SUFREN FRAC-- TURACIONES, CON LO CUAL DICHAS PROPIEDADES SE INCREMENTAN.- UNA ZONA FRACTURADA PUEDE SER PERMEABLE Ó IMPERMEABLE DE -- ACUERDO CON EL TIPO DE MATERIAL CON QUE ÉSTAS SE RELLENEN.- LA FRACTURACIÓN DISMINUYE CONFORME A LA PROFUNDIDAD, A PARTIR DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO, POR LO QUE LAS ZONAS DE - CIRCULACIÓN DEL AGUA SON DE POCO ESPESOR. DE ESTE TIPO DE ROCAS EL BASALTO CONSTITUYE ACUÍFEROS DE ALTOS RENDIMIENTOS NO ASÍ LAS RIOLITAS CUYOS RENDIMIENTOS SON FRECUENTEMENTE - BAJOS.

ENTRE LAS ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS, SE INCLUYEN LAS COLA-- DADAS DE LAVA SOLIDIFICADAS EN LA SUPERFICIE, LOS PIROCLÁSTI-- COS PRODUCTO DE ERUPCIONES VIOLENTAS Y LOS DIGUES. LAS CO-- LADAS DE LAVA SE DISPONEN NORMALMENTE COMO MANTOS EXTENSOS-- DE ALGUNOS METROS DE ESPESOR, SIN EMBARGO SE ENCUENTRAN FOR-- MACIONES MUY POTENTES COMO CONSECUENCIA DE VARIAS COLADAS - SUPERPUESTAS. LOS BASALTOS SON MÁS FLUIDOS QUE LAS RIOLI-- TAS POR LO QUE FORMAN COLADAS MÁS DELGADAS QUE SE ENFRIAN - RÁPIDAMENTE Y FORMAN GRIETAS LO QUE LES DA POROSIDAD Y PER-- MEABILIDAD, COMUNMENTE LA PARTE SUPERIOR TIENDE A SER MÁS - PERMEABLE QUE LA INFERIOR.

LOS PIROCLÁSTICOS COMO CONGLOMERADOS, CENIZAS Y TOBAS VOLCA-- NICAS SON MÁS PERMEABLES ENTRE MENOS SOLDADOS ESTEN SUS GRA-- NOS, ES DECIR ENTRE MÁS FRÍO HAYA SIDO EL AMBIENTE DE SU DE-- PÓSITO.

B) ROCAS SEDIMENTARIAS.

ESTAS FORMACIONES SON PRODUCTO DEL DEPÓSITO DE FRAGMENTOS - DE OTRAS ROCAS QUE HAN SIDO INTEMPERISADAS, EROSIONADAS Y - TRANSPORTADAS POR DIFERENTES AGENTES, LAS DE DEPÓSITO RE--

CIENTE SE CONOCEN COMO NO ENDURECIDAS Y LAS QUE HAN ADQUIRIDO CEMENTACIÓN ENTRE SUS PARTÍCULAS SE LES DENOMINA ENDURECIDAS.

ENTRE LOS SEDIMENTOS NO ENDURECIDOS SE ENCUENTRAN LOS DEPÓSITOS DE BOLÉOS, GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS; LA AMPLIA VARIACIÓN EN SU GRANULOMETRÍA LES DA UN RANGO AMPLIO DE POROSIDAD Y PERMEABILIDAD. DE LAS FORMACIONES MÁS PERMEABLES DE ESTE TIPO ES DE DONDE MÁS AGUA SUBTERRÁNEA SE EXTRAE, YA QUE PRESENTAN UNA SERIE DE VENTAJAS, ENTRE LAS QUE DESTACAN QUE SON FÁCILES DE EXCAVAR Y QUE LOS NIVELES DEL AGUA SON POCO PROFUNDOS.

EN LOS VALLES DE ORIGEN FLUVIAL PREDOMINA EL MATERIAL GRUESO, ESTO SE DEBE A QUE LAS CORRIENTES ORIGINALMENTE SON DE ALTA PENDIENTE Y ARRASTRAN EL MATERIAL GRUESO DE SU CUENCA; POSTERIORMENTE AL IRSE RELLENANDO EL MATERIAL QUE SE VA DEPOSITANDO ES MÁS FINO. LAS INUNDACIONES Y LOS CAMBIOS DE POSICIÓN DEL CAUCE HACEN QUE LA ESTRATIGRAFÍA PRESENTE ALTERNADAMENTE CAPAS DE MATERIAL GRUESO CON MATERIAL FINO.

EN LOS VALLE DE ORIGEN TECTÓNICO EL ESPESOR DE LOS SEDIMENTOS NO ENDURECIDOS SUELE SER MUY GRANDE, TENIENDO ADEMÁS UNA GRAN DIVERSIDAD DE MATERIALES, SIN EMBARGO, EL INTERÉS GEOHIDROLÓGICO ES MÁS IMPORTANTE EN LAS CAPAS SUPERIORES YA QUE LOS DEPÓSITOS MÁS PROFUNDOS SE VAN CONSOLIDANDO.

LAS LLANURAS COSTERAS SON DEPÓSITOS DE SEDIMENTOS NO CONSOLIDADOS DE EXTENSIÓN MUY VARIABLE, SU ORIGEN PUEDE SER DEBIDO A EL ARRASTRE DE LAS CORDILLERAS QUE LAS LIMITAN O A DEPÓSITOS MARINOS, MOTIVO POR EL CUAL TIENDEN A SER MUY PERMEABLES.

LOS SEDIMENTOS ENDURECIDOS SE ORIGINAN A PARTIR DE LOS NO ENDURECIDOS, CUANDO ÉSTOS HAN OBTENIDO ALGÚN TIPO DE CEMENTACIÓN YA SEA POR EFECTO DE LA PRECIPITACIÓN O POR LA CRISTALIZACIÓN DE LOS MINERALES, DE ARCILLA, DEL CUARZO O DE LA CALCITA. DE AHÍ SE OBTIENEN LOS CONGLOMERADOS, LAS ARENISCAS, LAS

LIMOLITAS Y LAS LUTITAS, CORRESPONDIENDO A GRAVAS, ARENAS, - LIMOS Y ARCILLAS RESPECTIVAMENTE.

LA COMPOSICIÓN EN SU GRANULOMETRÍA Y EL COMPORTAMIENTO DE ESTE TIPO DE SEDIMENTOS ES MUY SIMILAR A LOS DE SU ORIGEN, SOLO QUE SU POROSIDAD Y PERMEABILIDAD SE VEN DESMINUIDAS APROXIMADAMENTE A UN TERCIO DE SU MAGNITUD INICIAL. LAS FORMACIONES DE GRANO GRUESO SON LOS DE MAYORES POSIBILIDADES COMO ACUÍFEROS. UNA DIFERENCIA RESPECTO A LOS SEDIMENTOS NO ENDURECIDOS ES QUE, POR SU EDAD, SE VEN AFECTADOS POR MÁS ACCIDENTES TECTÓNICOS, LO QUE PUEDE AYUDAR A INCREMENTAR SU PERMEABILIDAD.

C) ROCAS CARBONATADAS KÁRSTICAS.

ESTE TIPO DE ROCAS ESTAN FORMADAS POR SEDIMENTOS ENDURECIDOS SIN EMBARGO MERECE ESPECIAL INTERÉS YA QUE DEBIDO A LA REACCIÓN QUÍMICA QUE SE PRESENTA ENTRE EL ÁCIDO CARBÓNICO CONTENIDO EN EL AGUA Y EL CARBONATO DE CALCIO CONTENIDO EN LA ROCA, SE ORIGINA UN FENOMENO CONOCIDO COMO KARSTIFICACIÓN QUE CONSISTE EN LA DISOLUCIÓN DE LA PROPIA ROCA, MOTIVANDO QUE LAS DIMENSIONES EN SUS POROS Y FISURAS SE VEAN INCREMENTADOS. EN ALGUNOS CASOS ESTE FENÓMENO CAUSA EFECTOS ESPECTACULARES YA QUE SE FORMAN CAVERNAS DE GRAN TAMAÑO Y DE UNA AMPLIA EXTENSIÓN.

EL COMPORTAMIENTO GEOHIDROLÓGICO ES SIMILAR AL DE LAS ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS. SU POROSIDAD ANTES DE LA KARSTIFICACIÓN ES ALTA EN COMPARACIÓN CON OTRAS ROCAS SEDIMENTARIAS ENDURECIDAS, SU PERMEABILIDAD ES MUY VARIABLE DEPENDIENDO DE SU ORIGEN, FRACTURAMIENTO Y KARSTIFICACIÓN.

D) ROCAS METAMÓRFICAS.

NO OBSTANTE QUE EL ORIGEN DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS ES MUY DISTINTO AL DE LAS ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS, SU COMPORTAMIENT-

TO GEOHIDROLÓGICO ES MUY SIMILAR, SU POROSIDAD Y SU PERMEABILIDAD SON BAJAS, PUDIENDO INCREMENTARSE POR LOS EFECTOS - DEL INTEMPERISMO O POR SU EXPOSICIÓN A ESFUERZOS TECTÓNICOS ESTOS EFECTOS PUEDEN SER PLENAMENTE IDENTIFICADOS MEDIANTE-ALGÚN MÉTODO GEOFÍSICO. LOS POZOS PERFORADOS EN ESTOS MATE-RIALES SON GENERALMENTE DE BAJOS RENDIMIENTOS Y UNA EXPLOTA-CIÓN EXCESIVA AGOTARÍA RÁPIDAMENTE EL POZO DEBIDO AL POCO -ALMACENAMIENTO DEL MATERIAL.

2.2.2. ESTUDIOS GEOLÓGICOS.

SU OBJETIVOS PRINCIPAL CONSISTE EN PRESENTAR LOS ASPECTOS - GEOLÓGICOS DE UN ACUÍFERO, POR MEDIO DE PLANOS Y CORTES QUE INDICAN LAS DIFERENTES FORMACIONES Y ACCIDENTES GEOLÓGICOS ENFATIZANDO SUS ASPECTOS GEOHIDROLÓGICOS COMO SU PERMEABILIDAD Y SU POROSIDAD. LA POROSIDAD DETERMINA LA CANTIDAD DE-AGUA QUE PUEDE ALMACENARSE Y LA PERMEABILIDAD LA FACILIDAD-CON QUE ÉSTA PUEDE EXTRAERSE. EN LA TABLA 2.1, SE INDICAN-LOS MATERIALES Y SUS CARACTERÍSTICAS GEOHIDROLÓGICAS DE MA-YOR A MENOR.

PERMEABILIDAD		POROSIDAD	
MAYOR	GRAVA	MAYOR	ARCILLA BLANDA
	BASALTO VESICULAR		LIMO
	CALIZA CAVERNOSA		TOBA
	ARENA		GRAVA
	ARENISCA		ARENA
	ROCA FRACTURADA		ARENISCA
	LIMO Y TOBA		BASALTO VESICULAR
	ARCILLA		ROCA FRACTURADA
	ROCA SANA		ROCA SANA
MENOR		MENOR	

TABLA 2.1. PROPIEDADES GEOHIDROLÓGICAS DE ROCAS Y SEDIMENTOS COMUNES.

LOS ESTUDIOS GEOLÓGICOS SE INICIAN A PARTIR DE LA INTERPRETACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS DE LA REGIÓN, EN DONDE ADEMAS SE OBTIENE INFORMACIÓN TAL COMO SU HIDROGRAFÍA, LAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA, LA VEGETACIÓN Y EL USO DEL SUELO; SIN EMBARGO EN CUALQUIER ESTUDIO SIEMPRE SERÁN NECESARIOS LOS ESTUDIOS DE CAMPO QUE PERMITAN CORROBORAR LO OBSERVADO EN LAS FOTOGRAFÍAS.

EN LA EXPLORACIÓN LOS GEÓLOGOS SE SIRVEN DE LA PETROGRAFÍA, LA ESTRATIGRAFÍA, LA GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y LA GEOMORFOLOGÍA.

MEDIANTE LA PETROGRAFÍA SE DETERMINA LA POROSIDAD Y LA PERMEABILIDAD CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ROCAS, ELIMINANDO EN FUNCIÓN DE DICHAS CARACTERÍSTICAS, LAS ZONAS QUE NO PRESENTAN CONDICIONES FAVORABLES PARA LA LOCALIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA.

LA ESTRATIGRAFÍA PERMITE DEFINIR LA POSICIÓN Y EL ESPESOR DE LOS HORIZONTES ACUÍFEROS ASÍ COMO LA CONTINUIDAD DE LAS CAPAS CONFINANTES. LA ESTRATIGRAFÍA JUNTO CON LA GEOLOGÍA ESTRUCTURAL SE UTILIZAN EN LA LOCALIZACIÓN DE LOS HORIZONTES ACUÍFEROS QUE HAN SIDO DESPLAZADOS POR MOVIMIENTOS TECTÓNICOS.

LA GEOLOGÍA ESTRUCTURAL SE UTILIZA TAMBIÉN PARA LOCALIZAR ZONAS DE FRACTURACIÓN EN ROCAS COMPACTAS PERO FRÁGILES Ó BIEN PARA LOCALIZAR FALLAS EN MATERIALES NO CONSOLIDADOS QUE EN OCACIONES PUEDAN FORMAR BARRERAS HIDROLÓGICAS, LAS CUALES SON IMPORTANTES EN EL ESTUDIO DEL MOVIMIENTO DEL AGUA.

LA GEOMORFOLOGÍA SE ENFOCA HACIA LA INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE ÁREAS PLEISTOCENAS Y DE DEPÓSITOS RECIENTES, LA PRESENCIA DE SEDIMENTOS PERMEABLES DE ORIGEN GLACIAL Y LOS ACARREOS FLUVIOGLACIALES, PUEDEN SER CARTOGRAFIADOS ESTUDIANDO LA MORFOLOGÍA REGIONAL. LAS DUNAS ESTABLES, LOS DEPÓSITOS EN FORMA DE TERRAZA, LOS ANTIGUOS CORDONES DE PLAYA Y OTROS SEDIMENTOS PERMEABLES, TAMBIÉN SE REFLEJAN MORFOLÓGICAMENTE DE UNA MANERA CLARA.

2.2.3. MÉTODO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA.

POR MEDIO DE ESTE MÉTODO SE MIDEN LOS CAMBIOS EN LA RESISTENCIA ELÉCTRICA DE LAS CAPAS DE SUBSUELO A DIFERENTE PROFUNDIDAD, HACIENDO MEDICIONES SOLO EN LA SUPERFICIE. PARA ÉSTO, SE INDUCE UN CAMPO ELÉCTRICO INTRODUCIENDO EN EL SUELO DOS ELECTRODOS CONECTADOS A UNA FUENTE DE CORRIENTE -- CUANDO SE TRATA DE UN MEDIO SEMIINFINITO Y HOMOGÉNEO, EL CAMPO TOMA LA FORMA MOSTRADA EN LA FIGURA 2.1. POSTERIORMENTE SE MIDE LA DIFERENCIA DE VOLTAJE ENTRE OTRO PAR DE ELECTRODOS, DE LA QUE SE DEDUCE LA RESISTIVIDAD DEL SUELO.

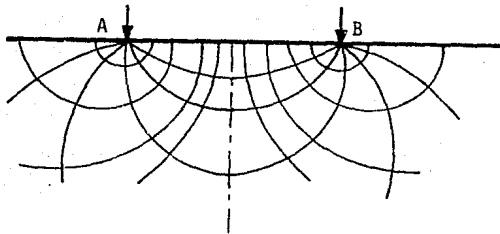


FIGURA 2.1. CAMPO ELÉCTRICO INDUCIDO POR DOS ELECTRODOS.

EXISTEN DIFERENTES ARREGLOS EN LA DISPOSICIÓN DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS, SIENDO LOS MÁS COMUNES LAS CONFIGURACIONES WENNER Y SCHLUMBERGER. - EN LA FIGURA 2.2. SE MUESTRAN AMBOS ARREGLOS.

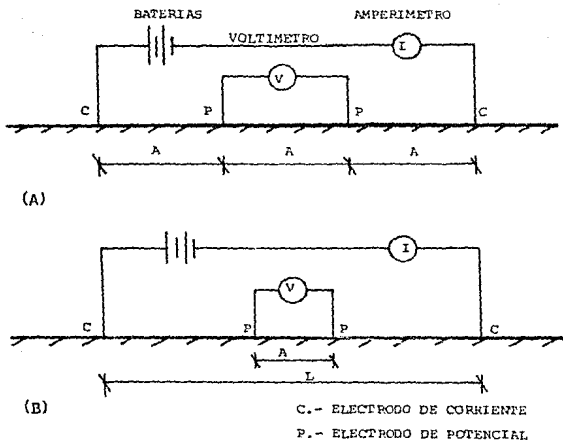


FIGURA 2.2. DISPOSICIÓN COMÚN DE LOS ELECTRODOS PARA DETERMINAR LA RESISTIVIDAD A) CONFIGURACIÓN WENNER, B) CONFIGURACIÓN SCHLUMBERGER.

LOS VALORES RELATIVOS DE LA RESISTIVIDAD ELÉCTRICA VARIAN AMPLIAMENTE Y - ESTAN EN FUNCIÓN DE CARACTERÍSTICAS TALES COMO LA DENSIDAD, LA POROSIDAD, EL TAMAÑO DE LOS POROS, LA FORMA DE LOS ESTRATOS, EL CONTENIDO DE AGUA, - SU CALIDAD Y LA TEMPERATURA. EN LA TABLA 2.2, SE ENLISTAN LOS MATERIALES MÁS COMUNES Y SU RESISTIVIDAD CORRESPONDIENTE.

MATERIAL	RESISTIVIDAD OHM-M
GRAFITO	3×10^{-4}
PIRITA	10^{-3}
SALMUERA	5×10^{-2}
ARCILLA	1.0
YESO	10
AGUA DULCE	50
GRAVAS Y ARENAS SATURADAS DE AGUA DULCE	10^2
SERPENTINA	3×10^2
CALIZA	10^3
GRANITO	10^6
CUARZO	10^{11}
CALCITA	5×10^{12}

TABLA 2.2. RESISTIVIDAD APROXIMADA DE LOS MATERIALES MÁS COMUNES.

LA RESISTIVIDAD REAL SE DETERMINA A PARTIR DE LA RESISTIVIDAD APARENTE, - ÉSTA SE PUEDE CALCULAR POR MEDICIÓN DE LA CORRIENTE Y DE LA DIFERENCIA DE POTENCIAL ENTRE PARES DE ELECTRÓDOS. EL PROCEDIMIENTO QUE SE SIGUE PARA - MEDIR UNA DIFERENCIA DE POTENCIAL ENTRE DOS ELECTRÓDOS, ES AQUEL QUE RE-- SULTA DE APLICAR UNA CORRIENTE A OTRO PAR DE ELECTRODOS QUE SE COLOCAN ALI NEADOS CON LOS DE POTENCIAL (TAL Y COMO SE VE EN LA FIGURA 2.2.). SI LA- RESISTIVIDAD ES UNIFORME EN CUALQUIER PUNTO DE LA ZONA, SE FORMA UNA MA-- LLA ORTOGONAL DE ARCOS DE CÍRCULO, DE LÍNEAS EQUIPOTENCIALES Y LÍNEAS DE- CORRIENTE. LA CORRIENTE Y LA DIFERENCIA DE POTENCIAL MEDIDAS DAN UNA RE- SISTIVIDAD APARENTE PARA UNA PROFUNDIDAD ESPECÍFICA, A MEDIDA QUE SE AU-- MENTA EL ESPACIO ENTRE ELECTRÓDOS, EL CAMPO ELÉCTRICO TIENE UNA MAYOR PENE- TRACIÓN EN EL SUELO.

PARA LA CONFIGURACIÓN WENNER LA RESISTIVIDAD APARENTE ESTÁ DADA POR LA SI- GUENTE EXPRESIÓN:

$$\rho_A = 2 \pi A \frac{\Delta V}{I} \dots (2.1)$$

EN DONDE:

- A = DISTANCIA ENTRE ELECTRÓDOS.
- ΔV = DIFERENCIA DE POTENCIAL.
- I = CORRIENTE APLICADA.

PARA LA CONFIGURACIÓN SCHLUMBERGER LA RESISTIVIDAD APARENTE SE DETERMINA MEDIANTE LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$\rho_A = \pi \frac{(L/2)^2 - (B/2)^2}{B} \frac{V}{I} \dots (2.2)$$

EN DONDE:

- L = DISTANCIA ENTRE ELECTRÓDOS DE CORRIENTE.
- B = DISTANCIA ENTRE ELECTRÓDOS DE POTENCIAL.

LA CONFIGURACIÓN WENNER CON SEPARACIÓN INTERELÉCTRICA CONSTANTE, ES LA MEJOR SE ADAPTA AL ESTUDIO DE LÍMITES VERTICALES RECUBIERTOS POR DEPÓSITOS DE ESPESOR NO SUPERIOR A 30 M. PARA EL ESTUDIO DE LÍMITES HORIZONTALES, TALES COMO EL NIVEL FREÁTICO Ó LA SUPERFICIE DE ROCAS ESTRATIFICADAS, ES MÁS ÚTIL EL MÉTODO DE SONDEOS VERTICALES EN EL QUE SE USA LA CONFIGURACIÓN SCHLUMBERGER, MANTENIENDO FIJO EL PUNTO MEDIO DE LA LÍNEA DE ELECTRÓDOS DE POTENCIA, MIENTRAS QUE MEDIANTE INCREMENTOS SUCESIVOS SE VAN SEPARANDO LOS ELECTRÓDOS DE CORRIENTE, OBTENIÉNDOSE LAS RESISTIVIDADES DE LOS DIFERENTES ESTRATOS A PROFUNDIDADES SUCESIVAMENTE MAYORES. EN LA FIGURA 2.3. SE PRESENTA UN EJEMPLO DE LOS RESULTADOS QUE SE OBTIENEN MEDIANTE ÉSTE MÉTODO Y SU INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA.

AL UTILIZAR EL MÉTODO DE RESISTIVIDADES DEBE CONSIDERARSE LA POSIBLE PRESENCIA DE OBJETOS QUE PUDIERAN PRODUCIR PERTURBACIONES AL REALIZAR LA MEDICIÓN TALES COMO: TUBERÍAS METÁLICAS, CABLES Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN; DE IGUAL MANERA, ES RECOMENDABLE QUE LA INFORMACIÓN OBTENIDA SE IMPLEMENTE CON INFORMACIÓN PROCEDENTE DE PERFORACIONES Ó DE OTROS MÉTODOS GEOFÍSICOS QUE AYUDEN A INTERPRETAR ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS MÁS COMPLEJAS.

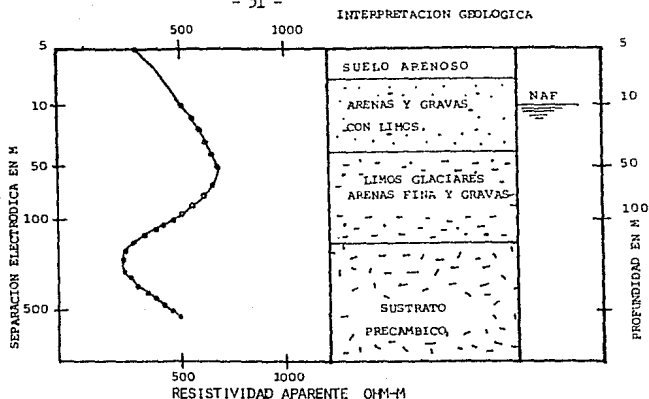


FIGURA 2.3. RESISTIVIDADES APARENTES EN FUNCIÓN DE LA SEPARACIÓN ENTRE ELECTRODOS.

2.2.4. METODO SÍSMICO DE REFRACCIÓN.

EL PRINCIPIO DE LOS MÉTODOS SÍSMICOS SE BASA EN LA REACCIÓN QUE TIENEN LAS MASAS GEOLÓGICAS, FRENTE A LAS VIBRACIONES INDUCIDAS ARTIFICIALMENTE EN LA SUPERFICIE DEL TERRENO, YA SEA POR EL IMPACTO DE UN INSTRUMENTO PESADO Ó POR LA EXPLOSIÓN DE UNA CARGA DE DINAMITA, LO CUAL PRODUCE ONDAS SÍSMICAS QUE VIAJAN A DIFERENTES VELOCIDADES A TRAVÉS DE LOS MATERIALES QUE CONSTITUYEN EL SUBSUELO, POSTERIORMENTE SE MIDE EL TIEMPO QUE PASA DESDE QUE SE INICIA LA ONDA SÍSMICA, HASTA QUE ES RECIBIDA POR UN DETECTOR LLAMADO GEÓFONO Ó SISMÓMETRO, UBICADO EN OTRO PUNTO DE LA SUPERFICIE.

ENTRE LOS MÉTODOS SÍSMICOS SE TIENEN EL DE REFLEXIÓN Y EL DE REFRACCIÓN, SIENDO EL MÁS UTILIZADO ÉSTE ÚLTIMO. EN ESTE MÉTODO LOS GEÓFONOS Ó DETECTORES DE ONDAS SÍSMICAS, SE COLOCAN EN LÍNEA RECTA A PARTIR DEL PUNTO DE TIRO. SI LOS MATERIALES SON HOMOGÉNEOS E ISÓTROPOS, LOS FRENTE DE LAS ONDAS ORIGINADAS A PARTIR DEL IMPACTO SERÁN ESFÉRICOS CON CENTRO EN-

EL PUNTO DE TIRO; SI ESTE NO ES EL CASO Y SE TIENEN VARIACIONES LITOLÓGICAS, LAS ONDAS SE REFRACTARÁN SEGUN LA LEY DE SNELL.

$$\frac{\text{SEN } I}{\text{SEN } R} = \frac{v_1}{v_2}$$

ESTA LEY EXPRESA LA PROPORCIONALIDAD ENTRE LOS ÁNGULOS DE INCIDENCIA Y REFRACCIÓN CON LAS VELOCIDADES DE PROPAGACIÓN, POR LO QUE HABRÁ UNA DIRECCIÓN DE INCIDENCIA PARA LA CUAL LA ONDA REFRACTADA VIAJA, PARALELA A LA SUPERFICIE DE CONTACTO ENTRE LOS DOS MEDIOS; ESTA ONDA A SU VEZ EMITIRÁ ONDAS EN TODAS DIRECCIONES, UNA DE LAS CUALES REFRACTARÁ NUEVAMENTE - EN EL MEDIO DE MENOR VELOCIDAD Y ALCANZARÁ LA SUPERFICIE EN EL PUNTO DONDE SE ENCUENTRA EL SISMÓMETRO. EN LA FIGURA 2.4 SE MUESTRA GRÁFICAMENTE EL EFECTO DE ESTE FENÓMENO,

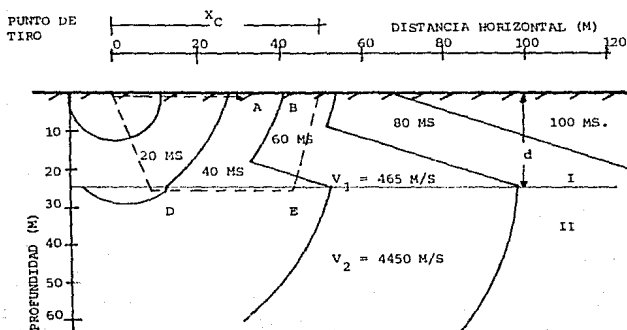


FIGURA 2.4 EFECTO DE LA LEY DE SNELL.

LA PRIMERA ONDA SÍSMICA ES DETECTADA EN EL PUNTO A Y SIGUE UNA TRAYECTORIA A TRAVÉS DEL MEDIO I, PERO MÁS ALLÁ DEL PUNTO B, LAS ONDAS SIGUEN PARTE DE SU TRAYECTORIA A TRAVÉS DEL MEDIO II EN EL CUAL LA VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN ES MAYOR DEBIDO A LA MAYOR DENSIDAD DEL MATERIAL QUE LO CONSTITUYE. SI SE REPRESENTAN GRÁFICAMENTE LOS TIEMPOS DE LLEGADA EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA A LA FUENTE DEL IMPACTO, SE OBTIENE UNA CURVA LLAMADA "DROMOCRÓNICA" COMO LA QUE SE MUESTRA EN LA FIGURA 2.5 EN LA CUAL EL INVERSO DE LA PENDIENTE DE LAS RECTAS, REPRESENTA LA VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN CORRESPONDIENTE A CADA UNO DE LOS ESTRATOS POR LOS CUALES VIAJAN LAS ONDAS SÍSMICAS. EL CAMBIO EN LA VELOCIDAD Y LA DISTANCIA HORIZONTAL EN LA CUAL OCURRE, PROPORCIONAN LOS DATOS PARA CALCULAR LA PROFUNDIDAD A LA CUAL SE PRODUCE UN CAMBIO DE FORMACIÓN. LA PROFUNDIDAD A LA CUAL SE PRODUCE EL PRIMER CAMBIO EN LA FORMACIÓN SE OBTIENE MEDIANTE LA SIGUIENTE EXPRESIÓN :

$$D = \frac{XC}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}} \quad \dots 2.4$$

EN DONDE:

D,- PROFUNDIDAD (M)

XC,- DISTANCIA CRITICA (M)

V1,- VELOCIDAD DE LA ONDA EN LA CAPA SUPERIOR (M/S).

V2,- VELOCIDAD DE LA ONDA EN LA CAPA INFERIOR (M/S).

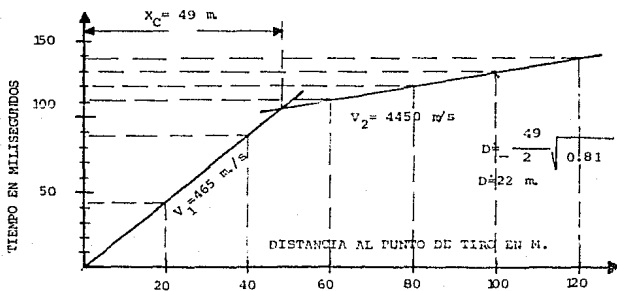


FIGURA 2.5 "DROMOCRÓNICA"

2.2.5 PERFORACIONES PARA EXPLORACIÓN.

LA MANERA MÁS PRECISA PARA CONOCER EL TIPO DE LAS FORMACIONES QUE SE ENCUENTRAN POR DEBAJO DE LA SUPERFICIE TERRESTRE, ES PERFORANDO A TRAVÉS DE ELLAS, OBTENIENDO MUESTRAS DURANTE LA PERFORACIÓN Y ELABORANDO UN REGISTRO DEL CORTE RESULTANTE. EL OBJETIVO PRINCIPAL EN LAS PERFORACIONES PARA EXPLORACIÓN, ES OBTENER MUESTRAS QUE REVELEN EL TIPO, LA PROFUNDIDAD Y EL ESPESOR DE LOS ESTRATOS QUE FORMAN EL SUBSUELO. LAS MUESTRAS DE LOS MATERIALES OBTENIDOS DURANTE LA PERFORACIÓN CONSTITUYEN LA MEJOR FUENTE DE INFORMACIÓN TANTO EN EL ASPECTO GEOLÓGICO COMO EN EL HIDROLÓGICO. EN LOS REGISTROS SE INDICAN LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE LOS DIFERENTES ESTRATOS EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD.

LA INFORMACIÓN QUE SE OBTIENE A PARTIR DE LAS PERFORACIONES PUEDE CLASIFICARSE SEGÚN LA TÉCNICA QUE SE EMPLEE. LAS DOS TÉCNICAS MÁS USADAS SON LA DE REGISTROS GEOLÓGICOS Y LA DE REGISTROS GEOFÍSICOS.

A) REGISTROS GEOLÓGICOS.

DURANTE LA PERFORACIÓN SE CONSTRUYEN GRÁFICAS EN LAS QUE SE REPORTAN LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS ATRAVESADAS BASÁNDOSE EN EL MATERIAL EXTRAÍDO, -- SUELE REPORTARSE TAMBIÉN LOS AVANCES EN LA PERFORACIÓN, LA INSTALACIÓN, EL TIPO DE ENTUBADO, ASÍ COMO LOS INCIDENTES QUE OCURRAN DURANTE LAS MANIOBRAS.

CUANDO SE PERFORA POR EL MÉTODO DE ROTACIÓN, LA INTERPRETACIÓN DE LAS MUESTRAS ES MÁS COMPLEJA DEBIDO PRINCIPALMENTE A QUE EL MATERIAL PRODUCTO DE LA PERFORACIÓN ES DE TAMAÑO PEQUEÑO, ADEMÁS DE ESTAR MEZCLADO CON LOS Lodos; ESTO DIFICULTA SU CLASIFICACIÓN Y POR LO TANTO SU CORRELACIÓN LITOLÓGICA ENTRE VARIOS SONDEOS. EN ESTOS CASOS SE DEBEN EMPLEAR ALGUNA TÉCNICAS AUXILIARES CON BASE EN ESTUDIOS SOBRE: "RESIDUOS INSOLUBLES, PORCENTAJE DE CALCITA, MICROFÓSILES, MACROFÓSILES, MINERALES PESADOS, POROSIDAD, ETC.

ES IMPORTANTE LA SUPERVISIÓN ESPECIALIZADA DURANTE LA ELABORACIÓN DEL RE-

GISTRO GEOLÓGICO, YA QUE LAS VARIACIONES EN EL AVANCE DE LA PERFORACION, LAS VIBRACIONES EN EL EQUIPO, Ó ALGÚN OTRO DETALLE, PUEDEN SER INDICADOS DE CAMBIOS EN EL TIPO DE ROCA Ó EN SU CALIDAD. EN LA FIGURA 2.6 SE MUESTRA UN REGISTRO GEOLÓGICO TÍPICO.

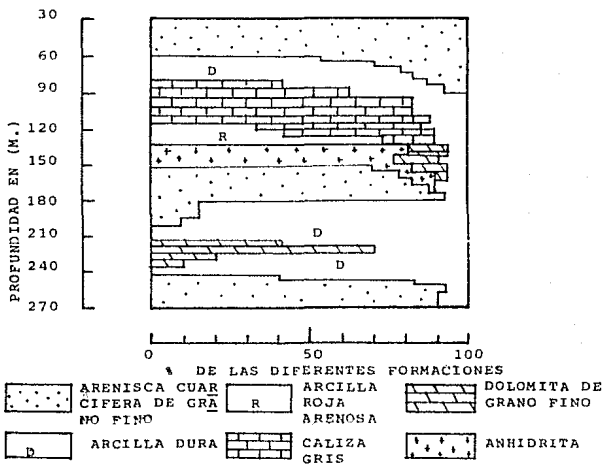


FIGURA 2.6 REGISTRO GEOLÓGICO.

B) REGISTROS GEOFÍSICOS.

LOS REGISTROS GEOFÍSICOS QUE MÁS SE PRACTICAN SON LOS DE MEDIDA DE POTENCIAL INSTANTÁNEO Y LOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, EN ESTE TIPO DE REGISTROS SE REQUIERE QUE LA PERFORACIÓN NO ESTÉ ADEMANADA POR LO QUE EL MÉTODO DE PERFORACIÓN POR ROTACIÓN ES EL MÁS ADECUADO.

A) REGISTRO DE POTENCIAL INSTANTÁNEO.

SE OBTIENE MIDIENDO LA DIFERENCIA DE POTENCIAL ENTRE DOS ELECTRÓDOS, UNO DE ELLOS SE COLOCA FIJO EN LA SUPERFICIE, EL OTRO SE INTRODUCE EN EL POZO LLENO DE LODO DE PERFORACIÓN; AL IR SUBIENDO ÉSTE ELECTRÓDO SE VAN REGISTRANDO LAS DIFERENCIAS DE POTENCIAL MEDIDAS EN UN POTENCIÓMETRO. LAS DIFERENCIAS DE POTENCIAL SE PUEDEN ORIGINAR POR ELECTRÓSMOSIS, POR EFECTOS DE ESTRATIFICACIÓN DE LA ROCA Y POR CONTACTO ENTRE LAS ARCILLAS Ó POR EL EFECTO ELECTROKINÉTICO DE LOS FLUIDOS QUE SE MUEVEN EN LA ZONA PERMEABLE DEL ACUÍFERO. EN LA FIGURA 2.7 SE MUESTRA EL ARREGLO PARA LA MEDICIÓN DEL POTENCIAL INSTANTÁNEO.

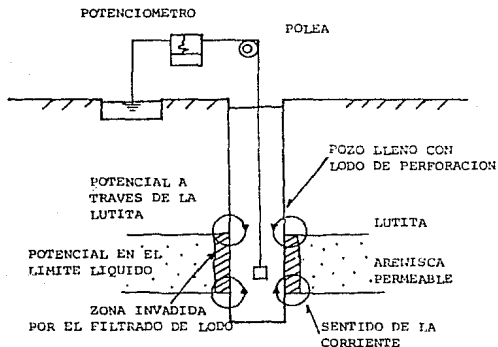


FIGURA 2.7 ARREGLO PARA LA MEDICIÓN DEL POTENCIAL INSTANTÁNEO.

AL ATRAVESAR CAPAS FORMADAS POR ARCILLA Ó LUTITAS Y MEDIR EL POTENCIAL INSTANTÁNEO SE OBSERVA QUE ÉSTAS TIENEN APROXIMADAMENTE EL MISMO POTENCIAL, Ó SEA QUE APARECEN COMO UNA RECTA VERTICAL EN EL REGISTRO; A DICHA LÍNEA SE LE LLAMA LÍNEA BASE DE LAS LUTITAS Y A PARTIR DE ELLA SE MIDE LA DEFLEXIÓN DE LA CURVA Y SU SEPARACIÓN DE LA LÍNEA BASE, OCASIONADAS AL MEDIR EN DIFERENTES ROCAS. LA CURVA DE POTENCIAL INSTANTÁNEO PERMITE OBTENER INFORMACIÓN RELEVANTE EN CUANTO AL ESPESOR EFECTIVO DE LOS DIFERENTES

ESTRATOS, SU PROFUNDIDAD, LA CALIDAD DEL AGUA CONTENIDA EN LAS ROCAS Y LA CORRELACIÓN ENTRE LAS CAPAS.

B) REGISTRO DE RESISTIVIDAD.

LA RESISTIVIDAD DEL SISTEMA: FLUIDO-ROCA SATURADA, DEPENDE DE TRES FACTORES FUNDAMENTALES: LA SALINIDAD DEL FLUIDO INTERSTICIAL, LA POROSIDAD DE LA ROCA Y LA TEMPERATURA DE LA ROCA Y DEL FLUIDO.

PARA HACER UN REGISTRO DE RESISTIVIDAD SE INTRODUCE EN EL POZO UN DISPOSITIVO LLAMADO SONDA. LA SONDA ES UN CABLE CONDUCTOR CUYO EXTREMO QUEDA DENTRO DE UN CILINDRO METÁLICO CON ORIFICIOS A CIERTAS DISTANCIAS EN LOS CUALES SE LOCALIZAN LOS ELECTRODOS. CON LOS ELECTRODOS SE FORMAN DISTINTAS CONFIGURACIONES, CON EL OBJETO DE MEDIR LA RESISTIVIDAD A DIFERENTES DISTANCIAS DEL EJE DEL POZO. EN LA FIGURA 2.8 SE ILUSTRAN LAS DOS CONFIGURACIONES MÁS COMÚNES, LA SONDA NORMAL Y LA SONDA LATERAL.

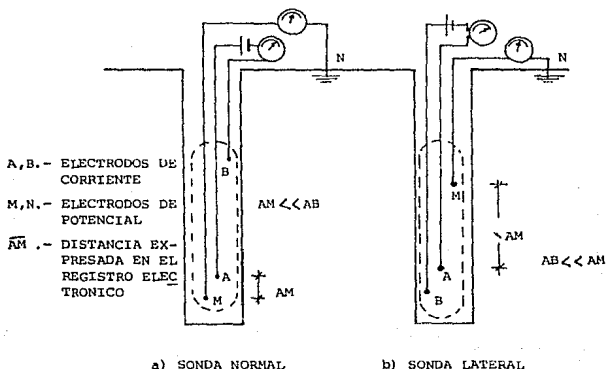


FIGURA 2.8 ESQUEMA DE DISPOSITIVOS PARA REGISTROS DE RESISTIVIDAD.

ESTE TIPO DE REGISTROS SE UTILIZAN PARA INTERPRETAR LA LITOLOGÍA, FACILITAR LA CORRELACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS TIPOS DE ROCA Y ESTIMAR LA CALIDAD DEL FLUÍDO INTERSTICIAL EN FORMA ANÁLOGA A COMO SE UTILIZAN LOS REGISTROS DE POTENCIAL INSTANTÁNEO. EN GENERAL, LAS ROCAS ÍGNEAS TIENEN LAS RESISTIVIDADES MÁS ALTAS, LAS METAMÓRFICAS TIENEN VALORES INTERMEDIOS Y LAS SEDIMENTARIAS TIENEN LA RESISTIVIDAD MÁS BAJA.

PARA TENER UNA INTERPRETACIÓN MÁS COMPLETA DE LA LITOLOGÍA DEL ACUÍFERO, ASÍ COMO DE LA LOCALIZACIÓN DE POSIBLES MANTOS PRODUCTORES DE AGUA, ES CONVENIENTE EMPLEAR EN FORMA SIMULTÁNEA LOS REGISTROS DE POTENCIAL INSTANTÁNEO Y DE RESISTIVIDAD. EN LA FIGURA 2.9 SE ILUSTRAN AMBOS TIPOS DE REGISTROS.

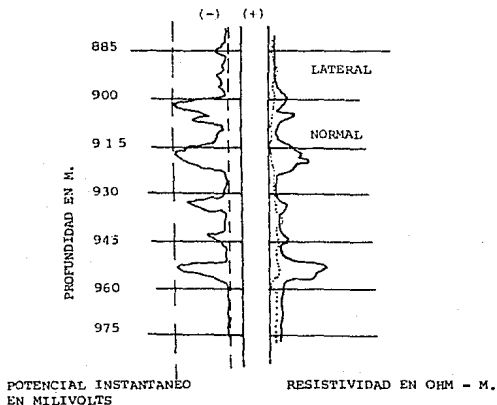


FIGURA 2.9 REGISTROS DE POTENCIAL INSTANTÁNEO Y DE RESISTIVIDAD.

2.2.6 OTROS MÉTODOS.

EXISTE UNA DIVERSIDAD DE MÉTODOS DE EXPLORACIÓN, ALGUNOS DE LOS CUALES HAN SIDO UTILIZADOS EN FORMA SATISFACTORIA EN ALGUNOS CASOS PARTICULARES, SIN-

EMBARGO YA SEA POR SU ALTO COSTO Ó POR SUS LIMITACIONES, NO TIENEN TANTA-
ACEPTACIÓN COMO LOS DESCRITOS ANTERIORMENTE DENTRO DE ESTOS PODEMOS CITAR
LOS SIGUIENTES.

A) FOTOGRAFÍAS DE LUZ INFRAROJA.

LA FOTOGRAFÍA INFRAROJA ES SENCIBLE A DIFERENCIAS DE CAPACIDAD CALORÍFICA
Y HA PERMITIDO LA DETECCIÓN DE DIQUES, FLUJOS DE AGUA SUBTERRÁNEA CERCA-
NOS A LA SUPERFICIE Y DESCARGAS SUBTERRÁNEAS DE AGUA DULCE AL MAR.

B) FOTOGRAFÍAS DE RADAR.

LA FOTOGRAFÍA DE RADAR PENETRA LA VEGETACIÓN Y DETECTA LA PRESENCIA DE HU-
MEDAD A POCA PROFUNDIDAD DEL SUELO.

C) ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS.

LOS MÉTODOS QUE UTILIZAN ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS DE BAJA FRECUENCIA, TIE-
NEN ALTA CAPACIDAD DE PENETRACIÓN Y DETECTAN CAMBIOS DE CONDUCTIVIDAD --
ELÉCTRICA, CUMPLIENDO FUNCIONES SIMILARES AL MÉTODO DE RESISTIVIDAD.

D) TRAZADORES.

RECIENTEMENTE HAN TENIDO MUCHA UTILIZACIÓN LOS TRAZADORES, YA SEA NATURA-
LES COMO LOS ISÓTOPOS NATURALES Y ARTIFICIALES COMO LAS ESPORAS, LOS ISÓ-
TOPOS RADIACTIVOS Y LOS FLUORICEINAS; EN AMBOS CASOS ESTOS SE INYECTAN AL
ACÚÍFERO. SU FIN PRINCIPAL ES EL DETECTAR CONEXIONES HIDRÁULICAS ENTRE -
DOS LOCALIDADES Y EN ALGUNOS SIRVEN PARA DETERMINAR LA DIRECCIÓN Y LA VE-
LOCIDAD REAL DEL FLUJO SUBTERRÁNEO.

2.3 HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA.

LA HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA COMPRENDE BÁSICAMENTE LOS ASPECTOS DEL ALMACENA-
MIENTO Y LA CIRCULACIÓN DE LAS AGUAS TERRESTRES EN EL INTERIOR DEL SUBSUE-
LO, LA DETERMINACIÓN Y EL CONOCIMIENTOS DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍ-
MICAS, ASÍ COMO SU INTERACCIÓN CON EL MEDIO FÍSICO Y BIOLÓGICO Y SU COM-

PORTAMIENTO ANTE LA ACCIÓN HUMANA. PARA LOGRAR UN CONOCIMIENTO MÁS PRECISO DE LA CIRCULACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA, DEBERÁN VALUARSE TODAS LAS ACCIONES QUE INCIDEN EN EL INCREMENTO DEL VOLUMEN ALMACENADO, LAS CUALES SE CONOCEN COMUNMENTE COMO RECARGA, ASÍ COMO AQUELLAS ACCIONES QUE PROVOCAN EL DECREMENTO DEL VOLUMEN DE CONTROL Y QUE SE CONOCEN COMO DESCARGA.

2.3.1 BALANCE DEL AGUA SUBTERRÁNEA.

TODAVÍA HOY EN DÍA ES COMÚN DETERMINAR LA RECARGA DE UN ACUÍFERO ESTABLECIENDO BALANCES QUE INCLUYEN SÓLO PROCESOS SUPERFICIALES COMO LA LLUVIA Y LA EVAPOTRANSPIRACIÓN. ESTA CONCEPCIÓN NO ES RECOMENDABLE, YA QUE GENERALMENTE CONDUCE A RESULTADOS IRREALES; LO RECOMENDABLE ES ESTABLECER EL BALANCE DE LOS VOLUMENES DE AGUA LIGADOS DIRECTAMENTE AL ACUÍFERO BAJO ESTUDIO.

LA ECUACIÓN DEL BALANCE DEL AGUA SUBTERRÁNEA PARA EL VOLUMEN FIJO DE UN ACUÍFERO EN UN INTERVALO DE TIEMPO, EXPRESA EN SU FORMA CONCEPTUAL MÁS SIMPLE; QUE EL CAMBIO EN LA MASA DE AGUA ALMACENADA ES IGUAL A LA ENTRADA NETA DE MASA EN EL INTERVALO. LA ECUACIÓN DEL BALANCE DEL AGUA SUBTERRÁNEA PUEDE EXPRESARSE EN LA SIGUIENTE FORMA:

$$V = Ge + I - Gs - D - B - Ev \quad \dots \quad 2.5$$

LA RECARGA PUEDE DARSE POR MEDIO DEL FLUJO SUBTERRÁNEO HORIZONTAL (Ge), Ó BIEN POR FLUJO VERTICAL (I); LA DESCARGA PUEDE SER TAMBIÉN POR FLUJO HORIZONTAL (Gs), AFLORANDO COMO MANANTIAL, Ó HACIA UN CUERPO DE AGUA SUPERFICIAL (D), POR EFECTO DE BOMBEO (B), Ó POR EVAPOTRANSPIRACIÓN (Ev).

EL CONOCIMIENTO CUALITATIVO DEL COMPORTAMIENTO DEL ACUÍFERO QUE SE LOGRAN LOS ESTUDIOS DE PROSPECCIÓN Y LA INFORMACIÓN HIDROLÓGICA Y DE INVENTARIO, SON NECESARIAS PARA ESTABLECER CORRECTAMENTE EL BALANCE.

A) FLUJO SUBTERRÁNEO HORIZONTAL.

EN LA MAYORÍA DE LOS ACUÍFEROS EL FLUJO PRINCIPAL ES DEL TIPO SUBTERRÁNEO YA QUE SU ESPESOR ES RELATIVAMENTE PEQUEÑO COMPARADO CON SU EXTENSIÓN, DICHO FLUJO PUEDE SER DE RECARGA Ó DE DESCARGA SEGÚN EL SENTIDO Y EL PUNTO-

DE REFERENCIA. LA DETERMINACIÓN DEL FLUJO NETO DE ENTRADA AL VOLUMEN DEL ACUÍFERO CONSIDERADO SE BASA EN EL CONOCIMIENTO DE LOS GRADIENTES PIEZOMÉTRICOS Y DE LAS TRANSMISIVIDADES A LO LARGO DE SU FRONTERA; LOS GRADIENTES SE OBTIENEN DE UNA CONFIGURACIÓN DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS EN EL ÁREA CONSIDERADA PARA TOMAR EN CUENTA LA DIRECCIÓN DEL FLUJO; SOBRE DICHA CONFIGURACIÓN SE TRAZAN LÍNEAS DE FLUJO NORMALES A LAS EQUIPIEZOMÉTRICAS FORMANDO UNA RED DE FLUJO. EN LA FIGURA 2.10 SE MUESTRA ESTE CONCEPTO,

EL CAUDAL QUE CIRCULA ENTRE DOS LÍNEAS DE CORRIENTE ESTÁ DADO POR LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$Q = T B D H/DL \quad \dots 2.6$$

EN DONDE:

T,- TRANSMISIVIDAD MEDIA DE LA SECCIÓN,

B,- ANCHO DE LA SECCIÓN,

DH/DL,- GRADIENTE PIEZOMÉTRICO,

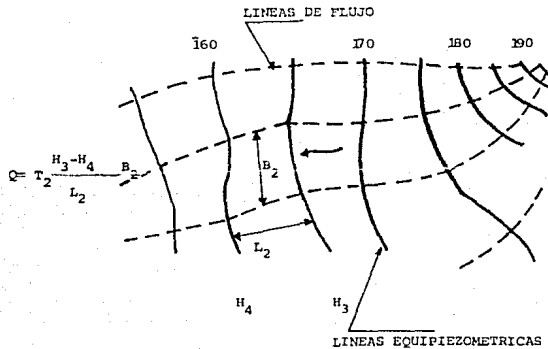


FIGURA 2.10 CALCULO DEL FLUJO SUBTERRÁNEO

B) RECARGA VERTICAL.

NORMALMENTE EL TÉRMINO DE RECARGA VERTICAL ESTÁ CONSTITUIDO POR LA INFILTRACIÓN EN LOS CAUCES DE RIOS SOBRE ACUÍFEROS FREÁTICOS, POR LO QUE PODRÍA DETERMINARSE A PARTIR DE AFÓROS DE LAS CORRIENTES, SIN EMBARGO EN ALGUNAS ZONAS OCURREN INFILTRACIONES DIRECTAS POR LLUVIA Ó EN CANALES DE CONDUCCIÓN NO REVESTIDOS, LAS QUE SON DE DIFÍCIL CUANTIFICACIÓN DIRECTA, EN ESTOS CASOS DEBERÁ RECURRIRSE A LA ESTIMACIÓN TEÓRICA, EN FUNCIÓN AL TIPO Y LA MAGNITUD DE LA PRECIPITACIÓN Y A LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DEL TERRENO.

C) EVAPOTRANSPIRACIÓN.

LA DESCARGA A LA ATMÓSFERA SE PRODUCE PRINCIPALMENTE POR LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE PLANTAS FREATOFITAS, LA EVAPORACIÓN PUEDE OCURRIR EN FORMA DIRECTA PERO SOLO EN ZONAS DE NIVELES FREÁTICOS A PROFUNDIDADES MENORES DE UN METRO, EN CAMBIO LAS FREATOFITAS PUEDEN EXTENDER SUS RAICES HASTA UNA PROFUNDIDAD DE APROXIMADAMENTE 30 METROS.

CUANDO SE HA TENIDO UN PERIODO LARGO DE OBSERVACIÓN Y SE DISPONE DE SUFICIENTE INFORMACIÓN, ES POSIBLE PLANTEAR VARIAS ECUACIONES DE BALANCE PARA DIFERENTES AÑOS Y DIFERENTES ÉPOCAS DEL AÑO, LO CUAL PERMITIRÁ OBTENER UN PANORAMA GLOBAL Y A SU VEZ LOGRAR UN BALANCE MÁS REAL Y MÁS PRECISO.

2.3.2 HIDRAÚLICA DE POZOS.

EL EFECTO PRODUCIDO EN EL FLUJO DEL AGUA SUBTERRÁNEA COMO CONSECUENCIA DE LA EXTRACCIÓN POR MEDIO DE BOMBEO, DEPENDE TANTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y OPE RACIÓN DEL POZO COMO DE LAS CONDICIONES Y FRONTERAS DEL ACUÍFERO. LA HIDRAÚLICA DE POZOS PERMITE EVALUAR LAS PROPIEDADES DEL ACUÍFERO, DEFINIENDO SUS FRONTERAS, SU RENDIMIENTO ESPECÍFICO Y LOS EFECTOS DE FUTUROS BOMBEO S.

A) LEY DE DARCY.

EL MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA QUEDA PLENAMENTE ENMARCADO POR LOS - -

PRINCIPIOS HIDRÁULICOS ESTABLECIDOS. EL FLUJO A TRAVÉS DE ACUÍFEROS, LA MAYORÍA DE LOS CUALES SON MEDIOS POROSOS NATURALES, PUEDE EXPRESARSE POR LA LEY DE DARCY. LA LEY DE DARCY ESTABLECE QUE LA VELOCIDAD DEL FLUJO A TRAVÉS DE UN MEDIO POROSO ES PROPORCIONAL A LA PÉRDIDA DE CARGA E INVERSAMENTE PROPORCIONAL A LA LONGITUD DE RECORRIDO DEL FLUJO.

$$V = K \frac{DH}{DL} \quad \dots 2.7$$

EN DONDE

K,- COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD .

$\frac{DH}{DL}$,- GRADIENTE HIDRÁULICO .

B) FLUJO RADIAL ESTABLECIDO .

CUANDO EL AGUA SUBTERRÁNEA ES EXTRAIDA POR MEDIO DE BOMBEO EN UN POZO EL NIVEL PIEZOMÉTRICO DEL AGUA DESCENDE, ORIGINANDO UNA CURVA DE ABATIMIENTO. ÉSTA CURVA FORMA ALREDEDOR DEL POZO UN CONO DE DEPRECIÓN, CUYA FRONTERA EXTERIOR DEFINE EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL POZO. EL FLUJO RADIAL ESTABLECIDO PUEDE PRESENTARSE PARA DOS CONDICIONES, COMO EL CASO DE ACUÍFEROS CONFINADOS Y NO-CONFINADOS .

B.1) ACUÍFEROS CONFINADOS .

EN LA DEDUCCIÓN DE LA ECUACIÓN QUE REPRESENTA LA EXTRACCIÓN DE UN POZO DENTRO DE UN ACUÍFERO CONFINADO SE TOMAN DIVERSAS CONSIDERACIONES, ENTRE LAS QUE DESTACAN QUE LA FRONTERA QUE SE FORMA CON EL CONO DE DEPRECIÓN ES CIRCULAR, SIENDO ADEMÁS EL MEDIO HOMOGÉNEO E ISOTRÓPICO . EN LA FIGURA 2.11 SE MUESTRA EN FORMA ESQUEMÁTICA EL COMPORTAMIENTO DEL ACUÍFERO DURANTE EL PERIODO DE BOMBEO .

LA ECUACIÓN QUE NOS PERMITE CONOCER EL GASTO DE EXTRACCIÓN ESTÁ DADA -

FOR LA EXPRESIÓN 2.8 Y SE CONOCE COMO ECUACIÓN DE EQUILIBRIO DE THIEM.

$$Q = 2\pi K B \frac{H_0 - H_w}{\ln(R_0/r_w)} \quad \dots 2.8$$

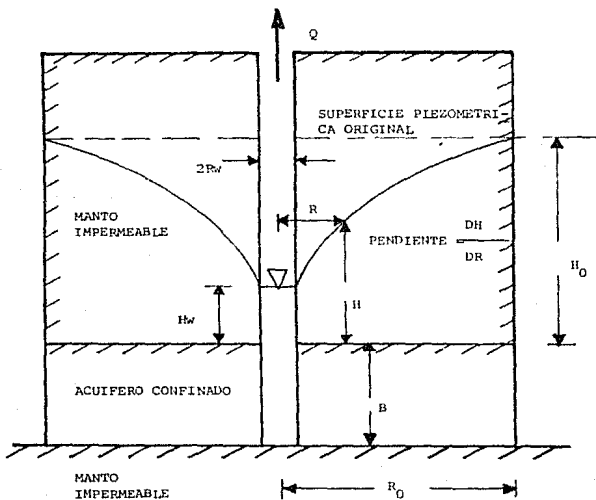


FIGURA 2.11 FLUJO RADIAL ESTABLECIDO EN UN ACUIFERO CONFINADO .

B.2) ACUÍFEROS NO CONFINADOS ,

EN EL CASO DE ACUÍFEROS NO CONFINADOS, SE CONSERVAN LAS MISMAS CONSIDERACIONES RESPECTO A LA FORMA DE LA FRONTERA Y LAS CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO QUE EN EL CASO DE LOS CONFINADOS. EN LA FIGURA 2.12 SE PRESENTA EL COMPORTAMIENTO DEL ACUÍFERO DURANTE LA EXPLOTACIÓN ,

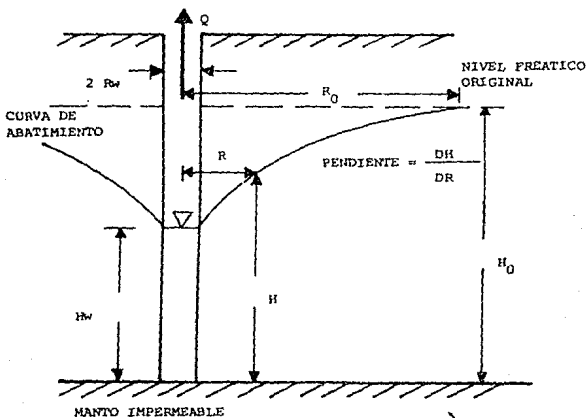


FIGURA 2.12 FLUJO RADIAL ESTABLECIDO EN UN ACUÍFERO NO CONFINADO.

LA EXPRESIÓN QUE NOS PERMITE CUANTIFICAR EL GASTO EXTRAÍDO ESTA REPRESENTADA EN LA SIGUIENTE ECUACIÓN:

$$Q = 77 K \frac{H_0^2 - h_w^2}{\ln (R_0/r_w)} \quad \dots 2.9$$

C) FLUJO RADIAL NO ESTABLECIDO.

CUANDO SE EXTRAHE UNA CANTIDAD CONSTANTE DE AGUA DE UN POZO LOCALIZADO - DENTRO DE UN ACUÍFERO NO LIMITADO, SE PRODUCE UN ÁREA DE INFLUENCIA DENTRO DEL ACUÍFERO QUE CRECE CONFORME PASA EL TIEMPO Y LA CARGA PIEZOMÉTRICA DISMINUYE A MEDIDA QUE SE EXTRAHE EL AGUA ALMACENADA DENTRO DEL ACUÍFERO.

$$H_0 - H = \frac{Q}{4 \pi T} \int_u^{\infty} \frac{e^{-u} du}{u} \quad \dots 2.10$$

$$\text{SIENDO;} \quad = \frac{R^2 S}{4 T t}$$

EN DONDE:

T = COEFICIENTE DE TRANSMISIBILIDAD.

S = COEFICIENTE DE ALMACENAJE.

LA ECUACIÓN 2.10 CONOCIDA COMO ECUACIÓN DE DESEQUILIBRIO DE THIES, PERMITE LA EVALUACIÓN DE S Y T A PARTIR DE PRUEBAS DE BOMBEO, LAS MEDICIONES DE CAMPO CONSISTEN EN REGISTRAR LOS ABATIMIENTOS DE NIVEL EN UN POZO DE OBSERVACIÓN CON RESPECTO AL TIEMPO.

2.3.3 PRUEBAS DE BOMBEO.

LA EJECUCIÓN DE PRUEBAS DE BOMBEO, TIENE COMO OBJETIVO DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL ACUÍFERO Y DE SUS FRONTERAS, TALES COMO SU TRANSMISIVIDAD Y SU COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO ASÍ COMO EL GRADO DE SEMICONFINAMIENTO Y LA CERCANÍA A FRONTERAS IMPERMEABLES O DE CARGA CONSTANTE.

AL REALIZAR LA PRUEBA DE BOMBEO DEBERÁN TOMARSE EN CUENTA DIVERSAS CONSIDERACIONES QUE SUELEN SER IMPORTANTES PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS CORRECTOS. LA SELECCIÓN DEL SITIO ADECUADO PARA LA PERFORACIÓN DEL POZO O BIEN CUANDO EXISTEN POZOS QUE PUEDEN SER UTILIZADOS, DEBEN VERIFICARSE LAS BUENAS CONDICIONES DEL EQUIPO DE BOMBEO CON QUE SE CUENTE Y-

LA FACILIDAD DE ACCESO PARA LA MEDICIÓN DE LOS NIVELES PIEZOMÉTRICOS.

TAMBIÉN ES IMPORTANTE CONOCER BIEN LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y LITOLÓGICAS DEL ACUÍFERO, POR ELLO SE DEBERÁN DE ESTABLECER PERFILES-GEOLÓGICOS DE DETALLE, CON BASE EN LOS POZOS YA EXISTENTES, EN LOS -- QUE SE REALICEN CON MOTIVO DE LA PRUEBA Y EN LA GEOLÓGIA SUPERFICIAL. LA DISTANCIA A LA CUAL DEBEN UBICARSE LOS POZOS DE OBSERVACIÓN ESTARÁ EN FUNCIÓN AL TIPO DE POZO Y A LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DEL ACUÍFERO YA SEA LIBRE Ó CONFINADO. PARA ELLO ES IMPORTANTE TOMAR EN CUENTA EL CAUDAL BOMBEO, MIENTRAS MÁS BAJO SEA EL CAUDAL EXTRAÍDO MÁS PROXIMOS AL POZO DE BOMBEO DEBEN SITUARSE LOS POZOS DE OBSERVACIÓN. GENERALMENTE, SE CONSIDERA ADECUADO EL EMPLAZAMIENTO DE LOS POZOS DE -- OBSERVACIÓN A DISTANCIAS ENTRE 30 Y 150 M. DEL POZO DE BOMBEO.

DE IGUAL IMPORTANCIA ES LA ADECUADA PROFUNDIDAD DE LOS POZOS DE OBSERVACIÓN, ES NECESARIO VERIFICAR QUE ÉSTOS CAPTEN EL MISMO ACUÍFERO QUE SE ESTÁ BOMBEOANDO. EN CASO DE ESCASES DE DATOS GEOLÓGICOS SE RECOMIENDA PERFORAR LOS POZOS DE OBSERVACIÓN A UNA PROFUNDIDAD SIMILAR A LA DEL POZO DE BOMBEO.

CON RESPECTO A LA DURACIÓN DE LA PRUEBA, LA RECOMENDACIÓN ES ALARGARLA TANTO COMO SEA POSIBLE. EN ACUÍFEROS CONFINADOS LAS PRUEBAS DE 12 A 24 HORAS SUELEN SER SUFICIENTES, EN ACUÍFEROS CONFINADOS PROFUNDOS-PUEDEN OBTENERSE RESULTADOS SATISFACTORIOS CON TAN SOLO 8 Ó 9 HORAS - DE BOMBEO. EN ACUÍFEROS LIBRES EN GENERAL SE REQUIERE DE PRUEBAS DEMAYOR DURACIÓN YA QUE LOS EFECTOS TARDAN MÁS EN AVANZAR Y ES COMÚN ALCANZAR LAS 96 HORAS DE BOMBEO. UNA VEZ SUSPENDIDO EL BOMBEO ES CONVENIENTE MEDIR LA RECUPERACIÓN DE LOS NIVELES PIEZOMÉTRICOS DURANTE UNPERIODO SIMILAR AL DE BOMBEO PARA VERIFICAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

DADA LA IMPORTANCIA DE LA PRUEBA PERO SOBRE TODO SU COSTO Y EL PERIODO DE EJECUCIÓN, ES IMPORTANTE ANTES DE REALIZARSE, REVISAR LAS CONDICIONES GENERALES EN EL ACUÍFERO, LOS NIVELES PIEZOMÉTRICOS Y EL BUENESTADO DEL EQUIPO A UTILIZAR.

A PARTIR DE LA INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUE-

BA DE BOMBEO, SE PODRÁN ESTIMAR LOS ABATIMIENTOS PRODUCIDOS POR GRUPOS DE POZOS Y SELECCIONAR LA SEPARACIÓN DE LOS MISMOS TAL QUE NO SE PRODUZCAN ABATIMIENTOS EXCESIVOS.

2.4 GEOLGIA SUPERFICIAL.

EL CONOCIMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS EN LA SUPERFICIE ES DE GRAN IMPORTANCIA, TANTO AL DEFINIR EL GRADO DE INFILTRACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN HACIA EL INTERIOR DEL SUBSUELO COMO PARA CONOCER EL GRADO DE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN Ó ALMACENAMIENTO EN LA SUPERFICIE Y EN CONSECUENCIA LA MAGNITUD DEL ESCURRIMIENTO HACIA LAS FUENTES DE AGUAS SUPERFICIALES. SIN EMBARGO UNO DE LOS ASPECTOS MÁS IMPORTANTES AL ANALIZAR LA GEOLOGÍA SUPERFICIAL LO CONSTITUYE AL HACER LA SELECCIÓN DEL SITIO MÁS ADECUADO PARA LA UBICACIÓN DE LA ESTRUCTURA HIDRÁULICA QUE PERMITIRÁ LA REGULACIÓN Y CAPTACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL.

EN EL INCISO 2.2 SE PRESENTAN DE MANERA GENERAL LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS DIFERENTES FORMACIONES GEOLÓGICAS HACIENDO RESALTAR AQUELLOS QUE INFLUYEN Ó DETERMINAN SU PROPIEDAD PARA CONTENER AGUA. EN EL CASO DE LAS FUENTES DE AGUAS SUPERFICIALES EL CONOCIMIENTO DE LOS ESTRATOS Ó FORMACIONES GEOLÓGICAS RESULTA IMPORTANTE, YA QUE AL PODER CONOCER CARACTERÍSTICAS COMO LA POROSIDAD Y LA PERMEABILIDAD DEL TERRENO, PODREMOS DETERMINAR LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LA FUENTE EN CUESTIÓN.

POR OTRA PARTE LA EXISTENCIA DE FISURAS Ó FRACTURAS EN EL TERRENO, PRODUCTO DE MOVIMIENTOS TECTÓNICOS DA ORIGEN A FALLAS GEOLÓGICAS QUE INCREMENTAN LA INFILTRACIÓN Y EN CONSECUENCIA AFECTAN LA ESTABILIDAD DE LAS MASAS ROCOSAS LO QUE A SU VEZ PONDRÍA EN RIESGO LA ESTABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS QUE PERMITIRÁN LA REGULACIÓN Y EL ALMACENAMIENTO DEL AGUA SUPERFICIAL.

2.5 HIDROLOGIA SUPERFICIAL.

OTRO ASPECTO IMPORTANTE AL SELECCIONAR LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO MÁS APROPIADA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE A UNA LOCALIDAD, CONSISTE

EN CONOCER LOS ELEMENTOS HIDROLÓGICOS RELACIONADOS CON LA SUPERFICIE; DE IGUAL MANERA QUE EN EL ANÁLISIS SUBTERRÁNEO, LA HIDROLOGÍA SUPERFICIAL COMPRENDE LOS ASPECTOS DE ALMACENAMIENTO Y CIRCULACIÓN DE LAS AGUAS TERRESTRES EN LA SUPERFICIE, LA DETERMINACIÓN DE SUS CARACTERÍSTICAS Y SU COMPORTAMIENTO ANTE LA ACCIÓN HUMANA. EL BALANCE DE LAS AGUAS CONTENIDAS EN UNA FUENTE SUPERFICIAL ESTA DIRECTAMENTE IMPLICADO CON LAS DIFERENTES FACETAS DEL CICLO HIDROLÓGICO; LA MAGNITUD DE LA PRECIPITACIÓN Y EL NIVEL DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL, SON LOS PRINCIPALES FACTORES DE LA FUNCIÓN DE RECARGA, MIENTRAS QUE LA DESCARGA ESTA CONFORMADA POR LA INFILTRACIÓN, LA EVAPORACIÓN Y LA EXTRACCIÓN.

EL PUNTO DE PARTIDA AL REALIZAR UN ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA SUPERFICIAL, CONSISTE EN DELIMITAR LA CUENCA HIDROLÓGICA, ES DECIR EL ÁREA Ó SUPERFICIE DE TERRENO QUE FÍSICAMENTE Y POR SUS CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS CONTRIBUYE A LA ACUMULACIÓN Ó CAPTACIÓN DE LAS AGUAS PRECIPITADAS. DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS, LA PENDIENTE DE LA CUENCA Y LA RED DE DRENAJE EN EL INTERIOR DE LA MISMA, SON FACTORES QUE DEFINEN LA MAGNITUD DE LOS POSIBLES ESCURRIMIENTOS Y EN CONSECUENCIA EL VOLUMEN DE APORTACIÓN HACIA LA FUENTE.

2.5.1 PRECIPITACIÓN.

EL TIPO DE PRECIPITACIÓN, SU DURACIÓN, SU INTENSIDAD Y SU DISTRIBUCIÓN EN EL TIEMPO Y EN EL ESPACIO SON CARACTERÍSTICAS QUE NOS PERMITEN VALUAR LA MAGNITUD DEL AGUA PRECIPITADA Y ESTIMAR SU VOLUMEN ACUMULADO EN LA FUENTE. A PARTIR DE LOS DATOS ACUMULADOS DE DIVERSAS PRECIPITACIONES, SOBRE UNA REGIÓN DURANTE UN PERIODO DETERMINADO Y DE SU ANÁLISIS Y VALUACIÓN ESTADÍSTICA, ES POSIBLE LLEGAR A ESTABLECER LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA PROBABLE, CON LO QUE A SU VEZ ESTAREMOS EN CONDICIONES DE DETERMINAR EL VOLUMEN MÁXIMO CONDUCTIDO POR UNA CORRIENTE.

2.5.2 ESCURRIMIENTO.

DEL VOLUMEN TOTAL DE AGUA PRECIPITADA, UNA PORCIÓN ESCURRIRÁ POR ENCIMA DE LA SUPERFICIE ESTANDO ESTA MAGNITUD EN FUNCIÓN AL TIPO DE VEGETA

CIÓN Y A LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL TERRENO; CUANDO SE TIENE UNA VEGETACIÓN ABUNDANTE ÉSTA IMPIDE QUE EL AGUA FLUYA RÁPIDAMENTE, PROPICIANDO SU ACUMULACIÓN Y SU POSTERIOR INFILTRACIÓN, DE IGUAL MANERA CUANDO LA POROSIDAD Y LA PERMEABILIDAD DEL TERRENO SON ALTAS, LA INFILTRACIÓN HACIA EL INTERIOR DEL SUBSUELO TAMBIÉN ES IMPORTANTE IMPIDIENDO QUE EL VOLUMEN DEL ESCURRIMIENTO SEA DE CONSIDERACIÓN.

2.5.3 EVAPORACIÓN.

LA MAGNITUD DE LA EVAPORACIÓN ESTARÁ DE ACUERDO A LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS, LA INTENSIDAD DE LOS RAYOS SOLARES, LA TEMPERATURA, EL VIENTO Y LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA SON ENTRE OTROS LOS FACTORES QUE DETERMINAN LA CANTIDAD DE AGUA EVAPORADA, ADEMÁS DE EL ÁREA QUE SE ENCUENTRA EN CONTACTO DIRECTO CON LA ATMÓSFERA.

2.5.4 EXTRACCIÓN.

SIN DUDA ALGUNA EL PROCESO DE MAYOR AFECTACIÓN EN EL BALANCE DEL AGUA SUPERFICIAL ES EL DE LA EXTRACCIÓN POR MEDIOS MECÁNICOS DEL CAUDAL ALMACENADO EN UNA CORRIENTE, ESTA EXTRACCIÓN SE DA GENERALMENTE PARA DIVERSOS -- USOS ENTRE LOS CUALES DESTACAN: EL CONSUMO PARA RIEGO AGRÍCOLA, EL CONSUMO PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, EL CONSUMO PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y EL CONSUMO INDUSTRIAL (PARA ENFRÍAMIENTO DE EQUIPOS). -- ÉSTE PROCESO QUE ES GENERADO POR EL HOMBRE, ES EL QUE FRECUENTEMENTE HA PROPICIADO EL DESEQUILIBRIO EN EL BALANCE, CON EL CONSECUENTE ABATIMIENTO DE LOS NIVELES NORMALES Y EN CASOS EXTREMOS EL AGOTAMIENTO DE LA FUENTE.

2.6 ESTUDIOS DE CALIDAD DEL AGUA.

UNA VEZ DETERMINADO EL POTENCIAL MÁXIMO DE EXPLOTACIÓN A QUE PUEDE ESTAR-SOMETIDA UNA FUENTE DE ABASTECIMIENTO, RESULTA DE GRAN IMPORTANCIA EL REALIZAR ESTUDIOS Y ANÁLISIS SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA CONTENIDA EN ELLA, YA QUE ÉSTE ES UN FACTOR QUE PUEDE LIMITAR EL GRADO DE SU UTILIZACIÓN. EN CADA UNO DE LOS PASOS POR LO QUE CIRCUILA EL AGUA, SE MANTIENE EN CONTACTO CON DIFERENTES AGENTES LOS CUALES INTERFIEREN Y VAN CONFORMANDO SUS CARACTERÍSTICAS; SIN EMBARGO EL PROCESO EN EL CUAL SUFRE MAYOR AFECTACIÓN SE --

DA DURANTE EL RECORRIDO Y EL CONTACTO DEL ESCURRIMIENTO CON EL SUELO, -- DURANTE ESTE LAPSO EL AGUA DISUELVE MUCHOS ELEMENTOS ENTRE ELLOS: ÓXIDOS, SALES, BASES, ÁCIDOS, ETC., LOS QUE ALTERAN SU PUREZA ORIGINAL. POR OTRA PARTE, LAS FORMACIONES CON ALTA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN SUFREN UNA FÁCIL CONTAMINACIÓN DEBIDA A LA DESCARGA INCONTROLADA DE AGUAS RESIDUALES -- SOBRE LA SUPERFICIE.

TODO LO ANTERIOR HACE VER LA NECESIDAD DE ANALIZAR LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO ANTES DE -- PROCEDER A SU EXPLOTACIÓN Y ADEMÁS ESTABLECER UN MONITOREO DURANTE TODO -- EL TIEMPO DE SU EXTRACCIÓN, YA QUE APARTE DE UNA CONTAMINACIÓN EXTERIOR, -- PUEDE EXISTIR INDUCCIÓN DEL FLUJO DE AGUA DE MANTOS CON ALTO CONTENIDO, -- DE MATERIA CONTAMINANTE. POR ELLO ES NECESARIO REALIZAR ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS DE MUESTRAS DE AGUA EXTRAIDAS DIRECTA Y SISTEMÁTICAMENTE DE LA FUENTE, EN ELLOS SE DETERMINARÁN LOS CONTENIDOS DISUELTOS DE DIVERSAS SUSTANCIAS, LO QUE SERVIRÁ PARA CARACTERIZAR EL AGUA, Y -- DEFINIR QUE USOS PUEDEN DARSELE, Ó BIEN QUE TRATAMIENTO REQUIERE PARA DETERMINADO USO Y AL MISMO TIEMPO ESTABLECER PLANES DE EXPLOTACIÓN PARA MANTENER LA CALIDAD DEL AGUA DE LA FUENTE.

2.6.1 CARACTERIZACIÓN.

EL MUESTREO Y ANÁLISIS DEL AGUA ES UNA OPERACIÓN QUE REQUIERE DE PERSONAL ESPECIALIZADO, EL CUAL DEBERÁ VIGILAR Y HACER CUMPLIR LAS NORMAS EXISTENTES PARA ESTE TIPO DE ACTIVIDADES, EN CASO CONTRARIO LOS RESULTADOS NOS -- PUEDEN CONDUCIR A CONCLUSIONES ERRÓNEAS.

LA CONCENTRACIÓN DE UNA DETERMINADA SUBSTANCIA DISUELTA EN EL AGUA SE EXPRESA EN PARTES POR MILLÓN EN PESO. (PPM), EN MILIGRAMOS POR LITRO (MG/L) Y EN MILIEQUIVALENTES POR LITRO (MEQ/L). ESTA ÚLTIMA UNIDAD SE UTILIZA -- PARA RELACIONAR IONES Y SE OBTIENE AL DIVIDIR LA CONCENTRACIÓN IÓNICA EN MG/L, ENTRE EL PESO ATÓMICO Y ENTRE MIL Y MULTIPLICARLO POR SU VALENCIA; -- EN ESTAS UNIDADES, LA SUMA DE LAS CONCENTRACIONES DE ANIONES DEBE SER -- IGUAL A LA DE CATIONES EN UNA MUESTRA.

EN LOS CASOS EN QUE SE CONSIDERE NECESARIO, LA DETERMINACION DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA, PUEDE HACERSE EN EL MISMO SITIO DE MUESTREO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN EQUIPO PORTATIL; SIN EMBARGO ES CONVENIENTE QUE SIEMPRE QUE SEA POSIBLE, LOS ANÁLISIS SE LLEVEN A CABO EN UN LABORATORIO QUE CUENTE CON TODOS LOS ADITAMENTOS NECESARIOS QUE PERMITAN OBTENER RESULTADOS MÁS CONFIABLES. EN LA TABLA 2.3 SE ENLISTAN LOS ELEMENTOS MÁS COMUNES EN LA CARACTERIZACIÓN DEL AGUA,

1) SÓLIDOS DISUeltOS TOTALES	11) CARBONATOS
2) CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	12) BICARBONATOS
3) DUREZA	13) NITRATOS
IONES DE:	14) NITRITOS
4) CALCIO	15) BORO*
5) MAGNESIO	16) ARSENICO*
6) SODIO	17) FLUOR*
7) FIERRO	18) LITIO*
8) MAGNESO	19) PLOMO*
9) POTASIO	20) COLIFORMES**
10) CLORUROS	21) COLONIAS BACTERIANAS**

TABLA 2.3 ELEMENTOS PARA CARACTERIZAR EL AGUA.

* SOLO EN CASOS ESPECIALES

** PARA CONSUMO HUMANO.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ANÁLISIS DE CALIDAD PUEDEN SER PRESENTADOS POR MEDIO DE CUADROS Ó TABLAS EN DONDE SE INDIQUE PERFECTAMENTE LA PROCEDENCIA, HORA, LUGAR DE MUESTREO, Y DEMÁS DATOS PARA SU IDENTIFICACIÓN ASÍ COMO LA CONCENTRACIÓN DE TODOS Y CADA UNO DE LOS ELEMENTOS ANALIZADOS, TAMBIÉN PODRÁN OBTENERSE PLANOS REGIONALES CON CURVAS DE IGUAL CONCENTRACIÓN, ESTO CUANDO LA INFORMACIÓN OBTENIDA SEA SUFICIENTE Ó CUANDO SE TRATE DE UN ESTUDIO DE MAYOR PROFUNDIDAD.

2.6.2 HIDROGEOQUÍMICA.

LA HIDROGEOQUÍMICA SE CONSTITUYE COMO UN MÉTODO QUE PERMITE INFERIR EL -

ORIGEN DEL AGUA QUE ALIMENTA A UNA FUENTE. DE ACUERDO CON LOS ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE LA QUÍMICA DEL AGUA SE TIENEN LAS SIGUIENTES TENDENCIAS:

A) LA CONCENTRACIÓN DE LOS MINERALES DISUELTOS EN EL AGUA CRECE CON EL TIEMPO DE CONTACTO CON LA ROCA QUE LA CONTIENE.

B) LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS MINERALES DISUELTOS EN EL AGUA DEPENDE DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS ROCAS EN LAS QUE SE ENCUENTRAN.

FUERA DE ESTAS DOS TENDENCIAS ES DIFÍCIL ESTABLECER REGLAS QUE SEAN GENERALES DEBIDO A LA GRAN CANTIDAD DE FACTORES QUE INTERVIENEN PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL AGUA. SIN EMBARGO ALGUNOS RESULTADOS OBTENIDOS EMPÍRICAMENTE AYUDAN A RELACIONAR EL CARÁCTER QUÍMICO DEL AGUA. ÉSTE SE CONFORMA DE LA SIGUIENTE MANERA:

A) EN LA EVAPORACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL EXISTENTE SOBRE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA, EL VIENTO FUNCIONA COMO UN AGENTE QUE FACILITA LA TRANSFERENCIA DE MINERALES EN LA FASE DE VAPOR. LOS MINERALES TRANSFERIDOS SON CLORUROS Y SULFATOS DE SODIO, MAGNECIO, CALCIO Y POTASIO.

B) EN LA ATMÓSFERA AL CONDENSARSE EL AGUA, SE AGREGAN EL NITRÓGENO - EL OXÍGENO Y EL BIÓXIDO DE CARBONO.

C) DURANTE EL CONTACTO CON EL SUELO TERRESTRE, EL AGUA -- DESCOMPONE LA MATERIA ORGÁNICA CONSUMIENDO EL OXÍGENO DISUELTO, DISOLVIENDO EL BIÓXIDO DE CARBONO Y FORMANDO ÁCIDO CARBÓNICO; ESTE ÁCIDO REACCIONA DESPUÉS DURANTE SU ALMACENAMIENTO FORMANDO BICARBONATOS SOLUBLES.

D) EN LOS ACUÍFEROS EL AGUA DISUELVE MINERALES Y LIBERA ANIONES Y CATIONES, OXIDA MINERALES SULFUROSOS FORMANDO SULFATOS, SE REDUCEN SUS SULFATOS EN SOLUCIÓN POR ACCIÓN BACTERIANA PRODUCIENDO BIÓXIDO DE CARBONO, PRECIPITA SALES QUE HAN LLEGADO A LA SOBRESATURACIÓN E INTERCAMBIA CATIONES.

E) AL EVAPORARSE NUEVAMENTE, EL AGUA DEJA EN LA SUPERFICIE SUS COMPONENTES QUÍMICOS DISUELTOS, AL ESCURRIR HACIA EL MAR LLEVA LOS SÓLIDOS DISUELTOS Y MATERIA EN SUSPENSIÓN.

LA CONCENTRACIÓN DE UN MINERAL EN EL AGUA DEPENDE MAS DE SU MOVILIDAD O FACILIDAD PARA SER DISUELTO QUE DE SU ABUNDANCIA, - POR EJEMPLO, EL SILICIO ES MUY ABUNDANTE PERO INMOVIL Y SE LE ENCUENTRA SÓLO EN PEQUEÑAS CANTIDADES, MIENTRAS QUE EL CLORO - QUE NO ES MUY ABUNDANTE, ES CONSTITUYENTE OBLIGADO DE SUS SÓLIDOS DISUELTOS, LOS IONES MAS COMUNES DE LOS SÓLIDOS DISUELTOS EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS SON LOS SIGUIENTES :

CATIONES.- SODIO (NA), POTASIO (K), CALCIO (CA), MAGNECIO (MG) Y NITRÓGENO (N) .

ANIONES.- BICARBONATO (HCO_3), CARBONATO (CO_3), CLORO (CL) Y SULFATO (SO_4) .

LOS IONES MENOS FRECUENTES SON :

CATIONES.- NITRITO (NO_2), ALUMINIO (AL) Y FIERRO (FE) .

ANIONES.- NITRATOS (NO_3), SILICATO (SO_3) E HIDROXIDO (OH) .

LAS FORMACIONES QUE MAS AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA AL PROPICIAR QUE EL AGUA QUE CONTIENEN SE MEZCLE CON LA DEL ACUÍFERO, SON LAS EVAPORITAS COMO EL YESO Y LA ANHIDRITA, LOS DEPÓSITOS DE ORIGEN ORGÁNICO COMO LAS TURBAS Y EL CARBÓN Y LAS ARCILLAS . EN LAS EVAPORITAS PREDOMINAN LOS IONES DE SULFATO Y DE CALCIO, EN LOS DEPÓSITOS EL FIERRO, EL MAGNESO Y LOS NITRATOS ; EN LAS ARCILLAS LOS CLORUROS, SULFATOS, SODIO, CALCIO Y MAGNECIO .

2.6.3 NORMAS DE CALIDAD .

DE ACUERDO CON EL USO A QUE SE DESTINA EL AGUA, SE TIENEN DIVERSAS NORMAS DE CALIDAD, LAS CUALES DEBERÁN COMPARARSE CON LOS PARÁMETROS DE LAS AGUAS EXTRAIDAS DE LA FUENTE, QUE PARA EL CASO DE POZOS SON GENERALMENTE ACEPTABLES . LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS) HA ESTABLECIDO NORMAS A NIVEL INTERNACIONAL PARA LOS PARÁMETROS MAS REPRESENTATIVOS EN LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO (POTABLE) . EN NUESTRO PAÍS LA SECRETARÍA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA ESTABLECIÓ LAS NORMAS DE CALIDAD EN VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES, EN LA TABLA 2,4 SE INDICAN EN FORMA COMPARATIVA DICHOS VALORES .

PARÁMETRO	SECRETARÍA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA (2)	ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD
NITRÓGENO AMONÍACAL (NH ₃)	0.50	0.50
NITRATOS (NO ₃)	5	45
NITRITOS (NO ₂)	0.50	- - -
SÓLIDOS TOTALES	1000	1500
DUREZA (CaCO ₃)	300	- - -
CLORUROS (CL)	250	600
SULFATOS (SO ₄)	250	400
MAGNESIO (MG)	125	150
ZINC (ZN)	15	15
COBRE (CU)	3	1.5
FLUÓRIDO (F)	1.5	1.5
PIERO (FE)	0.30	1.0
MAGNESIO (MN)	0.30	- - -
ARSENILO (AC)	0.05	0.2
SELENILO (SE)	0.05	0.05
CRONO (CR)	0.05	0.05
FENOL	0.001	0.002
TURBIDIDAD (ESCALA SÍLICE)	10	100
CLORO (ESCALA PLATINO-COBALTO)	20	50
SAEOR	INSÍPIDA	
OLOR	INDODORA	
COLIFORMES EN 100 CM ³	20	2
COLONIAS BACTERIANAS POR CM ³	200	(UTILIZA OTROS CRITERIOS)
DETERGENTES (ABS)	- - - -	0.05

TABLA 2.4 VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE LOS PARAMETROS PARA AGUA POTABLE

(2) REGLAMENTO FEDERAL SOBRE OBRAS DE PROVISIÓN DE AGUA POTABLE (1953), S.S.A.

CAPITULO TERCERO

III. DISEÑO DE OBRAS DE CAPTACION

UNA VEZ REALIZADOS LOS ESTUDIOS BÁSICOS QUE SE HALLAN CONSIDERADO COMO NECESARIOS Y SUFICIENTES PARA PODER TENER UNA VISIÓN GENERAL DE LAS DIFERENTES OPCIONES Y PODER ASÍ SELECCIONAR LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO MÁS ADECUADA O BIEN LA ESTRATEGIA DE EXPLORACIÓN DE DOS O MÁS FUENTES EN FORMA ALTERNA O SIMULTÁNEA Y QUE PERMITA SATISFACER LAS NECESIDADES CONTEMPLADAS EN EL HORIZONTE DEL PROYECTO, SE TENDRÁN LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA DEFINIR QUÉ TIPO DE OBRA DE CAPTACIÓN PODRÁ SER UTILIZADA Y CON QUÉ CARACTERÍSTICAS DEBERÁ CONTAR PARA CAPTAR EL VOLÚMEN DE AGUA CONSIDERADO.

ES IMPORTANTE SEÑALAR QUE PREVIAMENTE A LA EJECUCIÓN DE LOS ESTUDIOS DE CAMPO Y AL DISEÑO DE LAS OBRAS QUE CONFORMARÁN EL SISTEMA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE A UNA COMUNIDAD; SE DEBERÁ REALIZAR UN ESTUDIO PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DE LA LOCALIDAD QUE PERMITAN A SU VEZ ESTABLECER SUS

NECESIDADES DE CONSUMO, SUS HÁBITOS Y COSTUMBRES, SU MAGNITUD ACTUAL Y SUS POSIBILIDADES DE DESARROLLO Y SUS ACTIVIDADES ECONÓMICAS, ENTRE OTRAS. A PARTIR DEL CONOCIMIENTO DE ESTOS ELEMENTOS SE PODRÁN ESTABLECER LOS "DATOS BÁSICOS DE PROYECTO", LOS CUALES SERVIRÁN PARA DETERMINAR LA MAGNITUD DE LAS OBRAS QUE INTEGRARÁN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

EN EL PRESENTE CAPÍTULO SE PRETENDE DAR UNA VISIÓN GENERAL DE LO QUE SON LAS OBRAS DE CAPTACIÓN PARA AGUA POTABLE, LOS CRITERIOS QUE SE EMPLEAN PARA SU UBICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN, ASÍ COMO LOS PARÁMETROS QUE SE CONSIDERAN EN SU DISEÑO.

3.1 CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS

LA CAPTACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS GENERALMENTE SE LLEVA A CABO POR MEDIO DE POZOS DE BOMBEO Y SÓLO EN LOS CASOS EN QUE LA TOPOGRAFÍA DEL TERRENO Y LA PROFUNDIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA LO PERMITAN, PODRÁ HACERSE POR MEDIO DE GALERÍAS FILTRANTES O DRENES, YA QUE DE OTRA MANERA EL EMPLEO DE ESTAS ESTRUCTURAS RESULTARÍA ANTEICÓNOMICA. EN FUNCIÓN A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ESTUDIOS DE CAMPO Y GABINETE, SE PODRÁN CONOCER CARACTERÍSTICAS DEL ACUÍFERO TALES COMO SU MAGNITUD, SU EXTENSIÓN, SU PROFUNDIDAD Y ESTRATIGRAFÍA, EL RENDIMIENTO O CAPACIDAD DE SUMINISTRO Y LA FACILIDAD CON QUE PUEDE SER EXTRAÍDA EL AGUA, ASÍ COMO EL COMPORTAMIENTO DE LA FUENTE DURANTE LA FASE DE EXPLOTACIÓN. ÉSTO A SU VEZ PERMITIRÁ DEFINIR EL TIPO DE POZO POR CONSTRUIR, LA PROFUNDIDAD DE SU COLUMNA DE SUCCIÓN, LA SEPARACIÓN POSIBLE ENTRE POZOS Y EL CAUDAL MÁXIMO QUE PODRÁ EXTRAERSE EN CADA UNO DE ELLOS.

3.1.1 TIPOS DE POZOS

EXISTEN DIVERSAS MANERAS DE CLASIFICAR A LOS POZOS QUE SE UTILIZAN PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ALGUNAS SE DAN DE ACUERDO A LA PROFUNDIDAD A QUE HA DE UBICARSE EL CEDAZO,

OTRAS SEGÚN EL ACUÍFERO QUE SE PRETENDE EXPLOTAR. DE ACUERDO A ESTOS CRITERIOS TENEMOS LOS SIGUIENTES.

- POZO SOMERO.- SE DICE QUE UN POZO ES DE TIPO SOMERO, CUANDO CUANDO EL ACUÍFERO POR EXPLOTAR SE ENCUENTRA A UNA PROFUNDIDAD RELATIVAMENTE CORTA GENERALMENTE DE 30 Ó 40 M. APROXIMADAMENTE.
- POZO PROFUNDO.- SE REFIERE A LOS POZOS CUYA PROFUNDIDAD REQUIERE DE TÉCNICAS MÁS ESPECIALIZADAS PARA SU PERFORACIÓN, EN ALGUNOS CASOS DICHA PROFUNDIDAD LLEGA A SER SUPERIOR A LOS 100 M.
- POZO ARTESIANO.- SE TIENE UN POZO DE TIPO ARTESIANO CUANDO EL ACUÍFERO POR EXPLOTAR ES DE TIPO CONFINADO (ARTESIANO).
- NORIA.- COMUNMENTE SE UTILIZA ESTE NOMBRE CUANDO SE TRATA DE POZOS CONSTRUÍDOS EN FORMA RÚSTICA, GENERALMENTE SIN NINGUNA TÉCNICA Y PARA ABASTECIMIENTO DE ALGUNAS FAMILIAS EN ZONAS RURALES.

ESTA CLASIFICACIÓN ES FRECUENTEMENTE UTILIZADA POR DIVERSOS AUTORES EN SUS TEXTOS, SIENDO LOS DEL TIPO SOMERO Y PROFUNDO LOS DE APLICACIÓN MÁS GENERAL.

UNA MANERA MÁS GENERALIZADA DE CLASIFICAR A LOS POZOS, SE DA DE ACUERDO AL MÉTODO EMPLEADO PARA SU CONSTRUCCIÓN O EN FUNCIÓN A LA TÉCNICA EMPLEADA PARA SU PERFORACIÓN.

A) POZOS CAVADOS

SE TRATA DE POZOS A POCA PROFUNDIDAD EN DONDE COMUNMENTE SE EMPLEAN HERRAMIENTAS MANUALES, LA EXCAVACIÓN SE LLEVA EN FORMA CONTINUA HASTA QUE EL AGUA FLUYE HACIA EL INTERIOR CON MAYOR RAPIDEZ DE LA QUE PUEDE SER EXTRAÍDA. ESTOS POZOS DEBEN SER TERMINADOS ESTRUCTURALMENTE CUANDO EL NIVEL FREÁTICO SE ENCUENTRA A SU MÍNIMO NIVEL O PRÓXIMO A ÉL, DE LO CONTRARIO TENDRÍAN QUE

PROFUNDIZARSE POSTERIORMENTE. EN LA FIGURA 3.1 SE DA UN ESQUEMA DE UN POZO DE ESTAS CARACTERÍSTICAS,

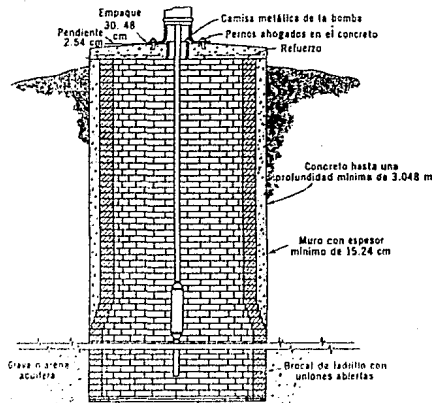


FIGURA 3.1 POZO CAVADO CON REVESTIMIENTO DE MAMPOSTERÍA

A ESTOS POZOS COMUNTE SE LES ADEMA CON MADERA, O SE LES REVIS TE CON LADRILLO, PIEDRA EN BRUTO, CONCRETO O BIEN SE LES RECUBRE CON TUBOS DE BARRO VITRIFICADO O TUBOS DE CONCRETO REFORZADO.

CUANDO EL POZO POR EXCAVAR ES MÁS GRANDE Y PROFUNDO, SE CONSTRUYE HUNDIENDO SU REVESTIMIENTO CONFORME SE PROFUNDIZA LA EXCAVACIÓN. EL ANILLO QUE SE UTILIZA PARA LA EXCAVACIÓN ES DE PLOMO Y

TIENE UN BORDE DE ACERO PARA CORTE, CONFORME AVANZA LA EXCAVACIÓN SE VAN AGREGANDO NUEVOS ANILLOS. LAS CAMPANAS NEUMÁTICAS PERMITEN QUE EL POZO PENETRE ALREDEDOR DE 6.0 M. POR ABAJO DEL NIVEL FREÁTICO. LA FIGURA 3.2 ILUSTR A UN POZO DE ESTE TIPO.

B) POZOS HINCADOS Y ABIERTOS A CHORRO

ESTE PROCEDIMIENTO SUELE UTILIZARSE CUANDO SE TIENEN FORMACIONES ARENOSAS Y EL POZO VA A CONSTRUIRSE A POC A PROFUNDIDAD. PARA HINCAR EL POZO SE UTILIZA UNA SECCIÓN DE TUBO PERFORADA A LA CUAL SE LE ADAPTA UNA PUNTA GUÍA, COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA 3.3, DICHA GUÍA ES DE UN ANCHO MAYOR QUE EL TUBO CON EL FIN DE REDUCIR LA FRICCIÓN. EN SUELOS DUROS SE UTILIZA UNA ZAPATA CILÍNDRICA EQUIPADA CON CHORROS DE AGUA CON LO CUAL SE AFLOJA EL MATERIAL DEL SUELO QUE POSTERIORMENTE ES ARRASTRADO HACIA LA SUPERFICIE.

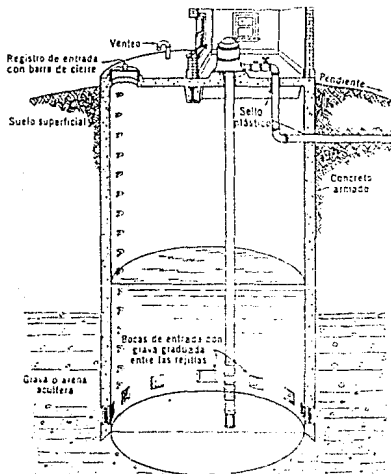


FIGURA 3.2 POZO CAVADO CON REVESTIMIENTO DE CONCRETO.

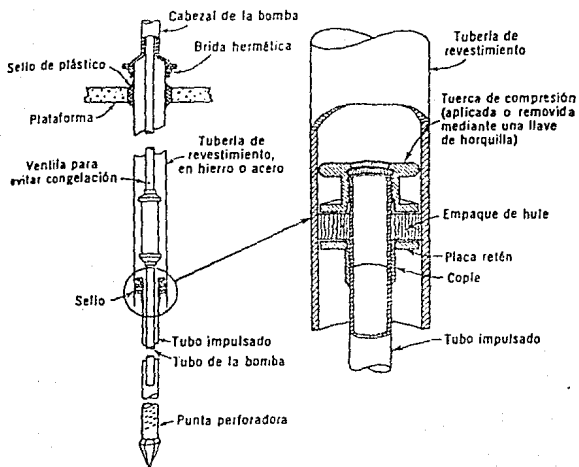


FIGURA 3.3 EQUIPO PARA UN POZO HINCADO

C) POZOS BARRENADOS

LOS POZOS BARRENADOS PUEDEN SER CONSTRUÍDOS UTILIZANDO HERRAMIENTAS MANUALES O BIEN CON LA AYUDA DE BARRENAS MECÁNICAS. ESTE PROCEDIMIENTO ES ADECUADO CUANDO SE TIENEN SUELOS SUFICIENTEMENTE COHESIVOS CON LO CUAL SE EVITAN LOS POSIBLES DERRUMBES, CUANDO SE BARRENA POR ENCIMA DEL NIVEL FREÁTICO, LA BARRENA SE LEVANTA CONTINUAMENTE PARA LIMPIAR EL MATERIAL QUE SE ADIERE A ELLA; UNA VEZ REBASADO EL NIVEL FREÁTICO, EL MATERIAL ES ARRASTRADO POR EL AGUA, ENTONCES SE UTILIZA UNA BOMBA DE ACHIQUE A FIN DE EXTRAER EL MATERIAL DEL POZO. A MEDIDA QUE SE AUMENTA LA PROFUNDIDAD, SE VAN AGREGANDO SECCIONES DE VARILLA AL VÁSTAGO DE LA BARRENA, MEDIANTE ESTE PROCEDIMIENTO SE HAN CONSTRUÍDO POZOS DE HASTA 1.20 M. DE DIÁMETRO Y PROFUNDIDADES CERCANAS A LOS 50.0 M.

D) POZOS PERFORADOS

LA PERFORACIÓN DE POZOS ES LA TÉCNICA DE CONSTRUCCIÓN MÁS RECOMENDABLE SOBRE TODO SI SE TRATA DE POZOS PROFUNDOS, DENTRO DE ESTE TIPO LOS MÉTODOS DE PERFORACIÓN MÁS UTILIZADOS SON EL DE PERCUSIÓN Y EL ROTATORIO.

D.1) MÉTODO DE PERCUSIÓN

EN ESTE MÉTODO LA PERFORACIÓN DEL POZO SE EFECTUA DEJANDO CAER UNA COLUMNA CON UNA BROCA EN LA PUNTA INFERIOR, MEDIANTE ESTE PROCEDIMIENTO, LA BROCA AL CAER PRODUCE LA FRACTURACIÓN DE LA FORMACIÓN DESPRENDIENDO FRAGMENTOS, ESTOS FRAGMENTOS SE EXTRAEN DEL POZO POR MEDIO DE UN CUCHARÓN Y ADICIONANDO AGUA CUANDO ES NECESARIO. EL EFECTO CORTANTE DE LA BARRENA DEPENDE DE SU FORMA, DEL NÚMERO DE GOLPES Y DE LA INTENSIDAD DEL IMPACTO. EL EQUIPO NECESARIO EN GENERAL CONSISTE DE UNA COLUMNA CON BROCA, BARRENA Y PERCUSOR, UN CABLE PARA IMPRIMIR A LA COLUMNA DE PERFORACIÓN EL MOVIMIENTO DE VAIVEN DADO POR EL BALANCÍN DE LA MÁQUINA DE PERFORACIÓN O FUENTE MOTRIZ. EN LA FIGURA 3.4 SE MUESTRA UN ESQUEMA DE LA FORMA DE OPERACIÓN DEL EQUIPO.

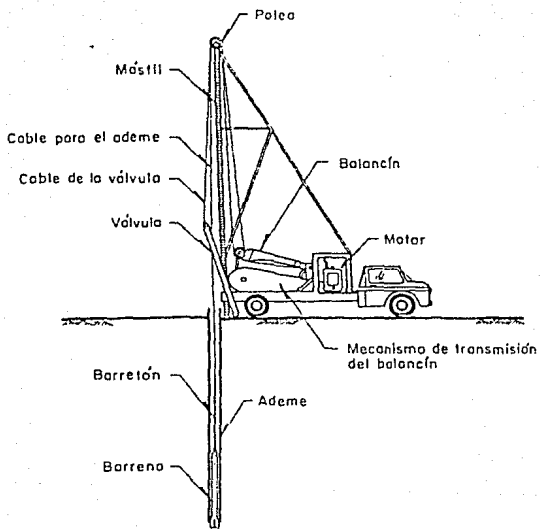


FIGURA 3.4 EQUIPO UTILIZADO EN PERFORACIÓN POR PERCUSIÓN

LA PERFORACIÓN POR EL MÉTODO DE PERCUSIÓN REPRESENTA GRANDES VENTAJAS CUANDO SE TRATA DE FORMACIONES ROCOSAS CONSOLIDADAS YA QUE SE PUEDE PRESCINDIR PARCIAL O TOTALMENTE DEL ADEME, EN FORMACIONES GRANULARES TAMBIÉN PUEDE UTILIZARSE PERO EL ADEME DEBE COLOCARSE CONFORME SE AVANZA EN LA PERFORACIÓN. LA EFECTIVIDAD DEL MÉTODO DEPENDE DE LA RESISTENCIA Y DUREZA DE LA ROCA, EL PESO DE LA COLUMNA DE PERFORACIÓN, LA ALTURA DE CAÍDA DE LA MISMA, EL DIÁMETRO Y LA FORMA DE LA BROCA, LA FRECUENCIA DE GOLPEO Y LA DENSIDAD DEL LODO ACUMULADO DURANTE LA PERFORACIÓN.

ENTRE LAS VENTAJAS QUE REPRESENTA ESTE MÉTODO DE PERFORACIÓN PODEMOS CONTAR LAS SIGUIENTES: A) LA ENERGÍA CONSUMIDA Y EL COSTO DE OPERACIÓN SON BAJOS, B) EL EQUIPO DE PERFORACIÓN ES FÁCILMENTE TRANSPORTABLE Y C) LA ALTERACIÓN DE LA POROSIDAD Y LA PERMEABILIDAD DE LA FORMACIÓN ES BAJA. ALGUNAS DE SUS DESVENTAJAS SON: A) DEBIDO A LA FALTA DE RIGIDEZ EN LA COLUMNA SE DIFICULTA EL CONTROL DE LA VERTICALIDAD DEL POZO, B) EXISTE PELIGRO DE PÉRDIDA DEL ADEME POR INESTABILIDAD EN EL MATERIAL DE LAS PAREDES DEL POZO Y C) SE REQUIERE SUSPENDER LA PERFORACIÓN CADA VEZ QUE SE DESEA REMOVER EL MATERIAL FRAGMENTADO.

D.2) MÉTODO ROTATORIO

EN ESTE MÉTODO LA PERFORACIÓN SE LLEVA A CABO MEDIANTE LA ROTACIÓN DE UNA BROCA, EL MATERIAL CORTADO SE VA REMOVIENDO CONFORME PENETRA LA BROCA EN LA FORMACIÓN POR MEDIO DE LA CIRCULACIÓN DE UN FLUÍDO PARA PERFORACIÓN, DE ESTA FORMA SE EVITA EL TENER QUE SUSPENDER EL PROCESO PARA REMOVER EL MATERIAL FRAGMENTADO. EN ESTE MÉTODO SE CONOCEN DOS VARIANTES.

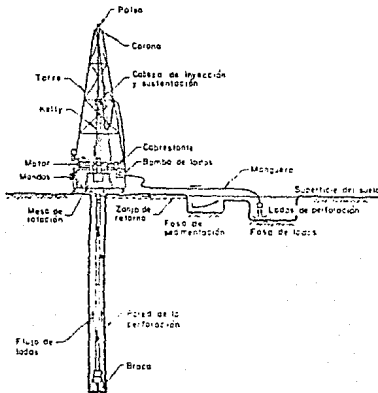
D.2.1) ROTACIÓN CON CIRCULACIÓN DIRECTA

LA BROCA PARA PERFORACIÓN SE COLOCA EN EL EXTREMO FINAL DE UN TUBO HUECO, POR EL INTERIOR DEL CUAL SE BOMBEA UN LÍQUIDO,

(LLAMADO FLUIDO DE PERFORACIÓN) A ALTA PRESIÓN; EL FLUIDO SALE POR UNOS PEQUEÑOS ORIFICIOS EN LA BROCA A ALTAS VELOCIDADES GOLPEANDO EL FONDO Y LAS PAREDES DEL POZO, AYUDANDO A LA BROCA EN SU ACCIÓN EROSIVA. EL FLUIDO SUBE HACIA LA SUPERFICIE POR EL ESPACIO QUE QUEDA ENTRE EL TUBO DE LA BROCA Y LAS PAREDES DE LA FORMACIÓN, LLEVANDO CONSIGO LOS FRAGMENTOS DEL MATERIAL CORTADO. EN LA FIGURA 3.5 SE MUESTRA UN ESQUEMA DE LA APLICACIÓN DE ESTE MÉTODO.

D.2.2) ROTACIÓN CON CIRCULACIÓN INVERSA

EL PRINCIPIO DE PERFORACIÓN ES EL MISMO, SÓLO QUE EN ESTE CASO EL FLUIDO DE PERFORACIÓN CIRCULA HACIA ABAJO POR EL ESPACIO ENTRE LAS PAREDES Y LA TUBERÍA. EN EL FONDO DEL POZO EL FLUIDO ACARREA LOS FRAGMENTOS DEL MATERIAL LLEVÁNDOLOS EN SUSPENSIÓN POR DENTRO DE LA TUBERÍA.



3.5 EQUIPO UTILIZADO EN LA PERFORACIÓN POR ROTACIÓN CON CIRCULACIÓN DIRECTA.

CON AMBOS MÉTODOS ES POSIBLE PERFORAR POZOS AÚN EN SUELOS NO CONSOLIDADOS SIN NECESIDAD DE ADEME, YA QUE EL FLUIDO DE PERFORACIÓN (GENERALMENTE LODO BENTONÍTICO) TIENE TAL DENSIDAD Y VISCOSIDAD QUE SOSTIENE LAS PAREDES DE LA FORMACIÓN. ENTRE LAS VENTAJAS DE ESTOS MÉTODOS DE PERFORACIÓN SE TIENEN LAS SIGUIENTES : A) ALTOS RENDIMIENTOS AÚN A GRANDES PROFUNDIDADES, B) CON UNA BUENA CIRCULACIÓN DEL FLUIDO, SE MANTIENE LIMPIO EL POZO LO CUAL AYUDA A MANTENER EL EFECTO DE LA BROCA Y C) AHORRO EN EL COSTO DEL ADEME. ENTRE LAS DESVENTAJAS SE PUEDEN CITAR : A) PUEDE EXISTIR PÉRDIDA DEL FLUIDO CUANDO SE ATRAVIESAN FORMACIONES MUY PERMEABLES, LO QUE AFECTARÍA LOS PARÁMETROS GEOHIDROLÓGICOS DEL ACUÍFERO Y B) EL COSTO DE OPERACIÓN DEL EQUIPO Y EL CONSUMO DE ENERGÍA SON ALTOS.

EL MATERIAL UTILIZADO COMO FLUIDO DE PERFORACIÓN ES UNA MEZCLA DE ARCILLA Y AGUA CON ALGUNOS ADITIVOS, LA ARCILLA COMUNMENTE USADA ES LA LLAMADA BENTONITA EN CUYA COMPOSICIÓN PREDOMINAN LOS FILOSILICATOS DEL GRUPO DE LA MONTMORILONITA. ESTA MEZCLA TIENE COMO CARACTERÍSTICA PRINCIPAL LA TIXOTROPÍA, ESTA PROPIEDAD CONSISTE EN PASAR DE GEL A LÍQUIDO MEDIANTE LA AGITACIÓN, COMPORTÁNDOSE COMO SÓLIDO CUANDO LA MEZCLA ESTÁ EN REPOSO Y COMO FLUIDO CUANDO ESTÁ EN MOVIMIENTO.

3.1.2 ADEMES.

SE CONOCE COMO ADEME A LA ESTRUCTURA O ELEMENTO ESTRUCTURAL QUE SIRVE PARA DAR PROTECCIÓN Y EL REVESTIDO DEFINITIVO AL POZO, EN EL CASO DE POZOS SOMEROS O RÚSTICOS EL ADEME PUEDE SER DE CONCRETO, DE MANPOSTERÍA O DE TUBOS DE CONCRETO, EN EL CASO DE POZOS PROFUNDOS SE UTILIZAN TUBERÍAS GENERALMENTE DE ACERO, AUNQUE ACTUALMENTE HAN ENTRADO EN EL MERCADO MATERIALES PLÁSTICOS COMO PVC Y POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD. DEPENDIENDO DE SU UTILIDAD O DE SU ESTRUCTURA FÍSICA SE DENOMINAN COMO ADEME CIEGO Y ADEME RANURADO.

A) ADEME CIEGO .

EL OBJETO FUNDAMENTAL DE ADEME CIEGO CONSISTE EN SOSTENER LAS PAREDES DE LA FORMACIÓN PERFORADA Y FUNCIONAR COMO UN CONDUCTO HIDRÁULICO EFICIENTE COMUNICANDO AL ACUÍFERO CON LA SUPERFICIE . TAMBIÉN SIRVE PARA CERRAR EL PASO A OTROS ACUÍFEROS QUE NO SE DESEEN EXPLOTAR EN EL MISMO POZO O PARA EVITAR QUE ACUÍFEROS DE MALA CALIDAD CONTAMINEN EL QUE SI SE DESEA EXPLOTAR.

PARA SU CONSTRUCCIÓN GENERALMENTE SE UTILIZAN TUBOS METÁLICOS CUYAS LONGITUDES VAN DE 6.0 A 9.0 M., LOS TUBOS SE UNEN POR MEDIO DE UN NIPLE ROSCADO O CON SOLDADURA A TOPE . PARA EVITAR LA CORROSIÓN DEBE PROCURARSE EL EMPLEO DE TUBERÍAS DEL MISMO MATERIAL Y CUANDO PUDIERAN OCURRIR ESTE TIPO DE PROBLEMAS SE DEBERÁ RECURRIR AL EMPLEO DE ALEACIONES MAS RESISTENTES Y A PROTECCIONES CATÓDICAS .

EL DIÁMETRO MÍNIMO PARA EL ADEME CIEGO ESTÁ EN FUNCIÓN DEL TIPO DE ADEME RANURADO Y DEL DIÁMETRO DE LA BOMBA, ÉSTE A SU VEZ DEPENDE DEL GASTO BOMBEADO Y DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA PROPIA BOMBA . EL INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO (API) , RECOMIENDA COMO DIÁMETROS MÍNIMOS EN FUNCIÓN DE LA CAPACIDAD DE BOMBEO LOS INDICADOS EN EL CUADRO 3.1 .

DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN EN CM.	DIÁMETRO DEL ADEME EN CM.	CAPACIDAD DE BOMBEO EN L/S
10.8	7.7	< 5
15.9	12.7	HASTA 5
21.6	17.8	" 15
31.2	24.5	" 30
44.5	34.0	" 60
50.8	40.6	" 100
61.0	50.8	> 100

CUADRO 3.1 DIÁMETRO MÍNIMO DEL ADEME, SEGÚN (API)

EL ESPESOR DE LA PARED DEL ADEME DEPENDE DE LOS ESFUERZOS A QUE ESTE SOMETIDA LA TUBERÍA, LOS ESFUERZOS MAS DESFAVORABLES SON LOS DEBIDOS AL EMPUJE DEL TERRENO Y A LAS CARGAS HIDROSTÁTICAS PRODUCIDAS POR LA DIFERENCIA DE NIVEL DEL AGUA ENTRE EL INTERIOR Y EL EXTERIOR DEL POZO .

B) ADEME RANURADO .

EL ADEME RANURADO SE COLOCA EN LA PARTE INFERIOR DEL ADEME - CIEGO Y ES LA PARTE POR DONDE PENETRA EL AGUA DEL ACUÍFERO HACIA EL INTERIOR DEL POZO PARA POSTERIORMENTE SER BOMBEADA HACIA LA SUPERFICIE . EL ADEME RANURADO DEBE REUNIR ALGUNAS CARACTERÍSTICAS ENTRE LAS QUE SE PUEDEN CITAR LAS SIGUIENTES :

- EL TAMAÑO DE LAS RANURAS DEBERÁ ESTAR DISEÑADO DE MODO TAL QUE SE EVITE SU OBSTRUCCIÓN POR ARENAS Y GRAVAS .
- DEBERÁ PROPORCIONAR LA MÁXIMA ÁREA HIDRÁULICA Y PERMITIR UN FÁCIL FLUJO DEL AGUA HACIA EL INTERIOR DEL POZO .
- SU CONSTRUCCIÓN DEBERÁ SER DE UN SOLO MATERIAL RESISTENTE A LA CORROSIÓN Y A LOS ÁCIDOS USADOS PARA DESINCRUSTACIÓN DEL POZO .

LOS TIPOS MAS COMUNES DE ADEMES RANURADOS SON LOS DE RANURA CONTINUA, DE PERSIANA, DE PUENTECILLOS, CON TUBO BASE Y CON TUBO PERFORADO .

LOS ADEMES DE RANURA CONTINUA SE CONSTRUYEN CON UNA ARMASÓN DE VARILLAS LONGITUDINALES SUJETADAS POR UN ALAMBRE ENROLLADO EN ESPIRAL, ESTE ES UNO DE LOS ADEMES CON MAYOR ÁREA HIDRÁULICA Y CON CONDICIONES DE FLUJO UNIFORME, ADEMÁS DE QUE ES MUY RESISTENTE A LOS ESFUERZOS .

EN EL ADEME DE PERSIANA LAS ABERTURAS CONSISTEN EN HILERAS DE PERSIANA ORIENTADAS EN ÁNGULO RECTO O PARALELAS AL EJE DE LA

TUBERÍA , LA FORMA DE LAS ABERTURAS NO ES MUY FAVORABLE YA --
QUE EXISTE LA POSIBILIDAD DE QUE SE OBSTRUYA CON MATERIAL DEL
ACUÍFERO DURANTE EL DESARROLLO DEL POZO ,

LOS PARÁMETROS IMPORTANTES EN EL DISEÑO DEL ADEME SON : LA -
LONGITUD, EL TAMAÑO Y EL TIPO DE ABERTURA, EL MATERIAL Y EL
DIÁMETRO DEL ADEME ,

3.1.3 CEMENTACIÓN Y SELLADO .

CON EL FIN DE PROTEGER LA PERFORACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA E-
ROSIÓN ES NECESARIO EL RELLENADO DEL ESPACIO ANULAR ENTRE EL
ADEME CIEGO Y LAS PAREDES DEL POZO, ESTO ADEMÁS PERMITE EVI--
TAR QUE LAS AGUAS SUPERFICIALES PENETREN AL INTERIOR DEL ACUÍ-
FERO, IMPIDE LA COMUNICACIÓN DEL ACUÍFERO EN EXPLOTACIÓN CON
OTROS QUE NO SE VAYAN A EXPLOTAR Y AYUDA A AUMENTAR LA RESIS-
TENCIA MECÁNICA DEL ADEME . TAMBIEN CONTRIBUYE A FORMAR UN TA-
PÓN O SELLO EN EL FONDO DEL POZO Y AYUDA A CORREGIR POSIBLES
DESVIACIONES DE LA TUBERÍA . EN LA FIGURA 3.6 SE MUESTRA UN
POZO APROPIADAMENTE CEMENTADO Y SELLADO .

EXISTEN DIVERSOS PROCEDIMIENTOS PARA LLEVAR A CABO LAS OPERA-
CIONES DE CEMENTACIÓN Y SELLADO DE UN POZO, ENTRE LOS MAS U--
SUALES ESTAN LOS SIGUIENTES :

A) INTRODUCCIÓN DE LA TUBERÍA DEL ADEME EN EL POZO LLENO DE LA SUSPENSIÓN DE CEMENTO .

SE LLENA EL POZO CON LA MEZCLA DE CEMENTO, YA SEA DESDE LA BO-
CA DEL POZO POR GRAVEDAD O INYECTANDO POR MEDIO DE UNA TUBE--
RÍA, SI EL POZO ESTA LLENO DE AGUA O LODO, LA MEZCLA CEMENTAN-
TE LOS DESPLAZARÁ . POSTERIORMENTE SE INTRODUCE LA TUBERÍA --
DEL ADEME CON EL FONDO CERRADO DESPLAZANDO DE ESTA MANERA A
LA MEZCLA POR EL ESPACIO ANULAR ENTRE LAS PAREDES DE LA FORMA-
CIÓN Y EL ADEME . ESTE PROCEDIMIENTO ES RECOMENDABLE CUANDO
SE TIENEN PROFUNDIDADES MENORES A LOS 50,0 M.

B) INYECCIÓN POR EL ESPACIO ANULAR .

EN ESTE CASO SE INYECTA LA SUSPENSIÓN CEMENTANTE POR EL ESPACIO ANULAR, HACIENDO QUE LOS LODOS SUBAN POR DENTRO DE LA TUBERÍA . CUANDO EL ESPACIO ANULAR ES MUY PEQUEÑO NO ES RECOMENDABLE ESTE PROCEDIMIENTO YA QUE SE DIFICULTA LA INTRODUCCIÓN DE LAS TUBERÍAS DE INYECCIÓN .

C) INYECCIÓN A PRESIÓN POR EL INTERIOR DE LA TUBERÍA .

SE INTRODUCE LA TUBERÍA DEL ADEME EN EL POZO LLENO DE AGUA O LODO HASTA DEJARLA A UNOS 30 CM. DEL FONDO, SE COLOCA UNA TAPA EN EL EXTREMO SUPERIOR DEL TUBO EN LA CUAL SE TIENE UN DISPOSITIVO PARA INYECTAR EL CEMENTANTE , CON UNA BOMBA SE INYECTA LA MEZCLA A TRÁVÉS DE LA TAPA DESPLAZANDO LOS LODOS Y HACIENDOLOS SUBIR POR EL ESPACIO ANULAR , SE CONTINÚA INYECTANDO LA SUSPENSIÓN HASTA COMPLETAR EL VOLUMEN ESTIMADO EN DICHO ESPACIO, INYECTANDO POSTERIORMENTE AGUA Y LODO A PRESIÓN PARA HACER SUBIR EL CEMENTANTE HASTA SU POSICIÓN FINAL, SE CONSERVA LA PRESIÓN HASTA QUE LA MEZCLA HAYA ENDURECIDO, FINALMENTE SE RETIRA LA TAPA DEL TUBO PARA CONTINUAR CON LA PERFORACIÓN .

D) INYECCIÓN A PRESIÓN POR EL INTERIOR DE LA TUBERÍA, CON TAPÓN PERDIDO .

ESTE MÉTODO ES SIMILAR AL ANTERIOR SOLO QUE AHORA SE EMPLEAN DOS TAPONES, EL PRIMERO (FÁCILMENTE PERFORABLE) ES DESPLAZADO POR EL CEMENTANTE INYECTADO, ÉSTE A SU VEZ VA DESPLAZANDO A LOS LODOS HASTA QUE LLEGA AL FONDO DEL POZO DONDE SE DEPOSITA, PARA CONTINUAR LA PERFORACIÓN DEBE ROMPERSE ÉSTE TAPÓN .

3.1.4 FILTROS .

CON LA FINALIDAD PRINCIPAL DE ESTABILIZAR LAS PAREDES DE LA

FORMACIÓN ALREDEDOR DEL ADEME RANURADO Y A LA VEZ EVITAR QUE LAS ARENAS Y MATERIAL FINO SEAN ARRASTRADOS POR EL AGUA AL SER BOMBEADA, DEBERÁ COLOCARSE UN FILTRO CONSTITUIDO POR GRAVAS DE UNA GRANULOMETRÍA SELECCIONADA, EL ESPESOR DE ÉSTE FILTRO ES DE ENTRE 10 Y 20 CM., CON LO CUAL SE HA TENIDO UN FUNCIONAMIENTO ADECUADO, PARA COLOCAR EL FILTRO, SE DEBE PERFORAR CON UN DIÁMETRO MAYOR EN LA ZONA DEL ADEME RANURADO Y UNA VEZ COLOCADO DICHO ADEME, SE RELLENA EL ESPACIO ANULAR CON EL MATERIAL GRADUADO; POSTERIORMENTE SE CEMENTA LA PARTE SUPERIOR DE LA TUBERÍA DEL ADEME.

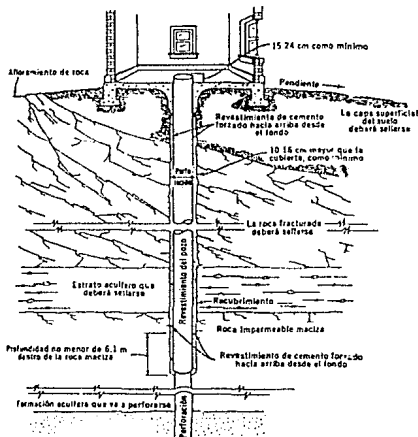


FIGURA 3.6 CEMENTACIÓN Y SELLADO DE UN POZO.

PARA EL DISEÑO DE LA GRANULOMETRÍA DEL FILTRO EXISTE UN MÉTODO CONOCIDO COMO MÉTODO DE JOHNSON CON EL CUAL SE HA LOGRADO QUE EL ADEME RAHURADO RETENGA HASTA EL 90 % DE LAS PARTÍCULAS DEL FILTRO .

3.1.5 DESARROLLO Y ESTIMULACIÓN .

SE LLAMA DESARROLLO A LA OPERACIÓN DEL POZO PARA EXTRAER LOS RESTOS DE LODOS Y FRAGMENTOS DE LA PERFORACIÓN, ESTA OPERACIÓN PERMITE ESTABILIZAR LAS ARENAS DEL ACUÍFERO Y TRATAR DE OBTENER EL MAYOR CAUDAL ESPECÍFICO POSIBLE.

EL DESARROLLO EN MATERIALES GRANULARES NO CONSOLIDADOS SE EFECTÚA PARA ELIMINAR LOS MATERIALES FINOS EN LA CERCANÍA DEL POZO Y FACILITAR ASÍ LA CIRCULACIÓN DEL AGUA HACIA EL MISMO. DURANTE EL DESARROLLO SE PERMITE QUE PASE DEL 40 AL 70 % - DEL MATERIAL MAS FINO DE LA FORMACIÓN ; EL MATERIAL RETENIDO FORMA ENTONCES UN FILTRO NATURAL , GENERALMENTE LOS POZOS -- CON FILTRO NATURAL SUELEN SER DE MAYOR DURACIÓN Y SEGURIDAD QUE LOS POZOS CON FILTRO ARTIFICIAL , EN MATERIALES CONSOLIDADOS, EL OBJETO DEL DESARROLLO ES LIMPIAR LAS GRIETAS Y FISURAS DE LODO, RESIDUOS DE PERFORACIÓN Y OTROS MATERIALES - QUE LOS PUEDAN OBSTRUIR, TALES COMO ARENA E INCLUSO RECRISTALIZACIONES .

LA ESTIMULACIÓN CONSISTE EN PRODUCIR CAMBIOS EN EL ACUÍFERO CON LA FINALIDAD DE REDUCIR LA RESISTENCIA AL FLUJO, PUDIENDO REALIZARLA POR MEDIOS QUÍMICOS O MECÁNICOS .

3.1.6 GALERÍAS FILTRANTES Y DRENES .

LA UTILIZACIÓN DE GALERÍAS FILTRANTES Y DRENES ES MAS RECOMENDABLE Y USUAL CUANDO SE TRATA DE CAPTAR AGUAS SUPERFICIALES ; SIN EMBARGO CUANDO LAS CONDICIONES TOPOGRÁFICAS DEL TERRENO O LAS CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE SON FAVORABLES TAM-

BIÉN PUEDEN SER UTILIZADAS . LAS GALERÍAS DE INFILTRACIÓN PUEDEN UBICARSE COMO DRENES MARGINALES A LO LARGO DE LAS LADERAS EN LAS COLINAS, PERPENDICULARES AL CAUCE INFERIOR EN LOS VALLES, O BIÉN PARALELAMENTE A LAS CORRIENTES HACIA LAS QUE FLUYE EL AGUA DE LAS TIERRAS ALTAS .

PARA OBTENER EL RENDIMIENTO MÁXIMO LAS GALERÍAS DEBEN UBICARSE A LA PROFUNDIDAD DEL ACUÍFERO, POR LO QUE ÉSTOS NO PUEDEN ENCONTRARSE A DISTANCIAS MUY PROFUNDAS, CUANDO SE TIENEN CONDICIONES MAS FAVORABLES LA GALERÍA PUEDE ESTAR SITUADA SOBRE EL FONDO IMPERMEABLE EN UN ACUÍFERO NO CONFINADO, CON LO CUAL ESTARÍA EN POSIBILIDADES DE INTERCEPTAR GRAN PARTE DEL FLUJO SUBTERRÁNEO NATURAL . EN EL INCISO 3.2.1 SE AMPLÍA LA INFORMACIÓN SOBRE ESTE TIPO DE ESTRUCTURAS .

3.2 CAPTACION DE AGUAS SUPERFICIALES .

COMO SE INDICO EN EL INCISO 1.3 LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES CORRESPONDEN A AQUELLAS QUE SE ENCUENTRAN LOCALIZADAS POR ENCIMA DE LA SUPERFICIE TERRESTRE, UBICADAS EN ALMACENAMIENTOS Y DEPÓSITOS TALES COMO EMBALSES Y LAGOS O BIÉN EN LAS CORRIENTES DE AGUA COMO ARROYOS, RÍOS, Y CAUCES ; ASÍ COMO AQUELLAS QUE BROTRAN DEL INTERIOR DEL SUBSUELO EN FORMA DE MANANTIALES .

UNA VEZ VISLUMBRADA LA CONVENIENCIA DE EXPLOTACIÓN DE UNA FUENTE DE AGUA SUPERFICIAL, DEBERÁ PROCEDERSE A SELECCIONAR EL SITIO MAS ADECUADO PARA LA UBICACIÓN DE LA OBRA DE CAPTACIÓN, EN GENERAL EXISTEN NORMAS Y CRITERIOS QUE AYUDAN A DEFINIR EL SITIO MAS CONVENIENTE, ENTRE ELLOS SOBRESALEN LOS SIGUIENTES : A) LA ESTABILIDAD DEL TERRENO DEBE SER TAL QUE SE EVITEN LOS POSIBLES DERRUMBES, LO QUE A SU VEZ AFECTARÍA LA SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA, B) LA DIRECCIÓN Y EL SENTIDO DEL FLUJO A FIN DE EVITAR CHOQUES CONTRA LA ESTRUCTURA Y LA POSI-

BILIDAD DE EROSIÓN DEL TERRENO Y C) LA VELOCIDAD DEL FLUIDO DE TAL MODO QUE NO SE PRODUZCAN ACUMULACIÓN DE MATERIALES - FLOTANTES NI CONCENTRACIÓN DE AZOLVES , DE IGUAL MANERA PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN, DEBERÁN REALIZARSE TRABAJOS PRELIMINARES QUE PUEDEN COMPRENDER DESDE LA SIMPLE LIMPIEZA DEL LUGAR, HASTA PROBABLES TRABAJOS DE ESTABILIZACIÓN DEL TERRENO Y CUYA COMPLEJIDAD PUEDE IR EN AUMENTO EN FUNCIÓN AL VOLUMEN DE AGUA POR EXTRAER Y CONSECUENTEMENTE DEL TAMAÑO DE LA OBRA DE CAPTACIÓN .

3.2.1 TIPOS DE OBRA DE TOMA .

INDISTINTAMENTE DEL TIPO DE FUENTE DE QUE SE TRATE, LA ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN ESTA GENERALMENTE CONSTITUIDA POR UNA CAJA EN DONDE SE CONCENTRA POR GRAVEDAD EL VOLUMEN DE AGUA POR UTILIZAR .ESTA ESTRUCTURA EN SU CONJUNTO SE CONOCE EN FORMA GENERAL COMO OBRA DE TOMA, ALGUNOS AUTORES CLASIFICAN A LAS OBRAS DE TOMA SEGUN EL TIPO DE FUENTE QUE SE PRETENDA APROVECHAR, DE ACUERDO CON ESTE CRITERIO SE TIENEN LAS SIGUIENTES .

A) TOMA EN MANANTIALES .

COMUNMENTE LOS MANANTIALES TIENDEN A AFLORAR DE DISTINTA MANERA SEGUN SU ORIGEN Y PROCEDENCIA, LOS AFLORAMIENTOS MAS FRECUENTES SUELEN DARSE DE MANERA HORIZONTAL CUANDO LAS AGUAS PROVIENEN DE MANTOS FREÁTICOS, PUDIENDO BROSTAR EN UN SOLO PUNTO O EN UNA FRANJA Y TAMBIÉN DE MANERA VERTICAL CUANDO LAS AGUAS PROVIENEN DE ACUÍFEROS CONFINADOS (ARTESIANOS). EN AMBOS CASOS Y CON BASE EN LOS ESTUDIOS DE CAMPO EN DONDE PREVIAMENTE SE HA DETERMINADO LA EXTENSIÓN DE LA CUENCA , LA CALIDAD DEL AGUA Y SOBRETUDO EL CAUDAL MÁXIMO QUE SE PUEDE OBTENER , SE PROCEDERÁ A LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN LA CUAL CONSISTIRÁ DE UNA CAJA DE CONCRETO ARMADO EN DONDE EL ACCESO DEL AGUA PUEDE DARSE MEDIANTE UN DUCTO, UN ORIFICIO O

UNA SECCIÓN PERFORADA . EN LAS FIGURAS 3.7 Y 3.8 SE MUESTRA UN CROQUIS DEL TIPO DE ESTRUCTURA RECOMENDABLE PARA CADA CASO.

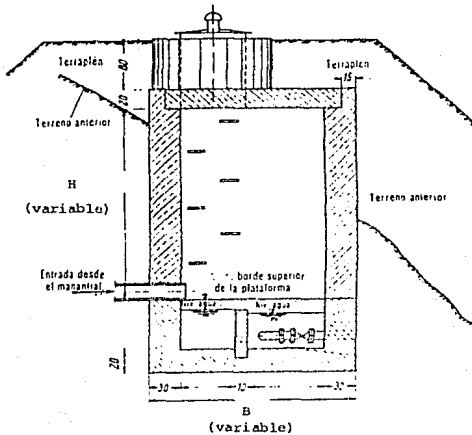


FIGURA 3.7 OBRA DE TOMA EN MANANTIAL (FLUJO HORIZONTAL)

EN TODOS LOS CASOS LAS ESTRUCTURAS DEBERÁN ESTAR PROVISTAS DE LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL CONTROL DEL FLUJO COMO VÁLVULAS DE ENTRADA Y SALIDA, DESAGUES Y EXCEDENCIAS, ASÍ COMO DUCTO DE ACCESO, ESCALERILLA Y TUBO DE VENTILACIÓN . TAMBIÉN ES IMPORTANTE EN EL DISEÑO VERIFICAR QUE LOS NIVELES DE OPERACIÓN SEAN TALES QUE PERMITAN SU CORRECTO FUNCIONAMIENTO, ADEMÁS SE CONSTRUIRÁN LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES COMO PUEDEN SER CAJAS DE VÁLVULAS, CERCAS DE MA-

LLA Y UN CANAL PERIFERICO QUE PERMITA INTERCEPTAR EL AGUA DE LLUVIA .

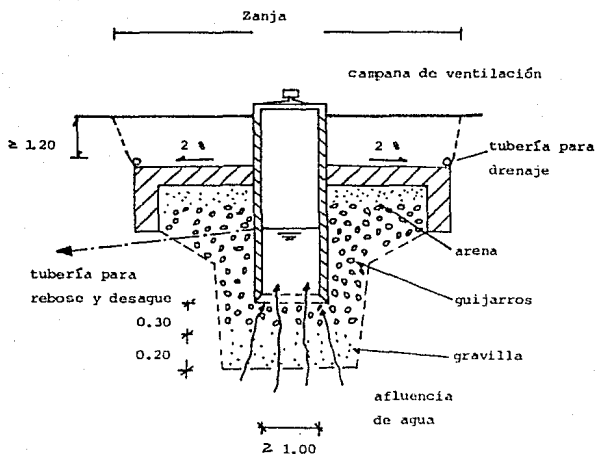


FIGURA 3.8 OBRA DE TOMA EN MANANTIAL (FLUJO VERTICAL)

B) TOMA EN LAGOS .

LA CAPTACIÓN DE AGUA PROVENIENTE DE LAGOS NO ES MUY FRECUENTE Y SÓLO ES RECOMENDABLE CUANDO SE TRATA DE LAGOS DE UNA AMPLIA EXTENSIÓN Y SOBRETUDO DE UNA GRAN PROFUNDIDAD, ESTO SE DEBE A QUE GENERALMENTE LAS AGUAS CONTENIDAS EN ÉL PERMANECEN ALMACENADAS DURANTE LARGOS PERIODOS DE TIEMPO ; EN LAGOS DE PEQUEÑAS DIMENSIONES LA CALIDAD DEL AGUA SUELE SER MUY DEFICIENTE

YA QUE POR SUS DIMENSIONES NO EXISTE LA POSIBILIDAD DE QUE EL AGUA SE AUTODEPURE COMO SUCEDER EN EL CASO DE LAGOS DE MAYORES DIMENSIONES .

EL SITIO MAS ADECUADO PARA LA CAPTACIÓN DEBE SELECCIONARSE LO MAS ALEJADO POSIBLE DE LOS SITIOS DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES O DE OTROS FOCOS DE CONTAMINACIÓN . POR ELLO TAMBIÉN SE RECOMIENDA UBICAR LA TOMA A LA MAYOR PROFUNDIDAD, PERO A UNA DISTANCIA MÍNIMA DE 2,0 M. DEL FONDO, CON EL FIN DE EVITAR LA REMOSIÓN DE SEDIMENTOS ; LA CAPA SUPERIOR DE AGUA DEBE SER DE UN ESPESOR MÍNIMO DE 5,0 M. EN LAGOS POCO PROFUNDOS Y DE 15,0 M. EN LAGOS MAYORES YA QUE EL MOVIMIENTO DE LAS OLAS PUEDE OCASIONALMENTE LLEGAR HASTA ESA PROFUNDIDAD.

LOS ELEMENTOS DE LA TOMA DEBEN TENER LA MAYOR SECCIÓN DE ENTRADA, PERO TAMBIÉN DEBEN EVITAR EL ACCESO DE OBJETOS SÓLIDOS VEGETALES O ANIMALES QUE PUDIERAN OBSTRUIR SU FUNCIONAMIENTO, PARA LA CONDUCCIÓN SON ADECUADOS LOS TUBOS DE FIERRO FUNDIDO O DE ACERO AL CARBÓN . EN LA FIGURA 3,9 SE MUESTRA UNA ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN TIPO PARA UN LAGO .

C) TOMA EN RÍOS .

LA CAPTACIÓN DE AGUA SUPERFICIAL DIRECTAMENTE DEL CAUCE DE UN RÍO, RESULTA QUIZÁS LA MAS DESFAVORABLE. GENERALMENTE LOS RÍOS DURANTE TODO SU RECORRIDO, AL PASO POR LAS ÁREAS URBANAS SON OBJETO DE DESCARGAS DE TODO TIPO, DESDE AGUAS NEGRAS MUNICIPALES E INDUSTRIALES, HASTA DESECHOS SÓLIDOS Y BASURAS ; ESTO PROVOCA QUE LAS AGUAS CONDUCIDAS POR ELLOS SEAN DE DUDOSA CALIDAD . OTRA DE LAS DESVENTAJAS CONSISTE EN LA INESTABILIDAD DE SU CAUDAL, YA QUE EL NIVEL DE SUS AGUAS DEPENDE EN GRAN PARTE DE LA MAGNITUD DE LAS PRECIPITACIONES OBSERVADAS DURANTE EL PERIODO DE LLUVIAS, EL CUAL ES COMPLETAMENTE VARIABLE .

ESTO OBLIGA A TOMAR DIVERSAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN EN EL DISEÑO DE LA OBRA DE TOMA, ENTRE ELLAS SE RECOMIENDA UBICAR LA BOCATOMA AGUAS ARRIBA Y LO MAS ALEJADA POSIBLE DE CUALQUIER DESCARGA DE AGUAS CONTAMINADAS, ADEMÁS DEBERÁ ESTAR UBICADA EN ALGÚN TRAMO RECTO DEL CAUCE CON EL FIN DE EVITAR LOS EFECTOS DE LA EROSIÓN , LA TUBERÍA DE CONDUCCIÓN SE COLOCARÁ A UNA ALTURA INFERIOR AL NIVEL DE AGUAS MÍNIMAS DE LA CORRIENTE , EN EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEBERÁ DE VERIFICARSE QUE EN LA ZONA -- PRÓXIMA A LAS REJILLAS SE TENGA UNA VELOCIDAD INFERIOR A LOS 15 CM./S , PARA EVITAR EL ARRASTRE DE MATERIALES FLOTANTES Y EN LA ZONA INMEDIATA A LA TRANSICIÓN LA VELOCIDAD SEA MAYOR A LOS 60 CM./S CON EL FIN DE EVITAR AZOLVAMIENTO ,

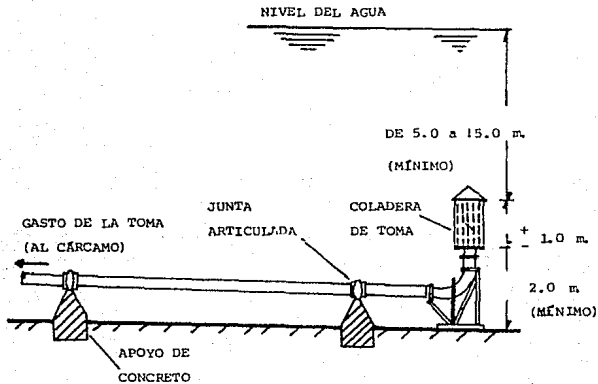


FIGURA 3.9 OBRA DE TOMA TIPO EN UN LAGO .

CUANDO SE TRATE DE UNA CORRIENTE NAVEGABLE, LA OBRA DE TOMA DEBERA PROTEJERSE PARA EVITAR ALGUNA OBSTRUCCION O INTERFERENCIA EN SU OPERACION . SI SE TRATA DE EXTRAER MAYORES CANTIDADES DE AGUA, ES CONVENIENTE LA INSTALACION DE UNA GALERIA FILTRANTE . EN LA FIGURA 3.10 SE PUEDE OBSERVAR UNA INSTALACION TIPO EN UN RIO .

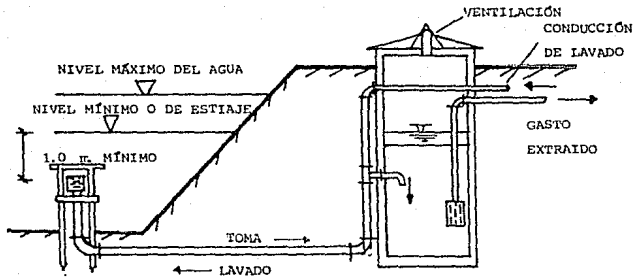


FIGURA 3.10 OBRA DE TOMA TIPO EN UN RÍO .

D) TOMA EN PRESAS Y EMBALSES .

CUANDO SE REQUIERE EXTRAER AGUA EN MAYORES CANTIDADES PARA ABASTECER A UNA POBLACION O A UNA CIUDAD , FRECUENTEMENTE SE RECURRE A EL AGUA ALMACENADA POR UNA PRESA . ESTE TIPO DE OBRAS

SE CONSTRUYEN CON EL OBJETO DE SATISFACER DIVERSAS DEMANDAS A LA VEZ, COMO PUEDEN SER : GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, RIEGO DE ÁREAS AGRÍCOLAS , ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y OTROS LA CONSTRUCCIÓN DE UNA OBRA HIDRÁULICA DE ESTA MAGNITUD REQUIERE DE LA PARTICIPACIÓN DE GRAN DIVERSIDAD DE TÉCNICOS ESPECIALISTAS EN : GEOLOGÍA ESTRUCTURAL, GEOTECNIA, MECANICA DE MATERIALES, ESTRUCTURAS, HIDROLOGÍA, ETC. ADEMÁS DE LA ELABORACIÓN DE PROGRAMAS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS , SU IMPORTANCIA ES TAL QUE POR SI SOLAS CONSTITUYEN UNA RAMA EN EL ÁREA DE LAS OBRAS HIDRÁULICAS Y CUYO ESTUDIO ES EL OBJETO DE LA INGENIERÍA DE PRESAS .

LAS EXTRACCIONES PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEBEN ESTAR CONTEMPLADAS DENTRO DEL APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE LA ESTRUCTURA Y DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS, YA QUE DE OTRA MANERA SE PODRÍA INTERFERIR CON ALGUNA OTRA FUNCIÓN E INCLUSO LIMITAR O RESTRINGIR EL SUMINISTRO .

LAS OBRAS DE TOMA EN PRESAS SON, EN RELACIÓN CON LAS ANTERIORES, LAS DE MAYOR MAGNITUD E IMPORTANCIA, TANTO POR EL VOLUMEN DE CAPTACIÓN COMO POR SU PROPIA INFRAESTRUCTURA . DE LA MISMA MANERA QUE EN TODAS LAS TOMAS, SU LOCALIZACIÓN DEBE CONSIDERAR LAS CONDICIONES MAS FAVORABLES EN CUANTO A ESTABILIDAD DEL TERRENO, VARIACIÓN EN LOS NIVELES DEL FLUJO, AZOLVAMIENTO, Y CALIDAD DEL AGUA. LA ESTRUCTURA MAS COMUN PARA LA OBRA DE TOMA CONSISTE EN UNA TORRE QUE SE ELEVA POR ENCIMA DE LA SUPERFICIE DEL AGUA, COMO LA MOSTRADA EN LA FIGURA 3.11 .

LA TORRE O ESTRUCTURA DE TOMA ESTARÁ PROVISTA DE ORIFICIOS O TUBOS DE CAPTACIÓN A DIFERENTES ALTURAS, SEGUN EL RÉGIMEN DE ALMACENAMIENTO, QUE PERMITAN OBTENER EL FLUIDO EN EL NIVEL MAS CONVENIENTE, LIBRE DE SÓLIDOS SEDIMENTADOS Y DE MATERIAL SOBRENADANTE, A LA ENTRADA DE ESTOS ORIFICIOS SE COLOCA UNA ESTRUCTURA DE REJILLAS PARA IMPEDIR EL PASO DE SÓLIDOS MAYORES, BASURAS, RAMAS, ETC. DE IGUAL MANERA LA ESTRUCTURA ESTARÁ PROVIS-

TA DE LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA SU OPERACIÓN , MANTENIMIENTO Y PROTECCIÓN .

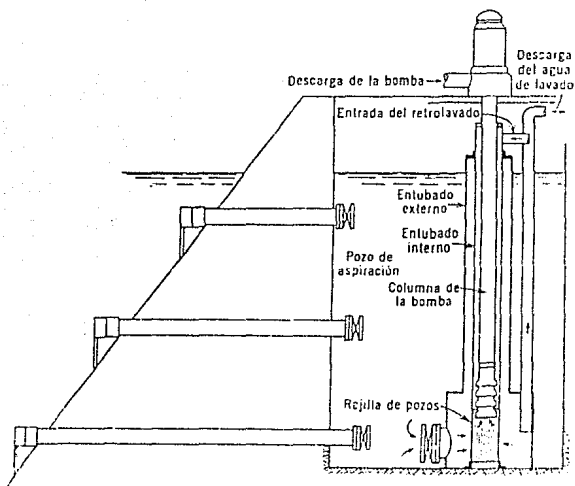


FIGURA 3.11 OBRA DE TOMA EN PRESAS DE ALMACENAMIENTO .

E) GALERÍAS FILTRANTES .

LA GALERÍA FILTRANTE ES UNA ESTRUCTURA DE TOMA QUE BIEN PUEDE SER UTILIZADA PARA CAPTAR AGUAS DE ORIGEN SUBTERRÁNEO O DE CUALQUIER TIPO DE FUENTE DE AGUAS SUPERFICIALES , LA GALERÍA

ESTÁ CONSTITUIDA POR UN TUBO DE ACERO TIPO CEDAZO QUE PUEDE IR COLOCADO EN EL FONDO DE UNA ZANJA EXCAVADA PARA ESTE FIN O LIBRE EN EL INTERIOR DE LA CORRIENTE . LA FIGURA 3.12 MUESTRA UN ESQUEMA DE UNA GALERÍA FILTRANTE .

LA GALERÍA FILTRANTE PUEDE CONSTRUIRSE EN FORMA PARALELA O TRANSVERSAL AL SENTIDO DE LA CORRIENTE SUPERFICIAL, LA TUBERÍA DE ACERO TIPO CEDAZO CONTARÁ CON RANURAS DE 5.0 A 6.5 MM. DE ESPESOR , PARA EL DISEÑO SE PARTE DEL GASTO POR CAPTAR EL CUAL SE DIVIDE ENTRE LA VELOCIDAD DE ENTRADA DEL AGUA A TRAVÉS DE LA RANURA, (SE CONSIDERA UNA VELOCIDAD DE 1.0 M/S) OBTENIENDO EL ÁREA DE ENTRADA NECESARIA, ÉSTA SE COMPARA CON EL ÁREA DISPONIBLE POR METRO DE LAS TUBERÍAS RANURADAS COMERCIALES, CON LO QUE SE DETERMINA LA LONGITUD DEL TUBO REQUERIDO. CUANDO LA TUBERÍA SE INSTALA DENTRO DE UNA ZANJA, ÉSTA SE RELLENARÁ CON MATERIAL DE GRANULOMETRÍA ADECUADA QUE SERVIRÁ COMO FILTRO .

3.2.2 REJILLAS .

LA ESTRUCTURA DE REJILLAS ES UN ELEMENTO QUE SE UTILIZA PARA EVITAR EL PASO DE MATERIALES SÓLIDOS ARRASTRADOS POR LAS CORRIENTES COMO BASURAS, RAMAS, ETC. . EL EMPLEO DE REJILLAS ES MAS FRECUENTE EN LAS ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN EN QUE EL ACCESO DEL AGUA SE DA POR MEDIO DE ORIFICIOS Y EL CONTROL SE REALIZA POR MEDIO DE COMPUERTAS, TAL ES EL CASO DE LAS OBRAS DE TOMA EN PRESAS , DADO QUE ADEMÁS SE REQUIERE DE ESPACIO Y APOYO ESTRUCTURAL PARA COLOCAR LOS PANELES DE LA ESTRUCTURA DE REJILLAS .

LAS REJILLAS PUEDEN SER FABRICADAS CON SECCIONES ROLADAS DE ACERO, TUBOS, SOLERAS, ETC. SU COLOCACIÓN PUEDE SER EN POSICIÓN VERTICAL O LIGERAMENTE INCLINADA, PARALELAS Y UNIFORMEMENTE ESPACIADAS PARA PERMITIR EL USO DE RASTRILLOS DURANTE EL PROCESO DE LIMPIEZA.

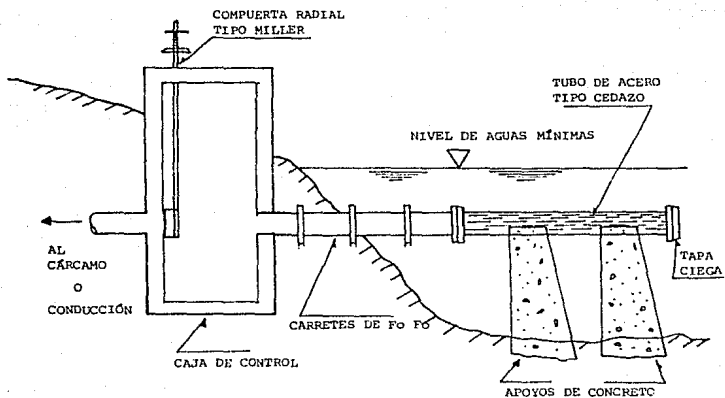


FIGURA 3.12 GALERIA FILTRANTE EN UN RÍO O ARROYO .

GENERALMENTE Y DEPENDIENDO DEL TAMAÑO DE LA ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN, LAS REJILLAS PUEDEN DISPONERSE EN PANELES DE SECCIÓN RECTANGULAR, COLOCADAS SOBRE RIELES QUE PERMITAN SU DESPLAZAMIENTO PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, LA INCLINACIÓN DE LA REJA RESPECTO A LA HORIZONTAL PUEDE VARIAR ENTRE 45° Y 75°, Y SU ESPACIAMIENTO DEPENDE PRINCIPALMENTE DEL TIPO DE BOMBA QUE SE DESEE PROTEGER. LA VELOCIDAD MÁXIMA DEL AGUA A TRAVÉS DE LA REJILLA DEPENDE DE DIVERSOS FACTORES; SIENDO LO MÁS RECOMENDABLE NO UTILIZAR VELOCIDADES MAYORES A 1.0 M/S Y CUANDO LA LIMPIEZA SEA EN FORMA MANUAL ES PREFERIBLE DISMINUIRLA HASTA 0.60 M/S.

EL ESPESOR NO DEBE SER MENOR DE 9,5 MM, A FIN DE CONSIDERAR LOS EFECTOS DE LA CORROSIÓN, EL PERALTE QUEDA DEFINIDO PRINCIPALMENTE POR RAZONES ESTRUCTURALES, PARA SOPORTAR LOS EMPUJES HIDROSTÁTICOS, PERO TAMBIÉN PARA PERMITIR LA LIMPIEZA. LA FIGURA 3,11 INDICA LA POSICIÓN DE LAS REJILLAS.

3.2.3 DESARENADORES.

COMO SU NOMBRE LO INDICA LOS DESARENADORES SON ESTRUCTURAS UTILIZADAS PARA SEPARAR LA ARENA EN SUSPENSIÓN CONTENIDA POR LAS AGUAS, SU USO PUEDE DARSE CUANDO SE TRATA DE OBTENER AGUA DE RÍOS POCO CAUDALOSOS, PERO SOBRETUDO CUANDO ESTOS CONDUCCEN AGUAS TURBULENTAS QUE ARRASTRAN GRAN CANTIDAD DE SEDIMENTOS.

EL USO DE LOS DESARENADORES NO ES MUY FRECUENTE EN LAS OBRAS DE TOMA PARA AGUA POTABLE, SIENDO MAS COMUN CUANDO SE TRATA DE TOMAS PARA GENERACIÓN DE ENERGIA ELÉCTRICA O BIÉN COMO COMPONENTES DE UN SISTEMA DE POTABILIZACIÓN O TRATAMIENTO DE AGUAS, EL DESARENADOR ES UN TANQUE RECTANGULAR QUE TRABAJA A SUPERFICIE LIBRE Y EN DONDE MEDIANTE EL PROCESO DE DECANTACIÓN SE ELIMINA EL MATERIAL PEQUEÑO EN SUSPENSIÓN QUE ES ARRASTRADO POR EL AGUA, EN EL DISEÑO DE ESTE TIPO DE TANQUES SE DEBE TOMAR EN CUENTA LA CANTIDAD DE SEDIMENTOS QUE SE NECESITA ELIMI-

NAR PARA MANTENER EN OPERACIÓN Y A LA VEZ PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DE BOMBAS, VÁLVULAS Y TUBERÍAS .

GENERALMENTE LOS TANQUES MAS LARGOS Y ANCHOS RESULTAN MAS CONVENIENTES QUE LOS PROFUNDOS, POR ELLO SUELE ADOPTARSE UN TIRANTE MÍNIMO DE ALREDEDOR DE 2.0 M. Y UNA VELOCIDAD INFERIOR A LOS 0.60 M / S . ADEMÁS POR CONDICIONES DE OPERACIÓN SIEMPRE ES NECESARIA LA CONSTRUCCIÓN MÍNIMA DE DOS UNIDADES A FIN DE MANTENER SIEMPRE UNA FUNCIONANDO, MIENTRAS QUE LA OTRA PUEDE ESTAR EN MANTENIMIENTO .

3.2.4 FILTROS .

COMUNMENTE EL AGUA OBTENIDA DE UNA FUENTE SUPERFICIAL SUELE SER DE MENOR CALIDAD QUE LA QUE SE PUEDE OBTENER DE LAS FUENTES SUBTERRÁNEAS, SIN EMBARGO ESTA NO ES UNA REGLA GENERAL PARA TODOS LOS CASOS ; EN ESTAS CIRCUNSTANCIAS LOS ESTUDIOS Y ANÁLISIS SOBRE CALIDAD DEL AGUA JUEGAN UN PAPEL IMPORTANTE .

LOS FILTROS QUE SE UTILIZAN EN LAS OBRAS DE CAPTACIÓN TIENEN POR OBJETO NO TANTO MEJORAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS CAPTADAS SI NO MAS BIÉN IMPEDIR EL PASO DE MATERIALES SÓLIDOS SUSPENDIDOS O FLOTANTES QUE PUDIERAN PONER EN RIESGO EL FUNCIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA, YA SEA OBSTRUYENDO EL ACCESO DEL AGUA HACIA EL INTERIOR DE LA CAJA DE TOMA O BIÉN DAÑANDO EL EQUIPO EN ELLA INSTALADO Y POR LO TANTO ACORTANDO SU VIDA ÚTIL . POR OTRA PARTE, LA COLOCACIÓN DE ESTE TIPO DE FILTROS CONTRIBUYE A MANTENER LA ESTABILIDAD DEL TERRENO EN EL ÁREA PRÓXIMA A LA OBRA DE TOMA . EN LAS FIGURAS 3.7 Y 3.8 , SE PUEDE OBSERVAR LA COLOCACIÓN DE LAS CAPAS FILTRANTES .

EL TIPO DE FILTROS QUE SE UTILIZAN EN ESTOS CASOS ESTÁN CONSTITUIDOS POR GRAVAS Y ARENAS CON UNA GRANULOMETRÍA SELECCIONADA Y CUYA CONFORMACIÓN PUEDE VARIAR EN FUNCIÓN A LAS CARACTERÍSTI

CAS DEL SUBSUELO, EL MATERIAL QUE MÁS COMUNENTE SE UTILIZA VARÍA DESDE 1.0 MM. HASTA 10.0 MM. DE DIÁMETRO Y ES DISPUESTO EN TRES O CUATRO CAPAS QUE VAN DE 20 A 25 CM. DE ESPESOR.

EN TODOS LOS CASOS EN QUE LOS ORIFICIOS DE ENTRADA, CONDUCTOS, O TUBERÍA DE TOMA SE ENCUENTRAN EN CONTACTO DIRECTO CON EL SUELO ES NECESARIA LA COLOCACIÓN DE ESTE TIPO DE FILTROS, ÉSTOS DEBERÁN SER DISEÑADOS DE TAL MANERA QUE A LA VEZ QUE IMPIDAN EL PASO DE SÓLIDOS, PERMITAN EL ACCESO DEL AGUA EN FORMA FLUIDA Y CONTÍNUA .

CAPITULO CUARTO

IV. EQUIPOS, ACCESORIOS Y PIEZAS ESPECIALES.

EN LOS CAPITULOS ANTERIORES HEMOS VISTO DE UNA MANERA GLOBAL, DESDE LOS DIFERENTES RECURSOS QUE EXISTEN SOBRE EL PLANETA Y QUE PUEDEN SER UTILIZADOS PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA POTABLE, ASÍ COMO LOS ESTUDIOS NECESARIOS Y RECOMENDABLES QUE NOS PERMITAN TENER UNA VISIÓN DE CONJUNTO DE LAS POSIBILIDADES Y -- PERSPECTIVAS EN LA SELECCIÓN DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO, HASTA EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE TOMA MAS ADECUADA PARA LA CAPTACIÓN DEL AGUA Y SU POSTERIOR SUMINISTRO A LA POBLACIÓN.

POR OTRA PARTE NO DEBEMOS OLVIDAR QUE LA CAPTACIÓN CONSTITUYE SOLO UNA DE LAS ACTIVIDADES POR EJECUTAR, TENDIENTES A REALIZAR EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE A UNA POBLACIÓN. GENERALMENTE LOS SISTEMAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, POR MUY RÚSTICOS Ó SENCILLOS QUE SEAN, ESTAN CONFORMADOS POR LAS SIGUIENTES ETAPAS: CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, POTABILIZACIÓN, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN, SIENDO EN ESTA ÚLTIMA FASE EN DONDE EL AGUA LLEGA HASTA EL USUARIO Ó CONSUMIDOR.

A TRAVÉS DE LA SELECCIÓN DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO Y UNA VEZ DISEÑADA Y DIMENSIONADA LA OBRA DE TOMA Ó ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN, SE REQUIERE DE UNA SERIE DE DISPOSITIVOS Y ELEMENTOS QUE PERMITAN EXTRAER Y CONDUCIR EL AGUA HASTA EL SITIO - PARA SU ALMACENAMIENTO, TRATAMIENTO Ó DISPOSICIÓN SEGÚN SEA EL DISEÑO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA INTEGRAL. ADEMÁS - DEBERÁ CONTARSE TAMBIÉN CON ELEMENTOS QUE PERMITAN LLEVAR A CABO UN ESTRICTO CONTROL SOBRE EL VOLUMEN DE EXTRACCIÓN, EL MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y EN GENERAL, DE LAS CARACTERÍSTICAS CON QUE SE REALIZA ESTA OPERACIÓN, LO QUE A SU VEZ PERMITIRÁ LA CONSERVACIÓN Y ALARGAMIENTO DE LA VIDA ÚTIL DEL SISTEMA.

4.1 EQUIPOS

ENTRE LOS ELEMENTOS MAS IMPORTANTES DE UNA OBRA DE TOMA, QUE REQUIERE EQUIPAMIENTO DESTACA EL CONJUNTO BOMBA-MOTOR, SIENDO LA BOMBA EL INSTRUMENTO POR MEDIO DEL CUAL SE LOGRA LA EXTRACCIÓN DEL AGUA Y EL MOTOR EL ELEMENTO QUE PROPORCIONA LA FUERZA MOTRIZ PARA ACCIONAR EL MECANISMO DE LA BOMBA, YA SEA QUE SE TRATE DE UN POZO PARA OBTENER AGUA DE ORIGEN SUBTERRÁNEO Ó BIEN UN CÁRCAMO PARA INTERCEPTAR LAS AGUAS SUPERFICIALES.

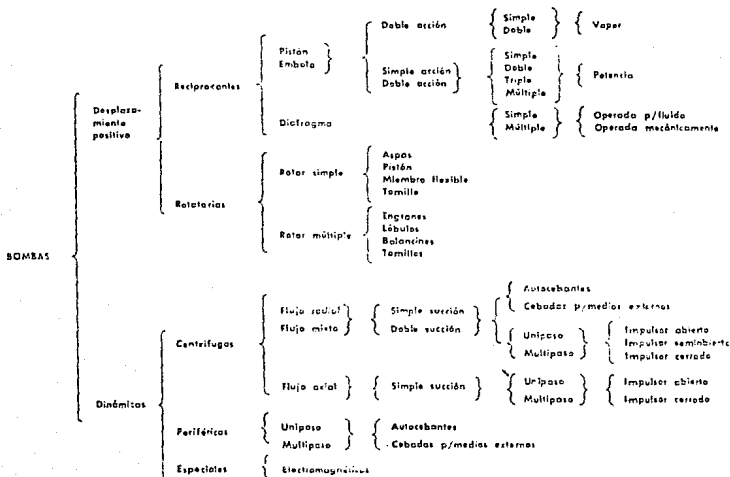
4.1.1 BOMBAS

FRECUENTEMENTE CUANDO SE REQUIERE TRANSLADAR UNA MEZCLA, UNA SUBSTANCIA Ó UN LÍQUIDO DE UNA POSICIÓN DE NIVEL INFERIOR A OTRA DE NIVEL SUPERIOR, Ó SIMPLEMENTE CUANDO SE DESEA CAMBIAR LOS DE UN LUGAR A OTRO, SE RECURRE AL EMPLEO DE UN EQUIPO DE BOMBEO. EL EMPLEO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO DATA DE VARIOS - AÑOS ATRAS, LOS PRIMEROS EQUIPOS QUE SE CONOCEN ERAN ACCIONADOS MANUALMENTE, POSTERIORMENTE FUERON IMPULSADOS POR MEDIO - DE MÁQUINAS TÉRMICAS Ó DE COMBUSTIÓN INTERNA, HASTA EL DESCUBRIMIENTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y EN CONSECUENCIA DE LA INVENCION DEL MOTOR ELÉCTRICO EL CUAL SIGUE SIENDO HASTA EL MOMENTO LA FUERZA MOTRIZ MAYORMENTE UTILIZADA.

ACTUALMENTE LOS EQUIPOS DE BOMBEO TIENEN UNA AMPLIA GAMA DE -

APLICACIONES, SIENDO UTILIZADOS EN GRAN ESCALA POR LAS PLANTAS INDUSTRIALES PARA DIVERSOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y TIENEN TAMBIÉN UNA GRAN DEMANDA EN LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS MUNICIPALES Y DOMÉSTICOS.

PARA SATISFACER TODA ESA GAMA DE NECESIDADES EXISTEN ACTUALMENTE EN EL MERCADO UNA GRAN DIVERSIDAD DE EQUIPOS, DISTINTOS EN SU APLICACIÓN Y FUNCIONAMIENTO ASÍ COMO, EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS QUE LAS CONSTITUYEN, EN EL CUADRO 4.1 SE MUESTRA LA CLASIFICACIÓN QUE DA EL INSTITUTO DE HIDRÁULICA PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE BOMBAS.



CUADRO 4.1 CLASIFICACIÓN DE BOMBAS SEGÚN EL INSTITUTO DE HIDRÁULICA.

EN EL CASO DE LA CAPTACIÓN DE AGUA PARA USO POTABLE, GENERALMENTE EL SITIO DONDE SE REALIZA LA CAPTACIÓN SE ENCUENTRA ALEJADO DEL LUGAR DONDE SE PRETENDE SU ALMACENAMIENTO, TRATAMIENTO Ó SU CONSUMO DIRECTO, ADEMÁS DE QUE EL PRIMERO CASI SIEMPRE SE ENCUENTRA EN UNA ELEVACIÓN MENOR QUE EL SEGUNDO. CUANDO SE TRATA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS COMUNENTE EL NIVEL FREÁTICO SE ENCUENTRA A VARIOS METROS DE PROFUNDIDAD, POR LO TANTO EN AMBOS CASOS SE HA CE NECESARIO EL EMPLEO DE EQUIPOS DE BOMBEO. EL TIPO DE BOMBAS MAYORMENTE UTILIZADAS EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CORRESPONDEN AL GRUPO DE LAS CENTRÍFUGA, DE LAS CUALES DANOS A CONTINUACIÓN UNA DESCRIPCIÓN GENERAL.

A) BOMBAS DE POZO PROFUNDO.

CUANDO SE TRATA DE EXTRAER AGUA SUBTERRÁNEA POR MEDIO DE UN POZO GENERALMENTE ÉSTE SUELE EQUIPARSE POR MEDIO DE UNA BOMBA DE LAS CONOCIDAS COMUNENTE COMO BOMBAS DE POZO PROFUNDO, DE LA CUAL SE MUESTRA UN CORTE EN LA FIGURA 4.1 EN DONDE TAMBIÉN SE INDICAN - LOS PRINCIPALES COMPONENTES,

DE ACUERDO CON LA CLASIFICACIÓN DEL INSTITUTO DE HIDRÁULICA LAS BOMBAS DE POZO PROFUNDO ESTAN COMPRENDIDAS EN EL GRUPO DE LAS - DE TIPO CONTRÍFUGA Y SON TAMBIÉN CONOCIDAS COMO BOMBAS DE TURBINA Ó DE FLECHA VERTICAL. EL FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGA ESTÁ BASADO EN LA APLICACIÓN DEL PRINCIPIO DE LA FUERZA CENTRÍFUGA PROVOCADO POR EL GIRO A GRAN VELOCIDAD QUE IMPRIME - LA FLECHA A LOS IMPULSORES, ESTO EN CONJUNTO CON LA FUNCIÓN DE PROTECCIÓN Ó CUBIERTA DE LA CARCAZA SOBRE EL FLUIDO, PROVOCA EN ESTE UNA ENERGÍA DE PRESIÓN LO QUE A SU VEZ GENERA EL DESPLAZAMIENTO DEL FLUJO.

EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS PUEDEN UTILIZARSE DISTINTOS MATERIALES QUE PUEDEN SER DESDE ACERO INOXIDABLE, HASTA BRONCE, FIERRO Y LATÓN. EN LAS BOMBAS DE POZO PROFUNDO SUS ELEMENTOS SE CONSTRUYEN GENERALMENTE CON LOS SIGUIENTES MATERIALES.

UNIDAD	MATERIAL
TAZONES	FIERRO
IMPULSORES	BRONCE
FLECHA DEL IMPULSOR	ACERO INOXIDABLE
FLECHA DE LÍNEA	ACERO AL CARBÓN
CHUMACERAS	BRONCE
TUBERIAS	ACERO
CABEZAL DE DESCARGA	FIERRO ó ACERO

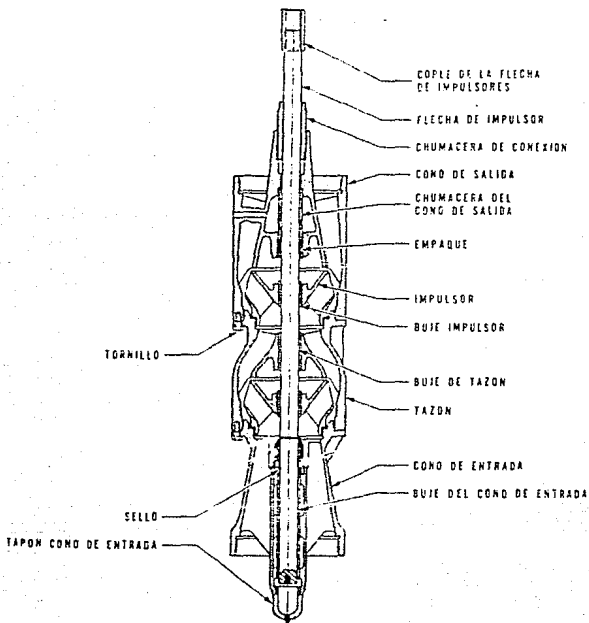


FIGURA 4.1 BOMBA DE POZO PROFUNDO (CORTE)

UN FACTOR IMPORTANTE QUE PUEDE AFECTAR EL DISEÑO DE LOS ELEMENTOS Ó LA SELECCIÓN DE SUS MATERIALES ES EL TIPO DE LUBRICACIÓN. EN EL CASO EN QUE EL ACEITE LUBRICANTE PUDIESE CONTAMINAR EL -- FLUJO, SE UTILIZA UNA LUBRICACIÓN POR MEDIO DE AGUA, TENIENDOSE QUE USAR ENTONCES CAMISAS DE ACERO INOXIDABLE Y CHUMACERAS DE - HULE MONTADO EN SOPORTES DE CHUMACERA DE BRONCE.

CADA UNO DE LOS ELEMENTOS QUE FORMAN PARTE DE LA BOMBA DEBE ESTAR PERFECTAMENTE DISEÑADO DE TAL MANERA QUE EL CONJUNTO TENGA UNA CORRECTA OPERACIÓN, EN LAS BOMBAS DE POZO PROFUNDO GENERALMENTE SE REQUIERE VENCER GRANDES CARGAS POR LO CUAL SE EMPLEAN DOS Ó MÁS IMPULSORES, INSTALADOS EN SERIE CON TAZONES TIPO DIFUSOR - LOS CUALES CONTIENEN UN GRUPO DE ASPAS FIJAS QUE ADEMÁS DE HACER EL CAMBIO DE ENERGÍA DE VELOCIDAD A PRESIÓN, VAN GUIANDO EL LÍQUIDO DE UN IMPULSOR A OTRO.

OTRA CARACTERÍSTICA IMPORTANTE EN ESTE TIPO DE BOMBAS ES LA FORMA Y RIGIDEZ DEL CABEZAL DE DESCARGA, YA QUE ESTE ELEMENTO ES EL QUE SOPORTA TODAS LAS PARTES FIJAS DE LA BOMBA, ES DECIR LA TUBERÍA Y LOS TAZONES Y QUE ADEMÁS DE SER EL SITIO POR DONDE DESCARGA LA BOMBA, CUENTA EN SU PARTE SUPERIOR CON LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA RECIBIR Y SOSTENER EL MOTOR. EN LA FIGURA 4.2 SE DA UN ESQUEMA MAS COMPLETO DEL CONJUNTO BOMBA-MOTOR.

B) BOMBAS RECIPROCANTES.

EXISTEN OTROS DIVERSOS TIPOS DE BOMBAS QUE TAMBIÉN SON UTILIZADOS PARA EXTRAER AGUA SUBTERRÁNEA ATRAVÉS DE POZOS. ENTRE ESTOS TENEMOS A LAS BOMBAS RECIPROCANTES, LAS CUALES TUVIERON SU MAYOR APLICACIÓN HACE YA ALGUNOS AÑOS Y EN LA ACTUALIDAD SIGUEN SIENDO UTILIZADAS CUANDO SE TRATA DE EXTRAER GASTOS MENORES Y - SOBRE TODO EN ZONAS RURALES YA QUE GRAN PARTE DE ESTOS MODELOS OPERAN EN FORMA MANUAL. ENTRE LOS TIPOS EXISTENTES SE CONOCEN LOS SIGUIENTES: PISTÓN SIMPLE, DOBLE PISTÓN Y CILINDRO DE DOBLE ACCIÓN, ALGUNOS DE ESTOS SE ILUSTRAN EN LA FIGURA 4.3

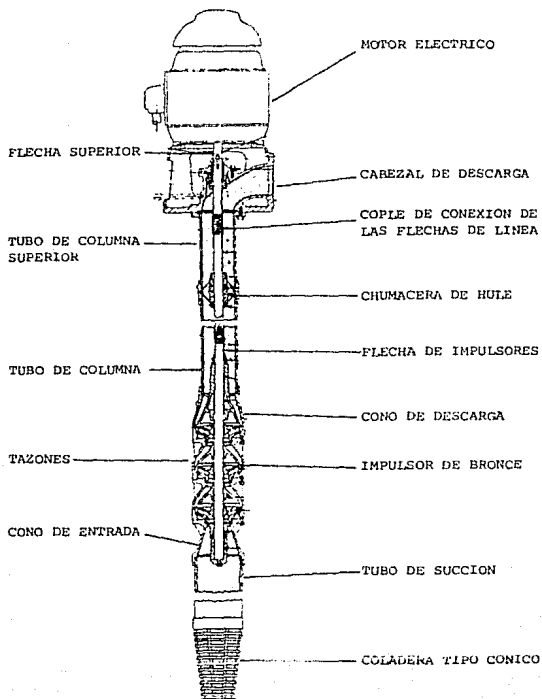


FIGURA 4.2 CONJUNTO BOMBA-MOTOR PARA POZO PROFUNDO

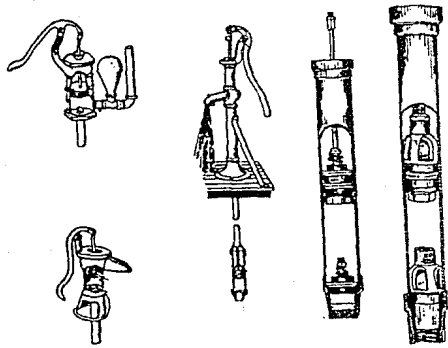


FIGURA 4.3 BOMBAS RECIPROCANTES OPERADAS MANUALMENTE.

ÉSTOS TIPOS DE BOMBAS FUNCIONAN BAJO EL PRINCIPIO DE SUCCIÓN, ES DECIR ESTÁN PROVISTAS DE UNA CÁMARA DE TUBO CILÍNDRICO EN LA CUAL SE CREA UNA PRESIÓN MANOMÉTRICA NEGATIVA Ó DE SUCCIÓN, QUE PROVOCA EL INGRESO DEL AGUA A LA CÁMARA, UNA VEZ LLENA ÉSTA, SE GENERA PRESIÓN POR MEDIO DEL EMPUJE DEL ÉMBOLO Y CON LA APERTURA Y CIERRE DE VÁLVULAS SE OBLIGA A EL AGUA A SALIR AL EXTERIOR. ÉSTOS EQUIPOS PRESENTAN GRANDES DESVENTAJAS YA QUE ADEMÁS DE QUE SUS CAPACIDADES SON BAJAS, SUS EFICIENCIAS TAMBIÉN SON REDUCIDAS, SU UTILIZACIÓN SOLO ES RECOMENDABLE EN CASOS, MUY NECESARIOS Ó CUANDO SE CARECE DE ENERGÍA YA SEA MECÁNICA Ó ELÉCTRICA.

C) BOMBAS DE CHORRO.

OTRO TIPO DE BOMBA QUE TAMBIÉN HA SIDO UTILIZADA EN POZOS ES LA CONOCIDA COMUNNTE COMO BOMBA DE CHORRO, COMO LA QUE SE MUESTRA EN LA FIGURA 4.4. EN ESTE CASO SE TRATA DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA, LA CUAL CUENTA CON DOS DUCTOS, A TRAVÉS DE UNO DE ELLOS SE IMPULSA UN VOLÚMEN DE AGUA EN FORMA DE CHORRO, EL CUAL PROVOCA QUE EL -

AGUA SUBA POR EL OTRO DUCTO Y DE ÉSTA MANERA SE GENERA EL FLUJO HACIA EL EXTERIOR. ESTE TIPO DE BOMBA ES DE UNA EFICIENCIA MUY BAJA SOBRE TODO CUANDO SE TIENEN ALTAS CARGAS, POR ESTO MISMO - SU USO ES CADA VEZ MENOS FRECUENTE .

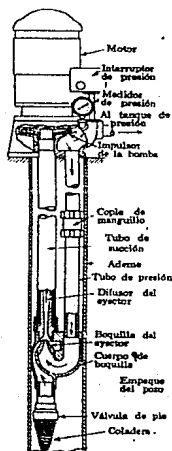


FIGURA 4,4 BOMBA DE CHORRO .

D) BOMBAS DE MOTOR SUMERGIBLE.

ESTE TIPO DE BOMBAS SON MAS COMUNMENTE CONOCIDAS COMO BOMBAS SUMERGIBLES Y PERTENECEN AL GRUPO DE LAS CENTRÍFUGA YA QUE OPERAN CON LAS MISMAS CARACTERÍSTICAS Y BAJO EL MISMO PRINCIPIO. LA DIFERENCIA CONSISTE EN QUE TANTO EL CUERPO DE LA BOMBA COMO EL MOTOR SE ENCUENTRAN SUMERGIDOS, COMO SE PUEDE VER EN LA FIGURA 4.5. ESTO REPRESENTA ALGUNAS VENTAJAS CONTRA EL TIPO DE MONTAJE TRADICIONAL, ENTRE ELLAS PODEMOS MENCIONAR LAS SIGUIENTES: 1) SON MUY ADECUADAS CUANDO TANTO LA PERFORACIÓN DEL POZO COMO LA COLOCACIÓN DEL ADEME NO SON LO SUFICIENTEMENTE RECTOS Ó VERTICALES Y POR LO TANTO NO ES CONVENIENTE UTILIZAR UNA DE TIPO POZO PROFUNDO. 2) CUANDO POR ESTÉTICA, POR PROBLEMAS DE VANDALISMO Ó POR RESTRICCIONES DE ESPACIO SE DESEA ELIMINAR LA PRESENCIA DE UN CAJONCILLO DE DESCARGA CON MOTOR VERTICAL SOBRE EL BROCAL DEL POZO. 3) EN AQUELLOS CASOS EN DONDE SE DESEE ELIMINAR O ATENUAR EL ZUMBIDO NATURAL DEL MOTOR SOBRE LA SUPERFICIE.

E) BOMBAS CENTRÍFUGA.

LAS BOMBAS TIPO CENTRÍFUGA TIENEN UN AMPLIO CAMPO DE APLICACIÓN EN LA SATISFACCIÓN DE DIVERSAS NECESIDADES Y SERVICIOS, PARA ESTE FIN SE TIENE UNA GRAN VARIEDAD DE MODELOS, LOS CUALES DIFIEREN EN LAS CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN DE ALGUNO Ó ALGUNOS DE SUS ELEMENTOS, (VER CUADRO 4.1). EN EL CAMPO DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EL DOMINIO DE ESTE TIPO DE BOMBAS ES CASI ABSOLUTO. ALGUNOS DE LOS TIPOS DE BOMBAS MENCIONADOS EN LOS INCISOS ANTERIORES, CORRESPONDEN A ESTE GRUPO COMO EN EL CASO DE LAS DE POZO PROFUNDO QUE HABITUALMENTE SE UTILIZAN EN LOS POZOS PARA CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA.

LAS OBRAS DE TOMA PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES GENERALMENTE SON EQUIPADAS MEDIANTE BOMBAS DE TIPO CENTRÍFUGA, PUDIENDO SER DE TIPO HORIZONTAL Ó VERTICAL, SEGÚN SEA LA POSICIÓN DE LA FLECHA DE LA BOMBA. UNA BOMBA-CENTRÍFUGA HORIZONTAL (COMO LA

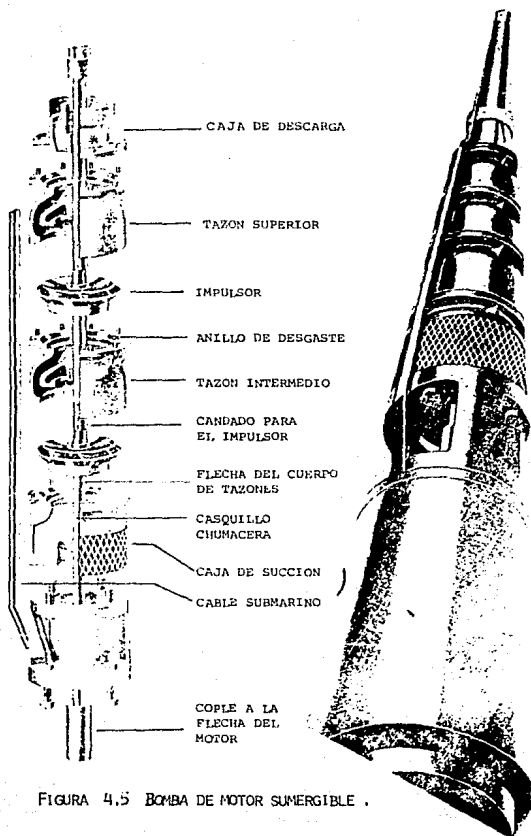


FIGURA 4.5 BOMBA DE MOTOR SUMERGIBLE .

MOSTRADA EN LA FIGURA 4.6), ES MAS RECOMENDABLE CUANDO SE REQUIERE DE GRANDES CAPACIDADES Y PRESENTA ALGUNAS VENTAJAS CON RESPECTO A UNA BOMBA-CENTRIFUGA VERTICAL ENTRE LAS CUALES TENEMOS: - 1) MAYOR EFICIENCIA, 2) MAYOR FACILIDAD DE MANTENIMIENTO Y 3) - MENOR COSTO PARA UNA MISMA CAPACIDAD.

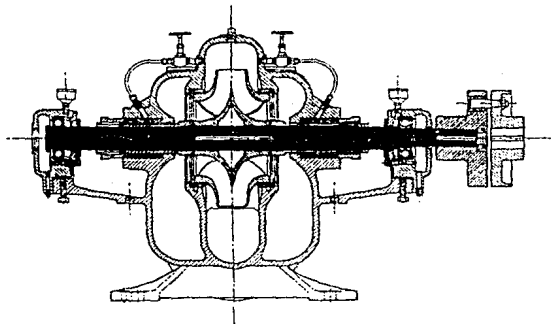


FIGURA 4.6 BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL.

LAS BOMBAS-CENTRIFUGA VERTICALES, COMO LA MOSTRADA EN LA FIGURA 4.2, SON COMÚNMENTE UTILIZADAS COMO BOMBAS DE POZO PROFUNDO; - SIN EMBARGO EN LAS OBRAS DE TOMA DE AGUAS SUPERFICIALES TAMBIÉN SON EMPLEADAS CON FRECUENCIA Y SON CONOCIDAS COMO BOMBAS DE TURBINA. ALGUNAS DE LAS VENTAJAS DE ESTE TIPO DE BOMBAS SON LAS SIGUIENTES: 1) TIENEN UNA ALTA PRESIÓN DE DESCARGA, 2) OCUPAN MENOR ESPACIO, 3) SU OPERACIÓN ES MAS SILENCIOSA Y 4) EL MOTOR PUEDE ESTAR UBICADO A UN NIVEL MAS ALTO, PARA EVITAR POSIBLES - INUNDACIONES. EN COMPARACIÓN CON LAS BOMBAS HORIZONTALES PRESENTAN LAS SIGUIENTES DESVENTAJAS: 1) MAYOR DIFICULTAD PARA SU MANTENIMIENTO, 2) EL PESO DE LOS ELEMENTOS ROTATORIOS ESTA CONCENTRADO EN UNA SOLA PIEZA Y 3) EL COSTO INICIAL GENERALMENTE ES - MAS ALTO.

UNA VARIABLE IMPORTANTE DE LAS BOMBAS DE TURBINA ES QUE LOS IMPULSORES ESTÁN CONSTRUIDOS CON UN MAYOR NÚMERO DE ASPAS Y EN UNA POSICIÓN TAL QUE IMPRIMEN MAYOR VELOCIDAD AL AGUA EN CADA GIRO DE TAL MANERA QUE EL EQUIPO ADEMÁS DE TRABAJAR COMO UNA BOMBA CENTRÍFUGA TRABAJA TAMBIÉN EN PARTE COMO UNA BOMBA DE DESPLAZAMIENTO. LAS BOMBAS DE TURBINA PUEDEN SER TANTO DE FLECHA VERTICAL COMO HORIZONTAL.

LAS BOMBAS CENTRÍFUGA TAMBIÉN SON CONOCIDAS COMO DE UN PASO, DOS PASOS, ETC. DE ACUERDO CON EL NÚMERO DE IMPULSORES Y DE LOS NIVELES DE PRESIÓN DESARROLLADOS. CUANDO SE REQUIERE DE UNA MAYOR PRESIÓN DE DESCARGA PUEDE INCREMENTARSE EL NÚMERO DE IMPULSORES Ó BIEN AUMENTAR EL DIÁMETRO DE LOS MISMOS Ó LA VELOCIDAD DE ROTACIÓN DE LA FLECHA.

4.1.2 MOTORES.

EN LAS OBRAS PARA CAPTACIÓN DE AGUA POTABLE LA FUERZA MOTRIZ MAS COMUNMENTE UTILIZADA ES LA QUE PROPORCIONAN LOS MOTORES ELÉCTRICOS DE INDUCCIÓN. ESTOS SE CONOCEN DE ESTA MANERA YA QUE OPERAN BAJO EL PRINCIPIO DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA.

LOS MOTORES DE INDUCCIÓN SE CLASIFICAN ATENDIENDO A LA CONSTRUCCIÓN DE SU ROTOR DE LA SIGUIENTE MANERA:

- 1) MOTORES DE INDUCCIÓN TIPO JAULA DE ARDILLA
- 2) MOTORES DE INDUCCIÓN DE ROTOR DEVANADO

DE ELLOS EL MOTOR DE INDUCCIÓN TIPO JAULA DE ARDILLA ES EL MAS AMPLIAMENTE UTILIZADO, NO SOLAMENTE EN LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA POTABLE SINO EN LA INDUSTRIA EN GENERAL.

LOS PRINCIPALES ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN A UN MOTOR DE INDUCCIÓN SE SEÑALAN EN LA FIGURA 4,7

- A) ESTATOR.- EL ESTATOR REPRESENTA A UNA DE LAS PARTES DEL CIRCUITO MAGNETICO DEL MOTOR Y ESTÁ FORMADO POR PAQUETES; DE LÁMINAS DE ACERO AL SILICIO TROQUELADAS. EL CONTENIDO DE SI

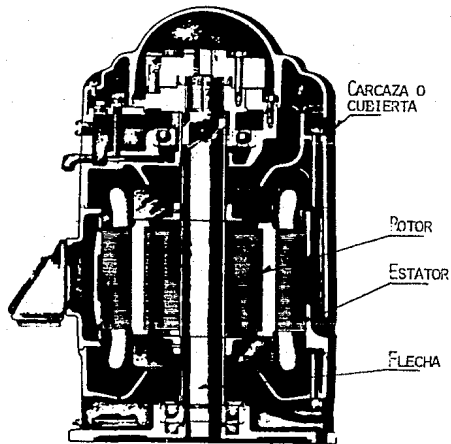


FIG. 4.7 PRINCIPALES COMPONENTES DE UN MOTOR ELÉCTRICO.

LICIO DEPENDE DE LAS DENSIDADES DE FLUJO USUALES Y ESTÁ CONSTITUIDO POR PAQUETES DE LÁMINA TROQUELADA EN FORMA DE RANURAS, CON EL OBJETO DE QUE EL BOBINADO DEL ESTATOR PUEDA SER ALOJADO EN ELLAS, LA FORMA DE LAS RANURAS VARÍA DE ACUERDO CON EL TAMAÑO Ó TIPO DEL MOTOR.

- B) ROTOR.- ÉL ROTOR TIPO JAULA DE ARDILLA, RECIBE ESTE NOMBRE DEBIDO A QUE PRECISAMENTE TIENE LA FORMA DE UNA JAULA DE ARDILLA, AQUÍ EL BOBINADO ESTÁ CONSTITUIDO POR BARRAS QUE SE VACIAN SOBRE EL ROTOR DESTINADO PARA ESTE FIN, LAS BARRAS - POR LO GENERAL, SON DE ALUMINIO Y AL FUNDIRSE EN EL ROTOR, - DEBIDO A LA FORMA QUE SE LES DA, QUEDAN UNIDAS ENTRE SI EN CORTO CIRCUITO EN LA FORMA DE UNA JAULA DE ARDILLA.
- C) CARCAZA.- LA CARCAZA RECIBE TAMBIÉN EL NOMBRE DE SOPORTE, YA QUE ES EL ELEMENTO QUE CONTIENE AL ESTATOR Y A LOS ELEMENTOS AUXILIARES DEL MOTOR.
- D) AUXILIARES.- LOS ELEMENTOS AUXILIARES DEL MOTOR SON TODAS AQUELLAS PARTES NECESARIAS PARA SU FUNCIONAMIENTO, Y DEPENDEN DEL PROPIO TIPO DE MOTOR.

DESDE EL PUNTO DE VISTA DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA EL MOTOR DE INDUCCIÓN, SE PUEDE DEFINIR COMO "EL ELEMENTO QUE CONVIERTE - ENERGÍA ELÉCTRICA EN ENERGÍA MECÁNICA POR EL PRINCIPIO DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA". ÉSTE PRINCIPIO CONSISTE EN QUE AL APLICAR UNA TENSIÓN EN LAS TERMINALES DEL ESTATOR SE PRODUCE UNA FUERZA MAGNETOMOTRIZ UNIFORME Y GIRATORIA. EN EL CASO DEL ROTOR JAULA DE ARDILLA, EN CADA BARRA SE INDUCE UNA FUERZA -- MAGNETOMÓTRIZ DE SENTIDO OPUESTO, ÉSTA HACE CIRCULAR UNA CORRIENTE Y SE PRODUCE UN PAR QUE HACE GIRAR AL ROTOR.

LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE FABRICANTES DE EQUIPO ELÉCTRICO DE E.U. (NEMA) CON EL FIN DE TENER UNA UNIFORMIDAD EN SU APLICACIÓN, HA CLASIFICADO A ESTE TIPO DE MOTORES DE ACUERDO CON EL PAR DESARROLLADO A ROTOR BLOQUEADO, EL PAR MÁXIMO DESARROLLADO, LA CORRIENTE DE ARRANQUE Ó ALGUNOS OTROS VALORES.

DE LOS MOTORES DE INDUCCIÓN TIPO JAULA DE ARDILLA EL MAS UTILIZADO ES EL DENOMINADO COMO NEMA CLASE B, ESTO DEBIDO A SUS CARACTERÍSTICAS MAS FAVORABLES QUE ENTRE OTRAS SON LAS SIGUIENTES PAR DE ARRANQUE NORMAL Y BAJA CORRIENTE DE ARRANQUE, ADEMÁS TOMA UNA CORRIENTE ACEPTABLE A PLENO VOLTAJE.

4.1.3 SELECCION DE EQUIPOS.

COMO YA HEMOS MENCIONADO EN LOS INCISOS ANTERIORES, LOS EQUIPOS MAYORMENTE UTILIZADOS ESTÁN CONFORMADOS POR UNA BOMBA CENTRÍFUGA ACCIONADA POR UN MOTOR DE INDUCCIÓN DEL TIPO JAULA DE ARDILLA. ACTUALMENTE EXISTEN EN EL MERCADO UNA GRAN VARIEDAD DE -- MARCAS Y MODELOS QUE PUEDEN SER UTILIZADOS EN FORMA CONVENIENTE PARA CUBRIR LAS NECESIDADES REQUERIDAS.

CADA MARCA Ó FABRICANTE UTILIZAN UN NÚMERO Ó UNA CLAVE DE IDENTIFICACIÓN PARA EL EQUIPO MEDIANTE EL CUAL RELACIONAN LAS CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN, DE OPERACIÓN Ó DE FUNCIONAMIENTO -- DEL MISMO.

LOS PRINCIPALES ASPECTOS QUE SE DEBEN TOMAR EN CUENTA AL HACER LA SELECCIÓN DEL CONJUNTO BOMBA-MOTOR ESTAN RELACIONADOS CON -- LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN Ó TRABAJO BAJO LAS CUALES FUNCIONARÁ EL EQUIPO Y POR OTRA PARTE CON LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL LÍQUIDO POR MANEJAR.

LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA, SE TOMAN EN CONSIDERACIÓN AL DEFINIR LAS CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA BOMBA TALES COMO: EL IMPULSOR, LA CARCAZA Y LA FLECHA. ADEMÁS TAMBIÉN DETERMINAN LAS CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO COMO EL TIPO DE SUCCIÓN, EL SENTIDO DE ROTACIÓN DEL IMPULSOR, LA DIRECCIÓN DEL FLUJO, ETC. ENTRE LOS PRINCIPALES FACTORES -- PODEMOS CITAR LOS SIGUIENTES:

- INDICE DE ACIDEZ-ALCALINIDAD (PH)
- TEMPERATURA
- PRESIÓN DE VAPORIZACIÓN DEL LÍQUIDO
A LA TEMPERATURA DE BOMBEO
- DENSIDAD
- SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN
- ABRASIÓN DE LOS SÓLIDOS

EN CUANTO A LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN, EL CONJUNTO BOMBA--
MOTOR DEBE SELECCIONARSE DE TAL MANERA QUE LOGRE VENCER EFICIENTE-
MENTE, LA DIFERENCIA DE CARGAS EXISTENTES ENTRE EL NIVEL DE
CAPTACIÓN Y EL SITIO DE DESCARGA. LA POTENCIA QUE DEBE DESAR-
ROLLAR EL EQUIPO ESTÁ DADA POR LA SIGUIENTE EXPRESIÓN,

$$P = \frac{\gamma Q H_T}{76 \eta} \quad \dots \quad 4.1$$

EN DONDE:

- P - POTENCIA DEL MOTOR EN Hp
- γ - PESO ESPECÍFICO DEL FLUIDO EN KG/M³
- Q - GASTO DE EXTRACCIÓN EN M³/S
- H_T - CARGA DINÁMICA TOTAL EN M
- 76 - FACTOR DE TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES
- η - EFICIENCIA DE LA BOMBA

EL PESO ESPECÍFICO DEL AGUA SE CONSIDERA SIEMPRE IGUAL A LA
UNIDAD (1 KG/ DM³) Y LA EFICIENCIA DE LAS BOMBAS OSCILA ENTRE
UN 60% Y UN 80% DE ACUERDO CON LAS CARACTERÍSTICAS Y LA CAPA-
CIDAD DEL EQUIPO,

LA CARGA DINÁMICA TOTAL (CDT) SE PUEDE CALCULAR MEDIANTE LA -
SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$CDT = C_e + C_v + C_f \quad \dots \quad 4.2$$

EN DONDE:

CE (CARGA ESTÁTICA TOTAL).- ES LA DISTANCIA VERTICAL ENTRE LOS NIVELES DE SUCCIÓN Y DE DESCARGA, SE GÚN EL ARREGLO QUE SE TENGA PARA SU INSTALACIÓN LA- CE PUEDE INCLUIR A LAS SIGUIENTES:

CES (CARGA ESTÁTICA DE SUCCIÓN).- SI LA BOMBA SE ENCUENTRA ARRIBA DEL NIVEL DE BOMBEO, LA DISTANCIA ENTRE- EL NIVEL DEL LÍQUIDO Y EL EJE CENTRAL DE LA BOMBA SE ENCUENTRA POR ABAJO DEL NIVEL LIBRE DE BOMBAS.- ENTONCES LA DISTANCIA ENTRE EL NIVEL DEL LÍQUIDO Y EL EJE CENTRAL DE LA BOMBA SE DENOMINA CARGA ESTÁTICA DE SUCCIÓN.

CED (CARGA ESTÁTICA DE DESCARGA).- ES LA DISTANCIA VERTICAL ENTRE EL EJE CENTRAL DE LA BOMBA Y EL PUNTO DE ENTREGA LIBRE DEL LÍQUIDO. ÉSTOS CONCEPTOS SE ILUSTRAN EN LA FIGURA 4,8

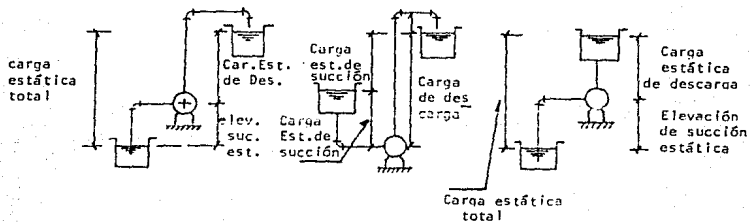


FIGURA 4.8 CARGA ESTÁTICA

CV (CARGA DE VELOCIDAD).- UN LÍQUIDO QUE SE MUEVE A CUALQUIER VELOCIDAD DENTRO DE UN TUBO, TIENE UNA ENERGÍA CINÉTICA DEBIDO A SU MOVIMIENTO, LA CARGA DE VELOCIDAD ES LA DISTANCIA DE CAÍDA NECESARIA PARA QUE UN LÍQUIDO ADQUIERA UNA VELOCIDAD DADA Y SE DETERMINA POR LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$CV = \frac{V^2}{2g}$$

SIENDO:

V.- LA VELOCIDAD DEL FLUIDO EN M/S

g.- LA ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD EN M/S²

Cf (CARGA DE FRICCIÓN).- ES LA COLUMNA DEL LÍQUIDO EN METROS EQUIVALENTE Y NECESARIA PARA VENCER LA RESISTENCIA DE LAS TUBERÍAS DE SUCCIÓN Y DESCARGA Y DE SUS ACCESORIOS, VARÍA DE ACUERDO CON LA VELOCIDAD DEL LÍQUIDO, TAMAÑO, TIPO Y CONDICIONES INTERIORES DE LAS TUBERÍAS Y NATURALEZA DEL LÍQUIDO QUE SE MANEJA, ESTE CONCEPTO ES MAS COMÚNMENTE CONOCIDO COMO PÉRDIDAS POR FRICCIÓN.

LOS ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN LA DETERMINACIÓN DE LA CARGA DINÁMICA TOTAL SE ILUSTRAN EN LA FIGURA 4,9

OTROS DE LOS FACTORES QUE DEBEN SER ANALIZADOS CUIDADOSAMENTE AL REALIZAR LA SELECCIÓN DEL MOTOR SON LOS SIGUIENTES:

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO.- TALES COMO EL ACOPLAMIENTO DEL MOTOR A LA BOMBA, LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN, LA POTENCIA, EL NÚMERO DE PARES REQUERIDO, LAS CARACTERÍSTICAS DE INERCIA Y ACELERACIÓN Y LOS CICLOS DE TRABAJO.

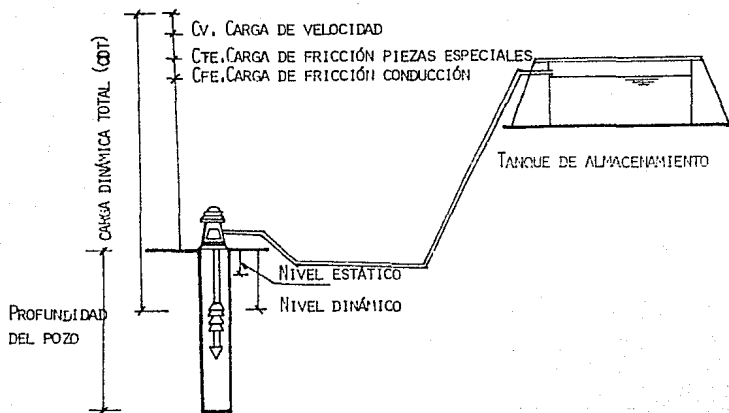


FIG. 4.9 DETERMINACIÓN DE LA CARGA DINÁMICA TOTAL

SISTEMA DE ARRANQUE.- ESTO ES EN RELACIÓN A LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA, TALES COMO VARIACIONES PERMISIBLES DE LA TENSIÓN AL APLICAR LA CORRIENTE DE ARRANQUE Y LA CAPACIDAD REQUERIDA EN KVA.

CONDICIONES AMBIENTALES.- COMO TEMPERATURA AMBIENTE, ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR, ABUSO MECÁNICO Y CONTAMINANTES, ESTOS FACTORES DETERMINARÁN EL TIPO DE AISLAMIENTO, ASÍ COMO LA CUBIERTA O PROTECCIÓN DEL MOTOR.

UNA VEZ ANALIZADOS Y ESTUDIADOS AMPLIAMENTE TODOS LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL FUNCIONAMIENTO DEL CONJUNTO BOMBA-MOTOR, ESTAREMOS EN CONDICIONES DE SELECCIONAR CON EL APOYO Y LA ASESORÍA DEL FABRICANTE EL EQUIPO DE BOMBEO QUE MAS CONVIENE A NUESTRAS NECESIDADES.

4.2 TUBERÍAS Y ACCESORIOS.

INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE LA BRIDA DE DESCARGA DE LA BOMBA SE ACOPLA A ÉSTA UN ARREGLO A BASE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS QUE NOS SERVIRÁN PARA CONDUCIR EL AGUA HASTA EL SITIO DE SU POTABILIZACIÓN, ALMACENAMIENTO O BIEN SU DISTRIBUCIÓN. ESTE ARREGLO DE TUBERÍAS CONJUNTAMENTE CON SUS ACCESORIOS SE DENOMINA LÍNEA DE CONDUCCIÓN.

4.2.1 TUBERÍAS

LAS CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA, COMO SON: DIÁMETRO, MATERIAL, ESPESOR, ETC. SE DETERMINAN MEDIANTE UN ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO QUE PERMITA ELEGIR AQUELLA QUE OFREZCA MAYOR SEGURIDAD CONTRA LOS ESFUERZOS A QUE ESTARÁ SOMETIDA, PERO QUE TAMBIÉN REPRESENTA LOS MÍNIMOS COSTOS, TANTO INICIALES COMO DE CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

RESPECTO AL DIÁMETRO DEBE CONSIDERARSE QUE PARA UN GASTO Y CLA

SE DE TUBERÍAS DADAS, EN UNA DE MENOR DIÁMETRO SE TIENEN MAYORES PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR FRICCIÓN Y EN CONSECUENCIA SE TIENE UN AUMENTO DE LA CARGA DEL SISTEMA Y POR LO TANTO UN INCREMENTO EN LA POTENCIA REQUERIDA PARA LA BOMBA, LO CUAL SE TRADUCE EN EL AUMENTO DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN. POR OTRA PARTE UNA TUBERÍA DE DIÁMETRO MAYOR TIENE UN COSTO INICIAL MAYOR, PERO AL PRODUCIRSE EN ELLA MENORES PÉRDIDAS DE ENERGÍA, SE PUEDE TENER UN AHORRO EN LA POTENCIA, QUE A LA LARGA Y EN MUCHAS OCASIONES ES MAYOR QUE LA DIFERENCIA EN EL COSTO INICIAL, COMPARADO CON OTRO DE MENOR DIÁMETRO.

EN CUANTO AL MATERIAL Y ESPESOR DE LAS TUBERÍAS, ESTOS DEPENDERÁN PRINCIPALMENTE DE LOS ESFUERZOS A QUE ESTARÁN SOMETIDAS DEBIDO A LAS CONDICIONES NORMALES DE TRABAJO Y A LAS PRESIONES ADICIONALES QUE SE ORIGINAN AL PRODUCIRSE EL FENÓMENO LLAMADO GOLPE DE ARIETE QUE SE PRESENTA DURANTE EL ARRANQUE Y EL PARO DE LA BOMBA. LAS TUBERÍAS MÁS FRECUENTEMENTE UTILIZADAS SON LAS DE ACERO, FIERRO FUNDIDO, ASBESTO - CEMENTO Y EN ALGUNAS OCASIONES POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.

4.2.2 ACCESORIOS

EN LA LINEA DE CONDUCCIÓN SIEMPRE ES NECESARIO EL EMPLEO DE CIERTOS ELEMENTOS QUE NOS PERMITAN TENER UN CONTROL SOBRE LA DESCARGA DE LAS BOMBAS ASÍ COMO PROTEGER A LAS TUBERÍAS Y AL EQUIPO DE BOMBEO EN GENERAL, PRINCIPALMENTE CONTRA EL GOLPE DE ARIETE.

A). VÁLVULAS.

UN GRUPO MUY IMPORTANTE DE LOS ELEMENTOS QUE SE UTILIZAN PARA EL CONTROL Y LA PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE LA OBRA - DE TOMA, ESTÁ CONFORMADA POR LAS VÁLVULAS, DE LAS QUE EN LA ACTUALIDAD EXISTE UNA GRAN DIVERSIDAD, NO SOLO EN SU FUNCIÓN - SINO TAMBIÉN EN LA FORMA DE SU CONSTRUCCIÓN Y DE SU OPERACIÓN.

LAS VÁLVULAS QUE SE UTILIZAN CON MAYOR FRECUENCIA SE DESCRIBEN A CONTINUACIÓN:

A.1. VÁLVULAS DE RETENCIÓN (CHECK).- LAS VÁLVULAS DE RETENCIÓN CONOCIDAS COMÚNMENTE COMO CHECK, SON UTILIZADAS CON EL OBJETO DE RETENER LA MASA DE AGUA QUE SE ENCUENTRA EN LA TUBERÍA CUANDO LA BOMBA SUSPENDE SU OPERACIÓN Y CON EL FIN DE EVITAR ESFUERZOS EXCESIVOS EN LAS BOMBAS DEBIDO AL FENÓMENO DEL GOLPE DE ARIETE, ESTAS VÁLVULAS NO ELIMINAN LOS EFECTOS DE ESE FENÓMENO, SINO QUE ÚNICAMENTE LO ATENUAN.

EXISTEN DIVERSOS TIPOS EN EL MERCADO. LOS MÁS USUALES SE PRESENTAN EN LA FIGURA 4.10 . LA PRIMERA REPRESENTA A LA VÁLVULA CHECK TRADICIONAL Y COMÚNMENTE EMPLEADA LLAMADA DE COLUMPIO. LA SEGUNDA SE CONOCE COMO DUO CHECK Y CONSTA ESENCIALMENTE DE DOS MEDIAS LUNAS CONECTADAS A UN EJE VERTICAL QUE SE ABREN Y SE CIERRAN SEGÚN EL SENTIDO DEL ESCURRIMIENTO. LA TERCERA TIENE LA CARACTERÍSTICA PECULIAR DE EFECTUAR UN CIERRE MÁS O MENOS LENTO CON LO CUAL SE CONSIGUE PROLONGAR LA VIDA DE LA VÁLVULA Y ELIMINAR CASI POR COMPLETO, EL RUIDO QUE PRODUCEN LOS OTROS TIPOS SE CONOCE COMO CHECK SILENCIOSA.

A.2. VÁLVULAS ROTO-CHECK.-LA VÁLVULA LLAMADA ROTO-CHECK TIENE UNA OPERACIÓN SIMILAR A LA DE COLUMPIO, EN LA FIGURA 4.11 SE MUESTRA LA SECCIÓN SEGÚN EL EJE LONGITUDINAL DE LA TUBERÍA. POR SU DISEÑO Y PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN (SE FABRICAN POR MITADES Y SE UNEN CON PERNOS) COMPITE EN COSTO CON LA VÁLVULA CHECK TRADICIONAL Y EN ESPECIAL CUANDO SE REQUIERE DE DIÁMETROS GRANDES. TIENE ADEMÁS LA VENTAJA DE EFECTUAR UN CIERRE LENTO Y MÁS HERMÉTICO.

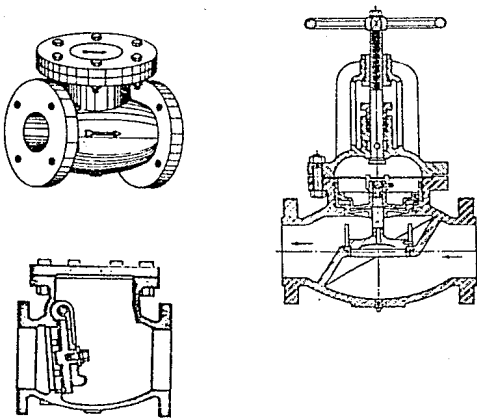


FIG. 4.10 VÁLVULAS DE RETENCIÓN (CHECK).

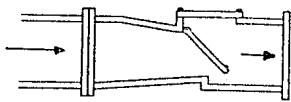


FIG. 4.11 VÁLVULA POTO-CHECK (CORTE)

A.3. VÁLVULAS DE COMPUERTA.- LAS VÁLVULAS DE COMPUERTA SE EMPLEAN CON EL OBJETO DE AISLAR EN UN MOMENTO DADO ALGÚN ELEMENTO O SECCIÓN DE LA INSTALACIÓN Y ASÍ PODER EFECUTAR UNA INSPECCIÓN, REPARACIÓN O MANTENIMIENTO. ESTA VÁLVULA SE INSTALA EN LA DESCARGA DE LA BOMBA, DESPUÉS DE LA VÁLVULA CHECK Y ANTES DE LA VÁLVULA DE ALIVIO, COMO PUEDE VERSE EN LA FIGURA 5,5, SIN EMBARGO, PUDIERAN SER NECESARIAS OTRAS EN OTRO SITIO O DISMINUIR EL NÚMERO DE ELLAS, SEGÚN EL PROYECTO DE LA CONEXIÓN QUE SE HAGA, DE ACUERDO A LA FLEXIBILIDAD DE OPERACIÓN QUE SE PREVEA EN EL SISTEMA DE ROMBO, TAMBIÉN SE INSTALAN VÁLVULAS DE COMPUERTA CON FINES DE DESAGÜE, EN LAS DEPRESIONES O COLUMPIOS MAS O MENOS LARGOS DE LA TUBERÍA DE DESCARGA, EL TIPO DE VÁLVULA DE COMPUERTA MAS EMPLEADO ES EL QUE SE MUESTRA EN LA FIGURA 4.12, PARA DIÁMETROS DE HASTA 508 MM (2") PUEDE SER ACOPLAMIENTO ROSCADO Y PARA DIÁMETROS MAYORES SE CARACTERIZA POR SER BRIDADA Y CON VÁSTAGO SALIENTE, ES DECIR QUE ÉSTE SE DESPLAZA SEGÚN SU EJE VERTICAL, ESTO TIENE LA GRAN VENTAJA DE QUE EL OPERADOR SE CERCIORE CON FACILIDAD, SI LA VÁLVULA ESTÁ CERRADA O ABIERTA.

CONVIENE INDICAR QUE LA VÁLVULA DE COMPUERTA ESTÁ DISEÑADA PROPIAMENTE PARA SER OPERADA CUANDO SE REQUIERA DE UN CIERRE O ABERTURA TOTAL, Y NO SE RECOMIENDA PARA OPERARSE COMO REGULADORA DE GASTO.

A.4 VÁLVULAS DE MARIPOSA.- ESTAS VÁLVULAS PUEDEN SER UTILIZADAS EN SUSTITUCIÓN DE LAS VÁLVULAS DE COMPUERTA CUANDO SE REQUIERAN DIÁMETROS GRANDES Y PARA PRESIONES BAJAS EN LA LÍNEA TIENEN LA VENTAJA DE SER MÁS LIGERAS, SON DE MENOR TAMAÑO Y DE MENOR COSTO, ESTAS VÁLVULAS OPERAN POR MEDIO DE

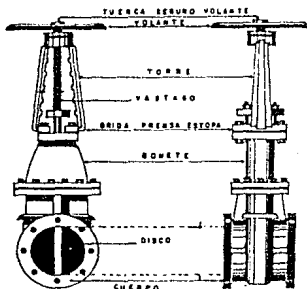


FIGURA 4.12 VÁLVULA DE COMPUERTA

UNA FLECHA QUE ACCIONA UN DISCO CENTRADO EN EL CUERPO DE LA VÁLVULA, HACIENDOLO GIRAR, LA OPERACIÓN PUEDE SER MANUAL, SEMIAUTOMÁTICA O AUTOMÁTICA, MEDIANTE DISPOSITIVOS NEUMÁTICOS, HIDRÁULICOS O ELÉCTRICOS. LA SECCIÓN DE UNA VÁLVULA DE MARIPOSA SE MUESTRA EN LA FIGURA 4.13

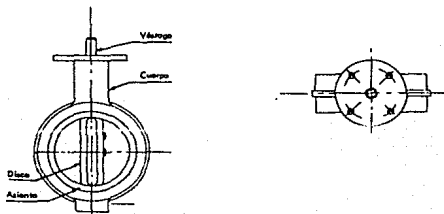


FIGURA 4.13 VÁLVULA DE MARIPOSA

- A.5 VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN.- SE CONOCEN TAMBIÉN COMO VÁLVULAS DE ALIVIO CONTRA GOLPE DE -
ARIETE Y SON EMPLEADAS PARA PROTEGER EL EQUIPO-
DE BOMBEO, TUBERÍAS Y DEMÁS ELEMENTOS CONTRA -
LOS CAMBIOS BRUSCOS DE PRESIÓN QUE SE PRODUCEN-
POR EL ARRANQUE O PARO DEL EQUIPO DE BOMBEO. LA
VÁLVULA ESTÁ DISEÑADA DE TAL MANERA, QUE PUEDE
ABRIRSE AUTOMÁTICAMENTE Y DESCARGAR AL EXTERIOR
CUANDO LA PRESIÓN EN EL SISTEMA, ES MAYOR QUE -
AQUELLA CON LA QUE FUE CALIBRADA, LOGRÁNDOSE -
CON ELLO, EL ABATIMIENTO DE LA CARGA DE PRE -
SIÓN. EL CIERRE DE LA VÁLVULA TAMBIÉN ES AUTO-
MÁTICO Y SE LOGRA CUANDO LA PRESIÓN EN LA LINEA
LLEGA A SER MENOR QUE LA DE SU AJUSTE O CALIBRA
CIÓN. SU UBICACIÓN, COMO SE VE EN LA FIGURA -
5.5, SE ELIGE DESPUÉS DE LOS ELEMENTOS DE CON
TROL Y ESPECÍFICAMENTE ENTRE LA CHECK Y LA DE-
COMPUERTA. UN ESQUEMA DE ESTÁ VÁLVULA SE DA EN
LA FIGURA 4.14

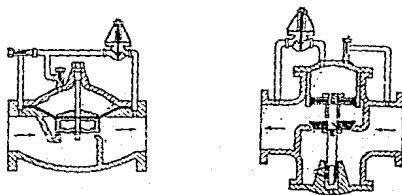


FIGURA 4.14 VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN

A.6 VÁLVULAS DE EXPULSIÓN DE AIRE. - SE INSTALAN CON EL OBJETO DE ELIMINAR EL AIRE RETENIDO EN LA SUCCIÓN CUANDO LA BOMBA NO TRABAJA. ESTA EXPULSIÓN SE EFECTÚA LUEGO DE INICIARSE LA OPERACIÓN DE LA BOMBA, SE UBICAN INMEDIATAMENTE A LA DESCARGA DE LA BOMBA, GENERALMENTE DESPUÉS DE LA JUNTA FLEXIBLE. UNO DE LOS TIPOS MÁS EMPLEADOS SE MUESTRA EN LA FIGURA 4.15. EL DIÁMETRO Y LAS CARACTERÍSTICAS DE ESTA VÁLVULA SE ELIGEN PRINCIPALMENTE EN FUNCIÓN DEL GASTO DE LA BOMBA Y DE LA PRESIÓN EN LA TUBERÍA.

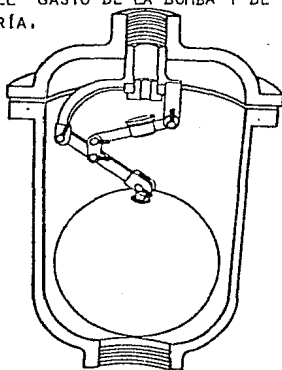


FIGURA 4.15 VÁLVULA DE EXPULSIÓN DE AIRE

B). MEDIDORES.

DOS SON LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS QUE, POR SU IMPORTANCIA ES NECESARIO CUANTIFICAR O MEDIR EN UNA OBRA DE TOMA, EL GASTO QUE SE EXTRAE DE LA FUENTE PARA TENER UNA GARANTÍA DEL SUMINISTRO Y A LA VEZ UN CONTROL SOBRE EL VOLUMEN DE EXPLOTACIÓN Y LA PRESIÓN GENERADA EN EL SISTEMA, EQUIPOS Y TUBERÍAS, DURANTE SU OPERACIÓN, PARA GARANTIZAR UN BUEN FUNCIONAMIENTO Y CONSERVAR SU VIDA ÚTIL.

B.1 MEDIDORES DE GASTO.- EXISTEN DIVERSOS TIPOS DE MEDIDORES DE GASTO, LOS MÁS UTILIZADOS SON LOS DE TIPO TURBINA O DE VELOCIDAD. ESTOS MEDIDORES ESTÁN PROVISTOS DE UNA HÉLICE O TURBINA, LA CUAL ES IMPULSADA POR MEDIO DEL FLUJO DEL AGUA, AL GIRO DE ÉSTA HÉLICE SE ACCIONA UN ELEMENTO MECÁNICO EL CUAL ESTÁ CALIBRADO PARA CUANTIFICAR EL VOLUMEN CONFORME EL FLUIDO VA CRUZANDO LA SECCIÓN DEL MEDIDOR. LA LECTURA SE DA EN FORMA DIRECTA EN LA CARÁTULA, Y EL GASTO CORRESPONDE AL VOLUMEN CUANTIFICADO DURANTE UN DETERMINADO LAPSO DE TIEMPO. EN LA FIGURA 4.16 SE PUEDE OBSERVAR UNA SECCIÓN DE ESTE TIPO DE MEDIDORES.

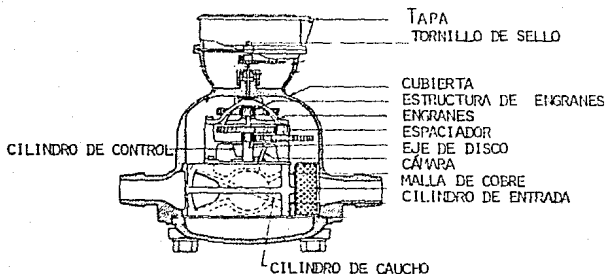


FIGURA 4.16 MEDIDORES DE GASTO

B.2 MEDIDORES DE PRESIÓN.- ES MUY IMPORTANTE TENER CONOCIMIENTO DE LA PRESIÓN A QUE SE ENCUENTRAN TRABAJANDO TANTO LAS TUBERÍAS COMO LOS EQUIPOS, YA QUE A UNA PRESIÓN BAJA, SE TENDRÁ UN GASTO MENOR AL REQUERIDO, LO CUAL INDICA LA FALLA O DEFICIENCIA DEL EQUIPO Y UNA PRESIÓN POR ENCIMA DE LA DE DISEÑO IMPLICA PONER EN RIESGO LA SEGURIDAD DE LA INSTALACIÓN Y DEL EQUIPO. LOS MEDIDORES DE PRESIÓN MAS USUALES SON LOS MANÓMETROS, ÉSTOS DISPOSITIVOS ESTÁN PROVISTOS DE UN SISTEMA MECÁNICO DE AGUJA Y CARÁTULA GRADUADA DONDE SE LEEN DIRECTAMENTE LAS PRESIONES. GENERALMENTE LA CARÁTULA PRESENTA SU GRADUACIÓN EN DOS TIPOS DE UNIDADES LBS/PULG.² Y KG/CM², LAS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE TAMAÑO Y ESCALA DE MEDICIÓN DEBERÁN CORRESPONDER A LAS ESPECIFICACIONES DE DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA. LA FIGURA 4.17- MUESTRA LA CARÁTULA DE UN MANÓMETRO TIPO.

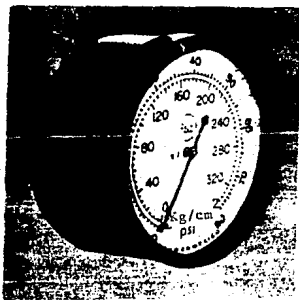


FIGURA 4.17 MANÓMETRO TIPO

C). PIEZAS ESPECIALES.

SE CONOCEN COMO PIEZAS ESPECIALES A TODAS AQUELLOS ELEMENTOS QUE SE UTILIZAN EN LA INSTALACIÓN, PARA UNIR TUBERÍAS, CAMBIOS DE DIRECCIÓN, DERIVACIONES O ADAPTACIÓN DE ALGÚN OTRO TIPO DE ACCESORIO. ALGUNAS DE LAS PIEZAS MAS UTILIZADAS EN LAS OBRAS DE TOMA SE CONSTRUYEN GENERALMENTE EN ACERO Y FIERRO FUNDIDO Y SON LAS QUE SE MENCIONAN A CONTINUACIÓN:

- C.1. JUNTAS FLEXIBLES.-SON RECOMENDABLES PARA ABSORBER ALGUNOS MOVIMIENTOS OCASIONADOS POR EL TRABAJO DE LA BOMBA, ASÍ COMO PEQUEÑOS DESALINEAMIENTOS DURANTE EL MONTAJE DEL EQUIPO; TAMBIÉN SE APROVECHAN PARA DESCONECTAR CON FACILIDAD LA UNIDAD DE BOMBEO CUANDO SE REQUIERA, GENERALMENTE SE EMPLEAN LAS LLAMADAS JUNTAS DRESSER.
- C.2. CODOS.-SE UTILIZAN PARA DAR UN CAMBIO EN LA DIRECCIÓN DE LA TUBERÍA; COMÚNMENTE SE FABRICAN EN 11º15', 22º30', 45º y 90º.
- C.3. TEES.-SE EMPLEAN CUANDO SE REQUIERE UNA DERIVACIÓN EN LA TUBERÍA PRINCIPAL O PARA LA ADAPTACIÓN DE ALGÚN DISPOSITIVO AUXILIAR O DE CONTROL, EL DIÁMETRO DE LA DERIVACIÓN PUEDE SER IGUAL O MENOR AL DE LA TUBERÍA PRINCIPAL.
- C.4. CARRETES.-SON TRAMOS DE TUBO CON BRIDAS EN AMBOS EXTREMOS, SE UTILIZAN CASI EXCLUSIVAMENTE PARARECORRER O AJUSTAR LA INSTALACIÓN EN TRAMOS CORTOS.
- C.5. EXTREMIDADES.-SE EMPLEAN PARA UNIR UN TRAMO DE TUBO O ALGUNA OTRA PIEZA QUE CAREZCA DE BRIDA CON OTRO QUE SI LA TENGA.

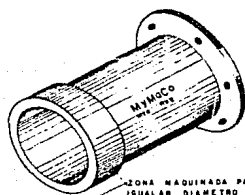
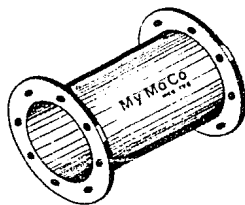
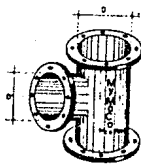
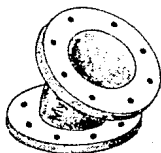
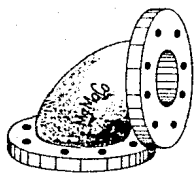


FIGURA 4.18 PIEZAS ESPECIALES.

CAPITULO QUINTO

V. EJEMPLO ILUSTRATIVO .

LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DETERMINACIÓN DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO MAS ADECUADA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE A UNA POBLACIÓN, PUEDEN AGRUPARSE DE UNA MANERA GLOBAL EN LOS SIGUIENTES ASPECTOS :

A) ASPECTOS ECONÓMICOS .

SIN DUDA ALGUNA LOS FACTORES ECONÓMICOS HAN SIDO Y SON HASTA LA FECHA, LOS QUE MAYOR INFLUENCIA TIENEN AL SELECCIONAR UNA FUENTE, ESTO SE DEBE A QUE ESTOS FACTORES ESTAN RELACIONADOS DIRECTAMENTE CON EL COSTO QUE REPRESENTA CADA UNA DE LAS OBRAS QUE INTEGRAN EL SISTEMA .

B) ASPECTOS TÉCNICOS .

DENTRO DE ESTE GRUPO ESTAN INCLUIDAS TODAS AQUELLAS DIFICULTADES DE CARÁCTER TÉCNICO QUE ESTAN IMPLÍCITAS AL LLEVAR A CABO ALGUNA DE LAS OPCIONES, DENTRO DE ELLAS PODEMOS MENCIONAR; LA DIFICUL--

TAD QUE IMPLIQUE LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA O BIEN EL GRADO DE COMPLEJIDAD QUE GENERE LA OPERACIÓN DEL MISMO ,

C) ASPECTOS ECOLÓGICOS

ALGUNOS DE LOS FACTORES QUE EN LA ACTUALIDAD SE CONOCEN Y QUE PESE A SU IMPORTANCIA NO HAN SIDO CONSIDERADOS COMO DETERMINANTES EN LA SELECCIÓN DE UNA FUENTE DE ABASTECIMIENTO , SON AQUELLOS QUE ESTAN RELACIONADOS CON EL GRADO DE AFECTACIÓN QUE SE GENERA DE LA EXPLOTACIÓN DE LA MISMA , ESTOS FACTORES COMPREN DEN DESDE LA CONTAMINACIÓN QUE SE PROVOQUE EN EL SITIO DE CAPTACIÓN , HASTA EL DETERIORO ECOLÓGICO PROVOCADO POR LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA EN SU CONJUNTO , ASÍ COMO LA MODIFICACIÓN DEL MEDIO PRODUCIDA POR LA EXTRACCIÓN DEL RECURSO QUE EN OCASIONES PROPICIA EL AGOTAMIENTO Y LA EXTINCIÓN DEL MISMO.

EL PRESENTE CAPÍTULO TIENE POR OBJETO, A TRAVÉS DEL PLANTEAMIENTO DE UN PROBLEMA REAL , EXPONER DE UNA MANERA GLOBAL, LA PROBLEMATICA QUE IMPLICA LA SELECCIÓN DE UNA FUENTE DE ABASTECIMIENTO , Y UNA VEZ DETERMINADA LA MEJOR OPCIÓN , PROCEDER AL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA U OBRA QUE PERMITA LA CAPTACIÓN DEL AGUA. PARA ELLO SE HA SELECCIONADO EL CASO DE LA CIUDAD DE SAN PEDRO, EN EL ESTADO DE COAHUILA, EL CUAL SE PLANTEA A CONTINUACIÓN.

5.1 ANTECEDENTES GENERALES .

LA LOCALIDAD DE SAN PEDRO DE LAS COLONIAS , COAHUILA, ES UNA DE LAS CIUDADES MAS ANTIGUAS Y TRADICIONALES EN LA COMARCA LAGUNERA . A FINES DEL SIGLO PASADO Y PRINCIPIOS DEL PRESENTE DESTACÓ NACIONALMENTE COMO IMPORTANTE CENTRO AGRÍCOLA , GRACIAS A SU POSICIÓN GEOGRÁFICA A ORILLAS DE LA EXTINTA LAGUNA DE MAYRÁN, ENTONCES DESTINO FINAL DE LAS AGUAS DEL RIO NAZAS .

CON EL TRANSCURSO DEL TIEMPO SE FUERON CONSTRUYENDO OBRAS DE CAPTACIÓN AGUAS ARRIBA DEL RIO NAZAS , MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PEQUEÑAS PRESAS DERIVADORAS QUE DIERON LUGAR A LA FORMACIÓN

DE NUEVOS CENTROS AGRÍCOLAS QUE PROSPERABAN POR LA MEJOR CALIDAD DE SUS TIERRAS . CON LA CONSTRUCCIÓN DE LAS PRESAS LÁZARO CÁRDENAS (EL PALMITO) Y FRANCISCO ZARCO (LAS TÓRTOLAS) , SE LOGRÓ EL COMPLETO CONTROL Y APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE LAS AGUAS DEL RIO NAZAS ; CON OBRAS SIMILARES EN EL RIO AGUA NAVAL SE LOGRARON LAS BASES PARA EL FIRME DESARROLLO DE LA LAGUNA QUE EN POCOS AÑOS SE CONVIRTIÓ EN UNA DE LAS REGIONES AGRÍCOLAS MAS RICAS DEL PAÍS . POR SU UBICACIÓN EN EL EXTREMO FINAL DE LA SUPERFICIE DE RIEGO SERVIDA POR EL SISTEMA DEL RIO NAZAS , LA CIUDAD DE SAN PEDRO PRESENTA LAS CONDICIONES MAS DESFAVORABLES . UTRÓ FACTOR NEGATIVO QUE AGRAVA LA SITUACIÓN , ES LA ELEVADA SALINIDAD DE LAS AGUAS EN EL INTERIOR DEL SUBSUELO .

SIN LUGAR A DUDAS, EL OBSTÁCULO MAS SERIO QUE SE INTERPONE EN EL DESARROLLO Y PROGRESO DE LA CIUDAD DE SAN PEDRO ES LA FALTA DE AGUA . CONSIDERANDO QUE EL USO ACTUAL DEL AGUA EXCEDE A LA CANTIDAD DE LÍQUIDO DISPONIBLE , SE PENSÓ CONVENIENTE PLANEAR EL DESARROLLO DE LA LOCALIDAD , CREANDO OTRAS FUENTES DE VIDA DIFERENTES A LA TRADICIONAL BASADA EN ACTIVIDADES AGROPECUARIAS , - ESTO SIN PERDER DE VISTA EL APLICAR UNA POLÍTICA DE CONSERVACIÓN Y USO INTENSIVO DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS .

SIN EMBARGO , AÚN CON EL CAMBIO DE LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS - BÁSICAS , EL DESARROLLO PROPIO DE LA CIUDAD HACE NECESARIO INCREMENTAR EL VOLÚMEN DE AGUA REQUERIDA PARA SUMINISTRO DE AGUA POTABLE, MISMA QUE POR LAS RAZONES GEOHIDROLÓGICAS DE LA REGIÓN SE PIENZA MAS CONVENIENTE OBTENERLA DE FUENTES SUBTERRÁNEAS , - TRANSPORTANDOLA DESDE LOS SITIOS MAS ADECUADOS .

5.2 LOCALIZACION .

EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LAS COLONIAS , PERTENECE AL ESTADO DE COAHUILA Y TIENE UNA EXTENSIÓN DE 9942.4 km² , EQUIVALENTE AL 6.6 % DE LA SUPERFICIE DEL ESTADO . LÍMITA AL NORTE CON EL MUNICIPIO DE CUATROCIENEGAS , AL SUR CON LOS MUNICIPIOS DE MATAMOROS Y VIEZCA , AL ORIENTE CON CUATROCIENEGAS Y PARRAS Y AL PO-

NIENTE CON FRANCISCO I MADERO Y MATAMOROS .

LA CIUDAD DE SAN PEDRO SE LOCALIZA EN LOS $102^{\circ} 00'$ DE LONGITUD OESTE Y $25^{\circ} 42' 24''$ DE LATITUD NORTE , CON UNA ALTITUD DE -- 1103 M. SOBRE EL NIVEL DEL MAR . TAL COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA 5.1 .

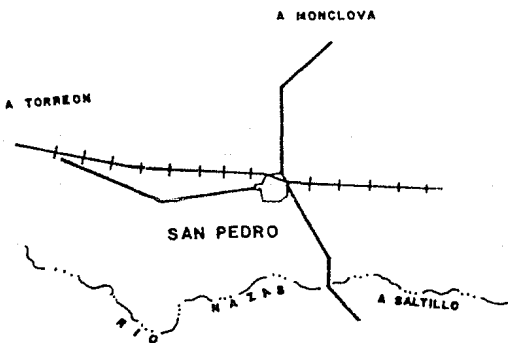


FIGURA 5.1 LOCALIZACIÓN DE LA CD. DE SAN PEDRO , COAH.

5.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ,

EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE QUE SIRVE A LA CIUDAD DE SAN PEDRO , PRESENTA ACTUALMENTE SERIAS DEFICIENCIAS , - DERIVADAS TANTO DE LAS CONDICIONES Y FORMA DE OPERACIÓN , COMO DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS UNIDADES , EQUIPOS , Y TUBE -

RÍAS QUE CONFORMAN EL SISTEMA , SIN EMBARGO EL PROBLEMA MAS IMPORTANTE CONSISTE EN LA INSUFICIENCIA DEL VOLÚMEN DE AGUA PARA SATISFACER LAS NECESIDADES QUE DEMANDA LA POBLACIÓN .

LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO QUE PROVEE ACTUALMENTE A LA CIUDAD LA CONSTITUYEN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACÚIFERO LOCALIZADO EN EL MUNICIPIO DE FRANCISCO I. MADERO , APROX. A 29 KM. AL SUROESTE DE LA LOCALIDAD , EN DICHA ZONA SE CUENTA CON 5 POZOS PROFUNDOS , POR MEDIO DE LOS CUALES SE SUMINISTRA UN GASTO DE 128 LPS. A LA CIUDAD Y A OTROS POBLADOS QUE TAMBIEN SE ENCUENTRAN CONECTADOS AL SISTEMA .

EL GASTO CAPTADO ES CONDUCCION HASTA LA CIUDAD A TRAVÉS DE UNA TUBERÍA DE ASBESTO-CEMENTO DE 16'' Y 14'' DE DIÁMETRO ; DE ESA LÍNEA PRINCIPAL , SE DERIVAN ALGUNOS RAMALES QUE ABASTECEN A LOS OTROS POBLADOS , EL VOLÚMEN SE RECIBE EN UN TANQUE SUBTERRÁNEO DE CONCRETO REFORZADO Y CON UNA CAPACIDAD DE 750 M³ , - DE DONDE POSTERIORMENTE ES BOMBEADO A LA RED DE DISTRIBUCIÓN, LA CUAL SE ESTIMA QUE TIENE UNA COBERTURA DE SERVICIO DEL 65 % DE LA POBLACIÓN ACTUAL .

5.4 PROYECTO DE SOLUCION .

DESPUES DE REALIZAR UN ANÁLISIS DETALLADO DE LAS POSIBLES ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA , SE OPTÓ POR SELECCIONAR - AQUELLA CUYO MECANISMO DE OPERACIÓN REPRESENTA LA MAYOR EFICIENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA Y A LA VEZ , LA CONSTRUCCIÓN DE SUS UNIDADES IMPLICA UNA MENOR INVERSIÓN Y MENORES COSTOS EN LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA .

EL PROYECTO DE SOLUCIÓN FUÉ ELABORADO PARA PROPORCIONAR , CON UNA COBERTURA AL AÑO 2000 , EL SERVICIO DE AGUA POTABLE A UNA POBLACIÓN DE 73,000 HABITANTES , ÉSTE Y LOS DEMÁS DATOS BÁSICOS PARA EL PROYECTO , FUERON OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE LAS --

CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LA POBLACIÓN . LOS DATOS BÁSICOS DE PROYECTO SE PRESENTAN EN EL CUADRO 5.1 .

POBLACIÓN CENSO 1980	37 480	HAB.
POBLACIÓN AÑO 1985	44 000	HAB.
POBLACIÓN PROYECTO AÑO 2 000	73 000	HAB.
DOTACIÓN MEDIA	250	L/HAB./D
GASTOS :		
MEDIO	211	LPS.
MÁXIMO DIARIO	253	LPS.
MÁXIMO HORARIO	380	LPS.
FUENTE DE ABASTECIMIENTO	AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	ACUÍFERO A 29 KM.AL	
	SUROESTE .	
CAPTACIÓN	POZOS PROFUNDOS	
CONDUCCIÓN	BOMBEO	
CAPACIDAD DE REGULARIZACIÓN	4 000	M ³
POTABILIZACIÓN	CLORACIÓN	
DISTRIBUCIÓN	POR GRAVEDAD	

CUADRO 5.1 DATOS BÁSICOS DE PROYECTO .

LA SOLUCIÓN INTEGRAL AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE , CONTEMPLA UNA REESTRUCTURACIÓN AL SISTEMA EN SU CONJUNTO, INCLUYENDO LA CONDUCCIÓN , REGULARIZACIÓN Y LA DISTRIBUCIÓN .

COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO SE CONTEMPLA SEGUIR APROVECHANDO LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO QUE SE VIENE EXPLOTANDO ACTUALMENTE , PARA ELLO SE PROCEDIÓ A REALIZAR UNA SERIE DE ESTUDIOS DE CARÁCTER GEOHIDROLÓGICO , QUE A LA VEZ QUE SIRVIERAN DE BASE Y BRINDARAN LA SEGURIDAD DE UN ABASTECIMIENTO SEGURO Y DE CARACTERÍSTICAS CONFIABLES PARA EL CONSUNO HUMANO , TAMBIÉN PERMITIERAN LLEVAR A CABO UNA PLANEACIÓN EN LA ESTRATEGIA DE EXPLORACIÓN .

TACIÓN DE TAL MANERA QUE SE EVITE UN ABATIMIENTO EXCESIVO QUE DAÑE EN FORMA SEVERA A DICHO RECURSO . LOS RESULTADOS DE ESTOS ESTUDIOS SE PRESENTAN EN EL INCISO 5.5 .

LA CAPTACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS SE REALIZARÁ POR MEDIO DE POZOS , MISMOS QUE SE IRÁN PERFORANDO POR ETAPAS, DE ACUERDO A LOS INCREMENTOS DE LA DEMANDA Y ACATANDO LAS NORMAS IMPLANTADAS POR LA SARH QUE NO PERMITE EXTRACCIONES MAYORES A 60. LPS.- PARA LA CONDUCCIÓN SE CONSTRUIRÁ UNA NUEVA LÍNEA , INDEPENDIENTE DE LA ACTUAL , ESTO CON EL FIN DE SEPARAR EL CAUDAL HACIA LA CIUDAD DE SAN PEDRO DE LA DE LOS DEMÁS POBLADOS .

EN LA CIUDAD , EL AGUA SERÁ RECIBIDA EN DOS TANQUES ELEVADOS DE 2 000 M³ DE CAPACIDAD CADA UNO . LA RED DE DISTRIBUCIÓN FUNCIONARÁ POR GRAVEDAD , APARTIR DE LOS TANQUES DE REGULARIZACIÓN , SIENDO AMPLIADA A TODA EL ÁREA DE PROYECTO Y REHABILITANDO AQUELLOS TRAMOS EN QUE POR FALTA DE CAPACIDAD O POR SU ESTADO DE CONSERVACIÓN , ASÍ LO REQUIERAN .

5.5 ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO .

EL OBJETO DE LA REALIZACIÓN DE ESTE ESTUDIO , CONSISTIÓ EN CONOCER LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE LA REGIÓN DENTRO DE LA CUAL SE ENCUENTRA LA CIUDAD DE SAN PEDRO , LO QUE A SU VEZ PERMITIÓ CON UNA MAYOR VISIÓN , DEFINIR LA FUENTE MAS APROPIADA PARA ABASTECER DE AGUA POTABLE A DICHA POBLACIÓN .

EN PRIMERA INSTANCIA Y APARTIR DE LA OBSERVACIÓN Y ANÁLISIS -- DEL MATERIAL CARTOGRÁFICO DISPONIBLE , SE PUDO ESTABLECER QUE -- LA POSIBILIDAD DE APROVECHAR AGUAS DE TIPO SUPERFICIAL , ES UNA OPCIÓN POCO FACTIBLE , YA QUE LAS POSIBLES FUENTES DE AGUAS SUPERFICIALES SE LOCALIZAN A DISTANCIAS BASTANTE CONSIDERABLES , -- POR ESTA RAZÓN , EL ENFOQUE DEL ESTUDIO , SE ORIENTÓ HACIA EL -- CONOCIMIENTO DE LOS RECURSOS SUBTERRÁNEOS .

5.5.1 FISIOGRAFÍA .

LA CIUDAD DE SAN PEDRO SE ENCUENTRA LOCALIZADA DENTRO DE LA EXTENSA LLANURA DENOMINADA COMARCA LAGUNERA , EN LOS ESTADOS DE COAHUILA Y DURANGO , LA CUAL CONSTITUYE LA CUENCA DE MAYRÁN-NAZAS DE ESCURRIMIENTO INTERNO DEL TIPO DE LOS "BOLSONES" .

ESTA CUENCA FISOGRÁFICAMENTE , PERTENECE A LA MESA DEL NORTE , CUYA MORFOLOGÍA SE CARACTERIZA POR ENCONTRARSE FORMADA POR GRANDES PLANICIES ENDORREICAS O BOLSONES , DICHAS PLANICIES ESTÁN DELIMITADAS POR COORDILLERAS DE GRAN MAGNITUD QUE CONSTITUYEN ALGUNAS VECES LEVANTAMIENTOS ANTICLINALES Y OTRAS VECES ESTRUCTURAS AFALLADAS .

LOCALMENTE LA CUENCA DE MAYRÁN-NAZAS ES CARACTERIZADA POR UNA SUPERFICIE DE FISIOGRAFÍA MADURA , APRECIÁNDOSE ZONAS CASI PLANAS , ONDULADAS EN OCASIONES Y SEMIACCIDENTADA EN ÁREAS PROXIMAS A LAS ELEVACIONES LÍMITROFES DE LA CUENCA . HIDROGRÁFICAMENTE ESTA ÁREA ES CONOCIDA COMO LA CUENCA ENDORREICA DE MAYRÁN-NAZAS , CONSTITUIDA PRIMORDIALMENTE POR EL RÍO NAZAS QUE ES ALIMENTADO POR VARIOS ARROYOS QUE SE ORIGINAN EN LOS FLANCOS DE LAS COORDILLERAS .

5.5.2 FACTORES CLIMATOLÓGICOS .

LA REGIÓN SE CARACTERIZA POR TENER UN CLIMA MUY SECO , CASI DESÉRTICO , SEMICÁLIDO , CON INVIERNO FRESCO , TEMPERATURA MEDIA ANUAL ENTRE LOS 18° Y 22° C. , Y RÉGIMEN DE LLUVIAS EN VERANO , CON UNA PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL DE 185.5 MM. .

5.5.3 GEOLOGÍA GENERAL .

LA REGIÓN DE LA CUENCA A LA CUAL PERTENECE LA ZONA EN ESTUDIO , SE ENCUENTRA CONSTITUIDA POR ROCAS SEDIMENTARIAS MARINAS Y CON-

TINENTALES , QUE DATAN DESDE LOS PRINCIPIOS DEL CRETÁCICO INFERIOR AL RECIENTE Y ESPORÁDICAMENTE AFLORAN ÍGNEAS EXTRUSIVAS - TERCIARIAS .

DE ACUERDO CON EL CARÁCTER DEL PRESENTE ESTUDIO , RESULTA DE MAYOR INTERÉS EL ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOHIDROLÓGICAS IMPERANTES EN LA REGIÓN , EN LOS PÁRRAFOS SUBSECUENTES Y DE UNA MANERA SOMERA , SE DA UNA BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATIGRAFÍA DE LA ZONA ,

LA ESTRATIGRAFÍA DE LA REGIÓN ESTA CONFORMADA POR DISTINTOS TIPOS DE FORMACIONES , ENTRE ELLAS DESTACAN , LA FORMACIÓN PAILA, ACATITA , VIEZCA, TREVIÑO , LUTITA-PARRAS Y MAYRÁN . LAS ROCAS MAS COMUNES QUE SUBYACEN EN LA REGIÓN , PERTENECEN AL MEZOZOICO DESDE EL CRETÁCICO INFERIOR AL RECIENTE Y CONSISTENTE EN CALÍZAS FOSILÍFERAS, CAVERNOSAS DE COLOR GRIS CLARO , ESTRATIFICADAS EN CAPAS GRESAS A MASIVAS , SOBREVACIENDO A LAS CALÍZAS , SE HAN IDENTIFICADO ARENISCAS BIEN COMPACTADAS , LUTITAS CARBONOSAS DE COLOR NEGRO ESTRATIFICADAS EN CAPAS DELGADAS Y LIMOLITAS EN ALGUNOS CASOS .

SUPERVACIENDO A ESTAS ÚLTIMAS , SE TIENEN DEPÓSITOS TERCIARIOS QUE LAS CLASIFICAN COMO EOCÉNICAS O PLEISTOCÉNICAS , CONSISTENTES EN CONGLOMERADOS DE MATÍZ CALCÁREO BIEN CEMENTADAS . EN EL VALLE ADEMÁS , SE ENCUENTRA UN ESPESOR CONSIDERABLE DE SEDIMENTOS ALUVIALES CONSISTENTES EN CANTOS RODADOS , GRAVAS , ARENAS FINAS , LIMOS , ARCILLAS Y ARCILLAS ARENOSAS .

5.5.4 UNIDADES GEOHIDROLÓGICAS .

LA DENOMINADA COMARCA LAGUNERA , EN LOS ESTADOS DE COAHUILA-DURANGO , SE ENCUENTRA ASENTADA EN UNA EXTENSA LLANURA , FORMADA GEOLÓGICAMENTE POR RELLENOS ALUVIALES , COMPUESTOS POR BOLEOS , GRAVAS , ARENAS Y ARCILLAS PRINCIPALMENTE , CON INTERCALACIONES DE SEDIMENTOS DE SALES CARBONATOSAS , ARSENATOS , SODIOS, SULFA

TOS ,ETC. EL PAQUETE DE RELLENO ALUVIAL ALCANZA ESPESORES DE = 600 M. O MAS .

DE ACUERDO A LA CLASIFICACIÓN FISIGRÁFICA DE LA REPÚBLICA MEXICANA , SE ENCUENTRA FORMANDO PARTE DEL BOLSÓN DE MAPIMI , A SU VEZ , LOCALIZADA EN LA CUENCA HIDROLÓGICA DEL RIO NAZAS-MAYRÁN

LA MAYOR CANTIDAD DE LOS APROVECHAMIENTOS QUE EXPLOTAN AGUA SUBTERRÁNEA , ESTAN UBICADAS EN EL ACUÍFERO GRANULAR , POR CONSIGUIENTE , ÉSTE ESTÁ SOMETIDO A UNA SOBREEXPLOTACIÓN ,

EN LAS SIERRAS CIRCUNDANTES AFLORAN ROCAS CALIZAS QUE ,AL MENOS LOCALMENTE , PRESENTAN CONDICIONES FAVORABLES PARA EXPLOTAR -- AGUAS SUBTERRÁNEAS QUE PUEDEN SER CAPTADAS POR MEDIO DE POZOS PERFORADOS EN LOS BORDES DE LA PLANICIE .

5.5.5 NIVEL ESTÁTICO .

LA POSICIÓN Y COMPORTAMIENTO DE LOS NIVELES ESTÁTICOS DURANTE EL PERIODO 1977-1980 , ILUSTRADO EN EL CROQUIS 5.1 , ES SEMEJANTE AL REGISTRADO EN AÑOS ANTERIORES , NÓTESE QUE DICHOS NIVELES DESCENDIERON ENTRE CERO Y OCHO METROS , EN DICHO INTERVALO DE TIEMPO Y QUE LAS ÁREAS MAS SOBREEXPLOTADAS SIGUEN SIENDO LAS DE TORREÓN , MATAMOROS Y FRANCISCO I. MADERO , DONDE SE REGISTRAN ABATIMIENTOS ENTRE 2.0 Y 3.0 M. POR AÑO .

COMO RESULTADO DE ESTA EVOLUCIÓN , EN MARZO DE 1980 LA POSICIÓN DE LOS NIVELES ESTÁTICOS CON RESPECTO A LA SUPERFICIE DEL TERRENO , ERA LA INDICADA EN EL CROQUIS 5.2 , EN DONDE SE OBSERVAN PROFUNDIDADES MAYORES DE 60. M. EN CASI TODA EL ÁREA Y PROFUNDIDADES ENTRE 80 , Y MAS DE 90. M. EN LAS ÁREAS DE TORREÓN Y MATAMOROS .EN EL CROQUIS 5.3 SE MUESTRA LA CONFIGURACIÓN DE LOS NIVELES ESTÁTICOS CORRESPONDIENTES A MARZO DE 1980 EN EL QUE PUEDEN OBSERVARSE DEPRESIONES PIEZOMÉTRICAS ORIGINADAS POR LA SOBREEXPLOTACIÓN .

DEVIDO A ESTOS EFECTOS , LA SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS , HA DECIDIDO IMPLANTAR UN PROGRAMA TENDIENTE A LA DISMINUCIÓN DEL ABATIMIENTO DEL NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS , POR MEDIO DE UNA SERIE DE MEDIDAS QUE PERMITAN LA RECARGA DEL ACUÍFERO Y UN MENOR VOLUMEN DE EXPLOTACIÓN DEL RECURSO .

5.5.6 BALANCE DE AGUAS

LA ZONA BAJO ESTUDIO , SE ENCUENTRA SUPEDITADA PRINCIPALMENTE POR LAS SATURACIONES CONTENIDAS EN LAS UNIDADES LITOLÓGICAS CUATERNARIAS NO CONSOLIDADAS QUE SUBYACEN EN LA CUENCA DE LA LAGUNA , LAS QUE EN GENERAL DEBIDO A LA SOBREEXPLOTACIÓN DE DICHOS ACUÍFEROS PRESENTAN EL COMPORTAMIENTO DE ABATIMIENTO EN SUS NIVELES ESTÁTICOS , TAL Y COMO SE OBSERVA EN EL CROQUIS 5.1.

LOS RESULTADOS DE LOS BALANCES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS , MUESTRAN QUE LA RECARGA DE LOS ACUÍFEROS HA VARIADO NOTABLEMENTE A LO LARGO DEL TIEMPO , ESTO SE DEBE A LA DISMINUCIÓN DE RECARGAS SUPERFICIALES DEBIDO ENTRE OTRAS COSAS A LA CONSTRUCCIÓN DE PRESAS SOBRE EL CAUCE DEL RIO NAZAS , EL REVESTIMIENTO DE CANALES ETC. Y ADEMÁS COMO YA SE MENCIONÓ , A LA EXPLOTACIÓN EXCESIVA DE LOS PROPIOS ACUÍFEROS .

SE ESTIMA QUE LA RECARGA ANUAL EN LOS ÚLTIMOS AÑOS , HA SIDO DEL ORDEN DE 200 A 250 MILLONES DE M^3 POR AÑO , DICHA RECARGA REPRESENTA ALREDEDOR DEL 30 % DEL VOLUMEN DE AGUA QUE SE EXTRAE POR BOMBEO DE POZOS PROFUNDOS ; EL 70 % RESTANTE ES REPRESENTATIVO DE LA SOBREEXPLOTACIÓN Y POR CONSIGUIENTE DEL DESCENSO DE LOS NIVELES ESTÁTICOS ,

5.5.7 CALIDAD DEL AGUA .

DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS DURANTE LAS ACTIVIDADES DE CAMPO , ÉSTAS SE PROCESARON EN EL LABORATORIO DE LA SARH DONDE SE REALIZARON TODOS LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS CORRESPONDIENTES , EL PROCEDIMIENTO UTILIZADO CONSISTIÓ EN LA ELABORACIÓN DE GRÁFICAS

QUE PERMITIERAN DEFINIR ALGUNA TENDENCIA O CONCENTRACIÓN PREFERENCIAL TANTO EN ANIONES COMO EN CATIONES , PARA LO CUAL SE EMPLEÓ EL DIAGRAMA TRIANGULAR DE PIPER ,

EN EL DIAGRAMA DE PIPER SE OBTUVO QUE EN CUANTO A LOS ANIONES, EL AGUA ES DE TIPO BICARBONATADA , MIENTRAS QUE LOS CATIONES LA CATALOGAN COMO SÓDICA . ASIMISMO , SE OBSERVÓ UNA CIERTA TENDENCIA HACIA LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO , SIN EMBARGO EL CONTENIDO NO REBASA EL MÁXIMO PERMISIBLE QUE ES DE 0.5 MG./L. . EN EL CROQUIS 5.4 SE MUESTRA LA CONFIGURACIÓN PARA LAS DIVERSAS CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO .

EN ESTE CROQUIS SE PUEDE OBSERVAR QUE EN LA PORCIÓN NORESTE DEL ÁREA , EL AGUA SUBTERRÁNEA NO ES MUY APROPIADA PARA EL CONSUMO HUMANO , DEBIDO AL ALTO CONTENIDO DE ARSÉNICO EXISTENTE EN LA ZONA . ASIMISMO SE INFIERE QUE EL ÁREA MAS PROPICIA PARA LA EXPLOTACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA , ES LA COMPRENDIDA ENTRE LOS POZOS DE FRANCISCO I. MADERO Y SAN PEDRO ,

5.5.8 RECOMENDACIONES .

DESDE EL PUNTO DE VISTA DE CALIDAD DEL AGUA EL SITIO QUE PRESENTA LAS MEJORES CONDICIONES PARA SU CAPTACIÓN , CORRESPONDE AL ÁREA EN DONDE ACTUALMENTE SE OBTIENE EL PRECIADO LÍQUIDO , POR LO TANTO SE RECOMENDÓ SEGUIR OBTENIENDO EL RECURSO EN ESTE LUGAR .

POR OTRA PARTE ES IMPORTANTE RESALTAR QUE, LA CANTIDAD DE AGUA QUE SE DEBE EXTRAER DE LOS ACUÍFEROS CONTENIDOS EN LAS CALIZAS SÓLO PODRÁ PRECISARSE , DE LA OBSERVACIÓN DEL MOVIMIENTO DE LOS NIVELES PIEZOMÉTRICOS , RESPECTO A LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL Y AL BOMBEO DE LOS POZOS QUE SE CAPTEN .

PARA FRENAR EL DESCENSO CONTINUO DE LOS NIVELES ESTÁTICOS DE -- LOS ACUÍFEROS DE LA CUENCA , ES RECOMENDABLE REDUCIR EL BOMBEO EXAGERADO , PARA IMPEDIR LA SOBREEXPLOTACIÓN , PUDIENDO COMO -- PRIMER PASO , REDUCIR GRADUALMENTE EL VOLUMEN DE LA EXTRACCIÓN

DEL AGUA DEL SUBSUELO , HASTA IGUALARLO AL VOLUMEN DE RECARGAS.

ES CONVENIENTE SEGUIR UTILIZANDO COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO, LAS AGUAS DEL ACUÍFERO EN EL SITIO EN DONDE ACTUALMENTE SE EFECTUA LA CAPTACIÓN , CUIDANDO EL NO REBAZAR LOS LÍMITES AUTORIZADOS POR LA SARH , DE ACUERDO CON LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO ES DE 85 M. ,

5.6 CAPTACION .

DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS ESTABLECIDOS EN EL PROYECTO, DE LOS POZOS QUE ACTUALMENTE ESTAN CONECTADOS AL SISTEMA , SÓLO SE APROVECHARÁN TRES PARA ABASTECER A LA CIUDAD DE SAN PEDRO , QUEDANDO LOS DOS RESTANTES PARA ABASTECER A LOS DEMAS POBLADOS , ÉSTO IMPLICA QUE EXISTA UN DEFICIT EN EL SUMINISTRO , QUE EN CONDICIONES DE PROYECTO (AÑO 2 000) SERÁ DE 136. LPS. , ÉSTE SERÁ CUBIERTO MEDIANTE LA PERFORACIÓN DE TRES POZOS MAS , QUE CONFORME A LAS INDICACIONES DE LA SARH , NO DEBERÁN TENER UNA EXPLOTACIÓN MAYOR DE 60. LPS. CADA UNO .

5.6.1. ESTRATEGIA DE EXPLOTACIÓN .

LA ESTRATEGIA DE EXPLOTACIÓN PARA SATISFACER LAS DEMANDAS DE LA POBLACIÓN Y CUBRIR EL DÉFICIT QUE EXISTIRÁ AL AÑO 2 000 , ES COMO SIGUE :

CAPTACIÓN	INICIO DE OPERACIÓN	
	INMEDIATA	AÑO 1990
POZO # 3	35 LPS. (E)	
POZO # 4	40 LPS. (E)	
POZO # 5	43 LPS. (E)	
POZO # 6	50 LPS. (P)	
POZO # 7		50 LPS. (P)
POZO # 8		36 LPS. (P)
	<hr/>	<hr/>
	168 LPS.	86 LPS.

CUADRO 5.2 ESTRATEGIA DE EXPLOTACIÓN .

5.7 PERFORACION Y CONSTRUCCION DEL PUZO .

APARTIR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO , SE ESTABLECIÓ QUE EL NIVEL ESTÁTICO DE LAS AGUAS FREÁTICAS SE ENCUENTRA ACTUALMENTE A UNA PROFUNDIDAD DE 85. M . , OBSERVAN DOSE UN ABATIMIENTO PROMEDIO DE 2.0 A 3.0 M. POR AÑO . CON BASE EN ELLO SE CONSIDERÓ COMO ADECUADO , LLEVAR LA PERFORACIÓN DE - LOS POZOS HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 150. M. , ASÍMISMO CONFORME ALA RECOMENDACIÓN DEL INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO (VER CUA DRO 3.1) , EL DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN SERÁ DE 44.5 CM. --- (17.5") , EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DEL ADEME DE 35.5 CM. (14") , Y LA LONGITUD DEL ADEME CIEGO DE 70 . M. . LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DE CONSTRUCCIÓN DEL PUZO SE INDICAN EN LA FIGURA 5.2.

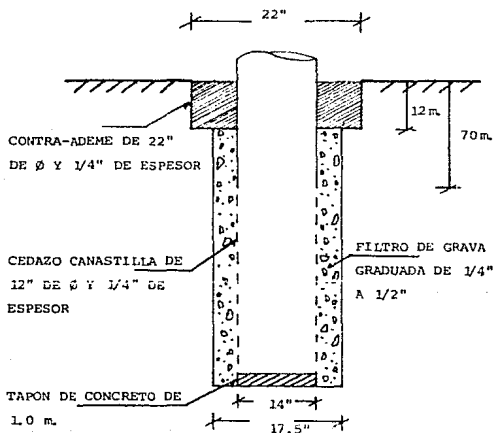


FIGURA 5.2 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL PUZO ,

EL POZO PODRÁ SER PERFORADO MEDIANTE LOS MÉTODOS ROTATORIO O DE PERCUCIÓN (DESCRITOS EN EL INCISO 3.1) , OBSERVANDO DURANTE EL PROCESO DE PERFORACIÓN LAS DISPOSICIONES Y PROCEDIMIENTOS ESPECIFICADOS POR EL DEPARTAMENTO DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE PENDIENTE DE LA SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA ,

ENTRE LOS REGISTROS QUE PUEDEN SER OBTENIDOS PODEMOS CONTAR LOS SIGUIENTES : ELÉCTRICO ,DE RAYOS GAMA ,DE NEUTRONES ,DE TEMPERATURA ,DE CALIBRACIÓN DE DIÁMETRO Y DE RESISTENCIA ALA PENETRACIÓN , ASÍ COMO LA TOMA DE MUESTRAS DEL MATERIAL CORTADO .

5.7.1 COLOCACIÓN DEL ADEME .

UNA VEZ TERMINADA LA PERFORACIÓN , SE INICIARÁ LA COLOCACIÓN -- DEL ADEME , ESTE SE FORMARÁ CON TRAMOS COMPLETOS DE TUBERÍA DE ACERO LISA Y CEDAZO DE 35,5 CM.(14") DE DIÁMETRO , UNIDOS CON UN CORDÓN CONTINUO DE SOLDADURA DE ALTA RESISTENCIA ALA TENSIÓN, A TOPE , EN V CON ABERTURA DE RAIZ , EN CORDONES DE 1,58 MM. -- (1/16") MAYORES QUE EL ESPESOR DE LA TUBERÍA , CONSTITUIDOS POR LO MENOS POR DOS CAPAS DE SOLDADURA Y USANDO ELECTRÓDOS DE DIÁMETRO IGUAL O MENOR AL ESPESOR DE LA PARED DE LA TUBERÍA , DE ACUERDO CON LAS NORMAS DE LA AMERICAN WELDING SOCIETY (AWS) ,

LA LONGITUD TOTAL DE LA TUBERÍA SERÁ TAL QUE SOBRESALGA UN METRO DEL TERRENO NATURAL . LA TUBERÍA ENTRARÁ HOLGADA EN LA PERFORACIÓN Y POR NINGÚN MOTIVO DEBERÁ SER INCADA A GOLPES , EL ADEME DEBERÁ QUEDAR CENTRADO EN LA PERFORACIÓN .

5.7.2 COLOCACIÓN DEL FILTRO.

PARA FORMAR EL FILTRO SE UTILIZARÁ MATERIAL GRADUADO DE 1/4 " A 1/2 " DE ESPESOR , LA GRAVA DEBERÁ ESTAR LIMPIA , GRADUADA Y RE-DONDEADA , EL FILTRO DE GRAVA SE COLOCARÁ POR GRAVEDAD EN EL ESPACIO ANULAR ENTRE LA TUBERÍA DEL ADEME Y LA PERFORACIÓN , VERIFI-CÁNDOLO POR MEDIO DE PALAS MANUALES ALREDEDOR DE DICHO ESPACIO

AUN RITMO TAL QUE SE TENGA LA SEGURIDAD DE QUE VA DESCENDIENDO SIN FORMAR PUNTEOS U OBSTRUCCIONES QUE ALTEREN LA CONTINUIDAD DEL FILTRO ; DURANTE ESTE PROCESO DEBERÁ SONDEARSE EL ESPACIO ANULAR CON EL OBJETO DE COMPROBAR EL AVANCE SATISFACTORIO DE LOS TRABAJOS .

5.7.3 LIMPIEZA .

TERMINANDO DE COLOCAR EL FILTRO , SE PROCEDERÁ A LIMPIAR EL INTERIOR DEL POZO , EXTRAYENDO TODOS LOS MATERIALES Y LODOS QUE HAYAN QUEDADO PRODUCTO DE LA PERFORACIÓN . A CONTINUACIÓN , SE EFECTUARÁ UN TRATAMIENTO A BASE DE DISPERSOR DE ARCILLAS CON - UNA PROPORCIÓN DE 20 LPS. POR CADA 30, M. . POSTERIORMENTE SE PROCEDERÁ A "PISTONEAR" EL POZO , UTILIZANDO UN PISTÓN DEBIDAMENTE AJUSTADO AL DIÁMETRO DEL ADEME POR MEDIO DE EMPAQUES DE HULE O CUERO , A FIN DE REALIZAR UNA AGITACIÓN ENERGICA .

LA MANIOBRA DE AGITACIÓN DEBERÁ INICIARSE EFECTUANDO DURANTE - UN TIEMPO RAZONABLE EL MOVIMIENTO RECIPROCANTE DEL PISTÓN , EMPEZANDO POR LA PARTE BAJA DE LOS CEDAZOS , ESTA OPERACIÓN SE REPETIRÁ ELEVANDO DE DIEZ EN DIEZ METROS EL PISTÓN , HASTA ALCANZAR EL NIVEL ESTÁTICO DEL AGUA .

UNA VEZ TERMINADAS LAS ETAPAS SEÑALADAS , EL POZO SE DEJARÁ REPOSAR UN MÍNIMO DE 30 HORAS CON EL OBJETO DE QUE EL AGENTE DISPERSOR DE ARCILLAS COMPLETE SU ACCIÓN , POSTERIORMENTE DEBE LAVARSE DE NUEVA CUENTA EL POZO , YA SEA MEDIANTE PISTONEO O CIRCULACIÓN DE AGUA , CON EL FIN DE RETIRAR LOS RESIDUOS PROVOCADOS POR LA ACCIÓN DEL AGENTE DISPERSOR .

5.7.4 DESARROLLO Y AFORO .

EL BOMBEO DE DESARROLLO SE INICIARÁ CON UN CAUDAL CORRESPONDIENTE AL MÍNIMO DE REVOLUCIONES CON EL QUE PUEDA TRABAJAR EL EQUIPO DE BOMBEO Y SE MANTENDRÁ CONSTANTE EN ESE CAUDAL HASTA QUE -

EL AGUA SALGA LIMPIA , ES DECIR SIN SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN , INMEDIATAMENTE DESPUES SE AGITARÁ EL POZO TRES VECES CONSECUTIVAS (EXCEPTO CUANDO POR LA NATURALEZA DEL SUBSUELO NO SEA RECOMENDABLE) ,

POR UNA ETAPA DE AGITACIÓN DEL POZO CON ESTE SISTEMA , DEBERÁ ENTENDERSE EL PARO DE LA BOMBA HASTA QUE EL VOLUMEN DEL AGUA - QUE SE ENCUENTRE EN LA COLUMNA DE SUCCIÓN , HAYA SIDO DESALOJADO A TRAVÉS DEL CUERPO DE TAZONES , E INICIAR NUEVAMENTE EL MOVIMIENTO DE LA BOMBA HASTA QUE BROTE AGUA POR LA DESCARGA DE LA MISMA .

CUANDO DESPUES DE AGITAR TRES VECES EL AGUA CONTINÚE SACANDO SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN , SE REPETIRÁ EL CICLO INICIAL . CUANDO SUCEDA LO CONTRARIO , SE AUMENTARÁ EN 100 EL NÚMERO DE REVOLUCIONES DE LA BOMBA , AUMENTANDO GRADUALMENTE EN ESTA FORMA LA VELOCIDAD DEL EQUIPO DE BOMBEO , HASTA LLEGAR ALA ÚLTIMA ETAPA , ES DECIR EL LÍMITE MÁXIMO DE REVOLUCIONES QUE SEA CAPAZ DE PROPORCIONAR EL EQUIPO CONSIDERADO .

UNA VEZ TERMINADA LA ETAPA DE DESARROLLO , SE INICIARÁ EL AFORO DEL POZO , PARA ELLO ES NECESARIO QUE EL NIVEL DEL AGUA SE ENCUENTRE EN SU POSICIÓN ORIGINAL Y EMPEZAR CON EL MÍNIMO DE REVOLUCIONES CON EL QUE PUEDA TRABAJAR EL EQUIPO DE BOMBEO .

DURANTE LA FASE DE AFORO DEBERÁN TOMARSE MUESTRAS DEL AGUA BOMBADA EN LAS ETAPAS MÍNIMA , MEDIA Y MÁXIMA DE LA PRUEBA , ESTO CON EL FIN DE QUE DICHAS MUESTRAS SIRVAN PARA REALIZAR ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y SI SE CONSIDERA NECESARIO TAMBIÉN BACTERIOLÓGICOS , AL TERMINAR LA PRUEBA DE AFORO SE INTRODUCIRÁN AL POZO 200 LITROS DE UNA SOLUCIÓN AL 5 % DE HIPOCLORITO DE CALCIO CON EL PROPÓSITO DE DESINFECTARLO ,

FINALMENTE DEBE MEDIRSE NUEVAMENTE LA PROFUNDIDAD DEL POZO Y COLOCAR UNA TAPA PARA SU PROTECCIÓN , MISMA QUE SERÁ RETIRADA HAS

TA EL MOMENTO DE REALIZAR EL EQUIPAMIENTO DEL POZO .

5.8 EQUIPAMIENTO DEL POZO .

UNA VEZ EJECUTADAS TODAS LAS ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL POZO , ÉSTE SE ENCUENTRA EN CONDICIONES DE SER EXPLOTADO , PARA ELLO DEBERÁ PROCEDERSE A MONTAR EL --- EQUIPO BOMBA-MOTOR QUE PREVIAMENTE HA SIDO SELECCIONADO .

DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE PROYECTO , EN LA ETAPA INMEDIATA SE REQUIERE LA PERFORACIÓN Y EQUIPAMIENTO DE UN POZO PROFUNDO PARA SUMINISTRAR UN GASTO DE 50, LPS. , EL ANÁLISIS Y PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA LA SELECCIÓN DEL EQUIPO , SE PRESENTA A CONTINUACIÓN .

5.8.1 LÍNEAS DE INTERCONEXIÓN ,

EL ARREGLO DE LAS TUBERÍAS DE INTERCONEXIÓN ENTRE LOS POZOS ES EL SIGUIENTE .

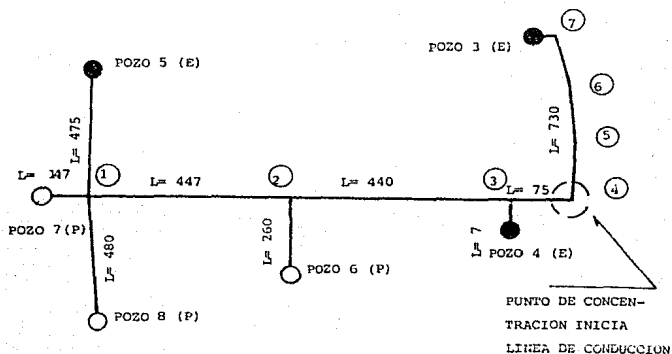


FIGURA 5.3 LÍNEAS DE INTERCONEXIÓN ENTRE POZOS .

PARA DETERMINAR EL DIÁMETRO Y CLASE DE TUBERÍA DE LOS TRAMOS QUE INTEGRAN EL SISTEMA DE INTERCONEXIÓN ENTRE POZOS , SE PROCEDIÓ A REALIZAR UN ANÁLISIS DE DIÁMETRO ECONÓMICO , OBTENIENDO LOS RESULTADOS QUE SE MUESTRAN EN EL CUADRO 5.3 .

TRAMO DEL - AL		GASTO POR CONDUCCION LPS.	LONGITUD M.	TUBERÍA CLASE DIÁMETRO MM.
P5	C1	43.	475 .	A - 10 203
P7	C1	50.	147 .	A - 10 254
P8	C1	36.	480 .	A - 10 203
C1	C2	129.	447 .	A - 10 355
P6	C2	50.	260 .	A - 10 254
C2	C3	179.	440 .	A - 10 406
P4	C3	40.	7 .	A - 10 203
C3	C4	219.	75 .	A - 10 457
P3	C4	35.	730 .	A - 10 203

CUADRO 5.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS LÍNEAS DE INTERCONEXIÓN

5.8.2 LÍNEA DE CONDUCCIÓN .

APARTIR DEL CRUCERO # 4 (VER FIGURA 5.3) , SE INICIA LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN QUE LLEVARÁ EL GASTO TOTAL HASTA LOS TANQUES DE REGULARIZACIÓN EN LA CIUDAD DE SAN PEDRO , CON BASE EN EL ANÁLISIS DE DIÁMETRO ECONÓMICO SE DETERMINARON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN :

LONGITUD	27 056 M.
DIÁMETRO	610 MM. (24")

CLASE
MATERIAL

A - 7
A - C

5.8.3 CARGA DINÁMICA TOTAL .

CON BASE EN LOS DATOS ANTERIORMENTE ANOTADOS , SE PROCEDERÁ A CALCULAR LA CARGA DINÁMICA TOTAL (CDT) A MANEJAR POR EL EQUIPO DEL POZO # 6 , DE CONSTRUCCIÓN INMEDIATA . EL CÁLCULO DE LA - CDT SE PUEDE REALIZAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA ECUACIÓN 4.2

$$CDT = C_E + C_V + C_F \quad \dots 4.2$$

A) PÉRDIDAS POR FRICCIÓN (C_F)

A.1) PÉRDIDAS EN LA LÍNEA DE INTERCONEXIÓN .

TRAMO $P_6 - C_2$

$$H_F = K L Q^2 \quad N = 0.010$$

$$H_F = 1.54 (260) (0.050^2)$$

$$H_F = 1.00 \text{ M.}$$

TRAMO $C_2 - C_3$

$$H_F = 0.126 (440.) (0.179^2)$$

$$H_F = 1.78 \text{ M.}$$

TRAMO $C_3 - C_4$

$$H_F = 0.067 (75.) (0.219^2)$$

$$H_F = 0.24 \text{ M.}$$

A.2) PÉRDIDAS EN LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

$$H_F = 0.014 (27 056) (0.254^2)$$

$$H_F = 24.43 \text{ M.}$$

A.3) PÉRDIDAS EN EL ARREGLO DE FONTANERÍA .

DE ACUERDO A EXPERIENCIAS ANTERIORES PARA CONDICIONES SIMILARES, SE PROPUSO LA UTILIZACIÓN DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA VERTICAL TIPO POZO PROFUNDO , CON UN DIÁMETRO DE DESCARGA DE 254 MM. -- (10") Y CUYO ARREGLO DE FONTANERÍA ESTARÁ CONSTITUIDO POR LAS SIGUIENTES PIEZAS :

PIEZA ESPECIAL	LONG. EQUIVALENTE (M.)
UNA VÁLVULA DE RETENCIÓN CHECK	36.6
UNA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO	
TIPO COMPUERTA	0.98
DOS CODOS DE 45°	5.50
TRES EXTREMIDADES DE 0.50 M. C/U	1.50
UN TRAMO DE TUBO DE ACERO	5.00
	<hr/>
	49.58 = 50.0 M.

$$H_F = 1.68 (50.) (0.050^2)$$

$$H_F = 0.21 \text{ M.}$$

$$C_F = 1.0 + 1.78 + 0.24 + 24.43 + 0.21$$

$$C_F = 27.66 \text{ M.}$$

B) CARGA DE VELOCIDAD .

LA CARGA DE VELOCIDAD SE OBTIENE MEDIANTE LA SIGUIENTE EXPRESIÓN :

$$C_v = \frac{v^2}{2g}$$

$$v = \frac{a}{A} \quad ; \quad v = \frac{0,050}{\frac{(0,254^2)}{4}}$$

$$v = 0,99 \text{ M/S}$$

$$C_v = 0,05 \text{ M.}$$

C) CARGA ESTÁTICA .

LA DIFERENCIA DE NIVEL EXISTENTE ENTRE EL SITIO DE DESCARGA Y EL ÁREA DE CAPTACIÓN ES LA SIGUIENTE :

ELEVACIÓN CAPTACIÓN .- 1106. M.

ELEVACIÓN DESCARGA .- 1130,6 M.

$$C_E = 1130,6 - 1106,0 = 24,60 \text{ M.}$$

DE ACUERDO A LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO EL NIVEL ESTÁTICO DEL AGUA EN LA ZONA DE CAPTACIÓN SE LOCALIZA A 85, M. DE PROFUNDIDAD , POR LO TANTO LA CARGA ESTÁTICA SERA :

$$C_E = 85,0 + 24,60 = 109,60 \text{ M.}$$

LA CARGA DINÁMICA TOTAL ES :

$$CDT = 109,6 + 27,66 + 0,05$$

$$CDT = 137,31 \text{ M.}$$

5.8.4 CAPACIDAD DEL MOTOR ,

UNA VEZ DETERMINADA LA CARGA DINÁMICA TOTAL CON QUE DEBERÁ DE OPERAR EL EQUIPO , SE PROCEDE A CALCULAR LA CAPACIDAD DEL MOTOR ELÉCTRICO , ESTO APARTIR DE LA ECUACIÓN 4.1 :

$$P = \frac{Q \text{ CDT}}{76} \quad \dots 4.1$$
$$P = \frac{50, \times 138,}{76 \times 0,80}$$
$$P = 113,49 \text{ HP,}$$

POR LO TANTO SE SELECCIONÓ UN MOTOR DE 125 HP QUE ES LA CAPACIDAD MAS PRÓXIMA .

5.8.5 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA ,

DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS DE LA REGIÓN Y DEL TIPO Y UBICACIÓN DEL POZO, SE PROPONE EL EMPLEO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TIPO POSTE , UTILIZANDO UN TRANSFORMADOR ELÉCTRICO PARA INTENPERIE , INSTALADO EN POSTE DE CONCRETO Y CONECTADO ALA RED DE ALTA TENSIÓN DE LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD ; INCLUYENDO :-- AISLADORES, CABLE DESNUDO, CUCHILLAS, FUSIBLES Y APARTARRAYOS, A--DEMAÍS DEL EQUIPO DE MEDICIÓN QUE SERÁ EN BAJA TENSIÓN .

A) CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR .

EL TRANSFORMADOR TENDRÁ LA CAPACIDAD SUFICIENTE PARA SOPORTAR - LAS CARGAS MÁXIMAS CONECTADAS EN UN MOMENTO DADO , POR LO QUE - LOS KVA REQUERIDOS SON :

$$KVA = \frac{HP \times 0,746}{F_p}$$

F_p = FACTOR DE POTENCIA

F_p = 0,85

$$KVA = \frac{125. \times 0.746}{0.85}$$

$$KVA = 109.7$$

CONSIDERANDO QUE EL SISTEMA DE ALUMBRADO TENGA UNA CARGA APROX.-
DE 5.0 KVA :

$$KVA_T = 109.7 + 5.0 = 114.7$$

POR LO QUE SE REQUIERE DE UN TRANSFORMADOR DE 150 KVA QUE ES LA CAPACIDAD NOMINAL MÁS PRÓXIMA , CON UNA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN DE 13.2 KV EN ALTA TENSIÓN , CONEXIÓN DELTA Y 440/220 VOLTS EN BAJA TENSIÓN , CONEXIÓN ESTRELLA , PARA USO ALA INTEMPERIE , CLASE 0A Y ENFRIAMIENTO EN ACEITE .

PARA LA INSTALACIÓN DEL TRANSFORMADOR , LA SUBESTACIÓN DEBERÁ SER UNA ESTRUCTURA EN POSTE DE CONCRETO Y PARRILLA DE FIERRO ESTRUCTURAL , CON SUS ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS DE PROTECCIÓN Y DE ACUERDO A NORMAS Y ESPECIFICACIONES DE CFE .

B) INTERRUPTORES .

LA CAPACIDAD DE LOS FUSIBLES PARA PROTECCIÓN EN ALTA TENSIÓN SERÁ LA SIGUIENTE :

$$I = \frac{KVA}{1.73 \times \text{VOLTAJE}}$$

$$I = \frac{150,000}{1.73 \times 13,200}$$

$$I = 6.56 \text{ AMPERS}$$

CON UN FACTOR DE SOBRECORRIENTE DE 1.6 , TENEMOS :

$$I_{SC} = 6.56 \times 1.6$$

$$I_{SC} = 10.5 \text{ AMPERS .}$$

POR LO QUE SE UTILIZARÁN FUSIBLES DE 15.0 AMPERS .

LA PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR EN BAJA TENSION SERÁ DE ACUERDO--
ALA CORRIENTE QUE DEMANDA LA GARGA :

$$I = \frac{HP \times F_C}{\sqrt{3} \times E \times E_F \times F_P}$$

F_C ,.- FACTOR DE CONVERCIÓN

E_F ,.- EFICIENCIA

E ,.- VOLTAJE

F_P ,.- FACTOR DE POTENCIA

$$I = \frac{125.0 \times 746}{\sqrt{3} \times 440 \times 0.9 \times 0.85}$$

$$I = 160.15 \text{ AMPERS .}$$

CON UN FACTOR DE SOBRECORRIENTE DE 1.25 :

$$I_{SC} = 160.15 \times 1.25$$

$$I_{SC} = 200.16 \text{ AMPERS .}$$

POR LO TANTO SERÁ NECESARIO UTILIZAR UN INTERRUPTOR TERMOMAGNÉ--
TICO ,DISPARO AUTOMÁTICO Y CIERRE MANUAL DE TRES POLOS ,225, ---
AMPERS .

C) CONDUCTORES .

PARA LA ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA EN BAJA TENSIÓN , DESDE LA SUBESTACIÓN AL PANEL DE CONTROL Y DE ÉSTE AL MOTOR ELÉCTRICO , SE EMPLEARÁ CONDUCTOR EN FORMA DE CABLE DE COBRE , AISLAMIENTO THW PARA 600 VOLTS .

PARA 125 HP, TENEMOS UNA CORRIENTE DE 160.13 AMPERS , POR LO QUE SE REQUIEREN DE 4 CABLES CALIBRE 3/0 AWG , HASTA EL MOTOR ELÉCTRICO , TODOS ELLOS DENTRO DE UN TUBO DE 51 MM. (2") DE DIÁMETRO , CONDUIT DE FIERRO GALVANIZADO Y PARED GRUESA .

EL REGLAMENTO DE OBRAS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS , PERMITE COMO MÁXIMO UNA CAIDA DE TENSIÓN DEL 4 % PARA MOTORES ELÉCTRICOS . -- POR LO QUE ANALIZAREMOS SI EL CABLE PROPUESTO DEL CALIBRE 3/0 -- ES EL ADECUADO .

$$E \% = \frac{2\sqrt{3} L \times I}{E \times S}$$

L.- LONG. DEL CABLE

I.- CORRIENTE

E.- VOLTAJE

E%.- CAIDA

S.- SECCIÓN

PARA LA LONGITUD APROX. DE 40. M.

$$E = \frac{2\sqrt{3} \times 40. \times 160.13}{440. \times 87.}$$

$$E = 0.57 \% \quad 4.0 \%$$

D) ARRANCADORES .

DE ACUERDO CON LAS CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO , SE RECOMIENDA COMO MAS ADECUADO , EL ARRANCADOR MAGNÉTICO A TENSIÓN REDUCIDA TI

PO AUTOTRANSFORMADOR , CONSIDERANDO QUE LOS MOTORES DE INDUC---
CIÓN TIPO JAULA DE ARDILLA REQUIEREN DE UNA GRAN POTENCIA DE A--
RRANQUE , EL ARRANCADOR A TENSIÓN REDUCIDA DISMINUYE LA CORRIEN
TE DE ARRANQUE DEL MOTOR Y SIMULTANEAMENTE REDUCE EL PAR DE A--
RRANQUE , POR LO TANTO REDUCE EL PELIGRO DE UNA ROTURA POSIBLE-
DE LA FLECHA DURANTE EL INICIO DE LA ROTACIÓN ,

E) SISTEMA DE TIERRAS ,

SE RECOMIENDA INSTALAR UN SISTEMA DE TIERRAS , COMPUESTO POR --
VARILLAS COPERWELD DE 16 MM. DE DIÁMETRO POR 3050 MM. DE LONGI-
TUD , INTERCONECTADAS POR MEDIO DE CABLE DE COBRE DESNUDO CALI-
BRE # 2 Y UNIONES MECÁNICAS TIPO BURNDY .

LA RESISTENCIA DEL SISTEMA NO SERÁ MAYOR DE 10. OHMS Y EN CASO-
DE SER SUPERIOR , SE DEBERÁ DISMINUIR POR MEDIO DE VARILLAS IN-
TERCONECTADAS EN PARALELO , TODOS LOS MOTORES ELÉCTRICOS , TA--
BLERO DE CONTROL, TUBERÍAS Y ESTRUCTURAS METÁLICAS , DEBERÁN CO
NECTARSE AL SISTEMA DE TIERRAS , EL ARREGLO DE CONJUNTO ES EL -
QUE SE MUESTRA EN LA FIGURA 5.4 .

5.8.6 ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO ,

TODOS LOS ELEMENTOS QUE FORMEN PARTE DEL EQUIPAMIENTO DEL POZO-
DEBERÁN REUNIR UN MÍNIMO DE REQUISITOS , TAL QUE SE GARANTICE -
UNA OPERACIÓN EFICIENTE AÚN DURANTE LAS SITUACIONES EXTRAORDINA
RIAS DE SERVICIO . LAS CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LOS PRINCIPA-
LES EQUIPOS SON LAS QUE SE DAN A CONTINUACIÓN .

A) CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA BOMBA .

LÍQUIDO A MANEJAR

AGUA SUBTERRÁNEA

GASTO DE DISEÑO

50. LPS.

CARGA DE DISEÑO	138. M.C.A.
NIVEL DEL PISO DEL MOTOR	1106. M.S.N.M.
NIVEL DE SUCCIÓN	1021. M.S.N.M.
TIPO DE DESCARGA	SOBRE EL PISO DEL MOTOR
VELOCIDAD DE TRABAJO	1770 RPM
EFICIENCIA MÍNIMA	80 %
POTENCIA DEL MOTOR	125. HP
DIÁMETRO DE LA COLUMNA	254 MM.
DIÁMETRO DE LA DESCARGA	254 MM.
SENTIDO DE ROTACIÓN	CONTRARIO AL DE LAS MANECILLAS DEL RELOJ .

B) CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MOTOR .

SE REQUIERE DE UN MOTOR ELÉCTRICO VERTICAL, TIPO JAULA DE ARDILLA , FLECHA HUECA, SERVICIO INTEMPERIE Y CON LAS SIGUIENTES - CARACTERÍSTICAS ,

POTENCIA	125. HP
ARRANQUE	PAR NORMAL, BAJA CORRIENTE DE ARRANQUE .
Nº DE FASES	3
VOLTAJE	440/220 VOLTS
FRECUENCIA	60 CPS.
VELOCIDAD	1770 RPM
AISLAMIENTO	CLASE B ESPECIFICACIONES DE LA AIEE .
EFICIENCIA MÍNIMA	95 %

CARGA DE DISEÑO	138. M.C.A.
NIVEL DEL PISO DEL MOTOR	1106. M.S.N.M.
NIVEL DE SUCCIÓN	1021. M.S.N.M.
TIPO DE DESCARGA	SOBRE EL PISO DEL MOTOR
VELOCIDAD DE TRABAJO	1770 RPM
EFICIENCIA MÍNIMA	80 %
POTENCIA DEL MOTOR	125. HP
DIÁMETRO DE LA COLUMNA	254 MM.
DIÁMETRO DE LA DESCARGA	254 MM.
SENTIDO DE ROTACIÓN	CONTRARIO AL DE LAS MANECILLAS DEL RELOJ .

B) CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MOTOR .

SE REQUIERE DE UN MOTOR ELÉCTRICO VERTICAL, TIPO JAULA DE ARDI
LLA , FLECHA HUECA, SERVICIO INTEMPERIE Y CON LAS SIGUIENTES -
CARACTERÍSTICAS ,

POTENCIA	125. HP
ARRANQUE	PAR NORMAL, BAJA CORRIENTE DE ARRANQUE .
Nº DE FASES	3
VOLTAJE	440/220 VOLTS
FRECUENCIA	60 CPS.
VELOCIDAD	1770 RPM
AISLAMIENTO	CLASE B ESPECIFICACIONES DE LA AIEE .
EFICIENCIA MÍNIMA	95 %

TIPO DE SERVICIO	CONTINUO
TEMPERATURA	65 ° C SOBRE UNA AMBIENTE DE 40 ° C .
ALTURA DE OPERACIÓN	1106 M.S.N.M.

C) CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRANSFORMADOR .

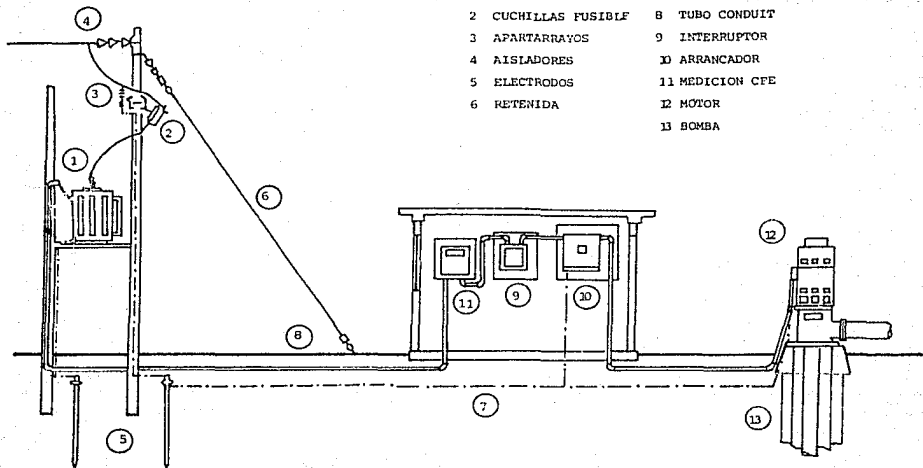
CAPACIDAD	125 KVA
N. DE FASES	3
FRECUENCIA	60 CPS
TENSIÓN EN EL PRIMARIO	13,200 VOLTS
TENSIÓN EN EL SECUNDARIO	440 VOLTS
CONEXIÓN EN EL PRIMARIO	DELTA
CONEXIÓN EN EL SECUNDARIO	ESTRELLA
N. DE DERIVACIONES	4 DE 2.5 % C/U
SOBREELEVACIÓN DE TEMPERATURA	OPERACIÓN EN FORMA CON- TINUA , SOBREELEVACIÓN DE 65 ° C, SOBRE UNA AMBIENTE DE 40 ° C .
ALTURA DE OPERACIÓN	1106 M.S.N.M.
SERVICIO	INTEMPERIE
EFICIENCIA MÍNIMA	98 %

CON BASE EN ESTAS CARACTERÍSTICAS, DEBERÁ PROCEDERSE A SELECCIONAR EL EQUIPO QUE MEJOR SATISFAGA LAS CONDICIONES DE SERVICIO -- ANTES MENCIONADAS, PARA ELLO DEBERÁ CONSULTARSE A DIVERSOS FABRI

CANTES, LOS CUALES PROPORCIONARÁN SU ASESORÍA Y RECOMENDACIÓN TÉCNICA ASÍ COMO SU MEJOR OFERTA ECONÓMICA , CON ELLO SE ESTARÁ EN CONDICIONES DE SELECCIONAR EL EQUIPO QUE MAS CONVENGA A NUESTROS INTERESES .

EL ARREGLO FINAL DEL CONJUNTO BOMBA-MOTOR, ACCESORIOS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL, SERÁ COMO EL QUE SE MUESTRA EN LA FIGURA -- 5.5 . LA RELACIÓN DEL EQUIPO ES LA QUE SE INDICA A CONTINUACIÓN .

- 1 BOMBA CENTRÍFUGA VERTICAL PARA POZO PROFUNDO .
- 2 MOTOR ELÉCTRICO VERTICAL FLECHA HUECA DE 125 HP .
- 3 EXTREMIDAD DE F.F. .
- 4 JUNTA GIBAULT .
- 5 VÁLVULA DE NO RETORNO (CHECK) .
- 6 VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO TIPO COMPUERTA .
- 7 CARRETE DE ACERO CED. 40 A.S.A. .
- 8 ELEMENTO PRIMARIO DE MEDICIÓN DE FLUJO .
- 9 EXTREMIDAD DE ACERO CED. 40 A.S.A. .
- 10 TE DE F.F. .
- 11 CODO DE F. F. DE 45 ° .
- 12 MANÓMETRO TIPO BOURDON .
- 13 VÁLVULA DE EXPULSOÑ DE AIRE .
- 14 ABRASADERA DE SOLERA .



HOMENCLATURA

- | | |
|---------------------|----------------------|
| 1 TRANSFORMADOR | 7 SISTEMA DE TIERRAS |
| 2 CUCHILLAS FUSIBLE | 8 TUBO CONDUIT |
| 3 APANTARRAYOS | 9 INTERRUPTOR |
| 4 AISLADORES | 10 ARRANCADOR |
| 5 ELECTRODOS | 11 MEDICION CPE |
| 6 RETENIDA | 12 MOTOR |
| | 13 BOMBA |

FIGURA 5.4 INSTALACIÓN ELECTRICA DEL SISTEMA DE BOMBEO

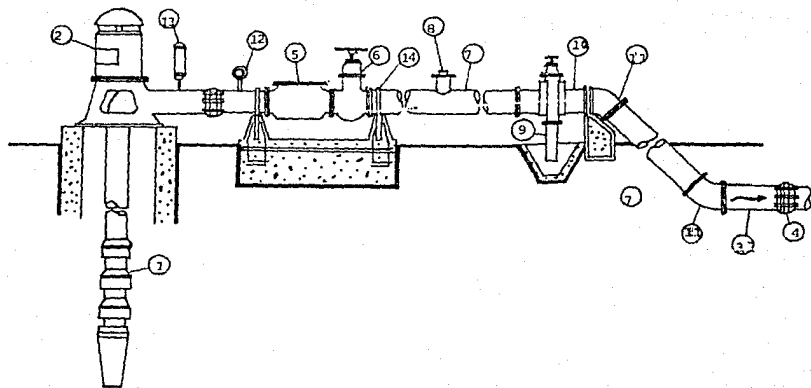
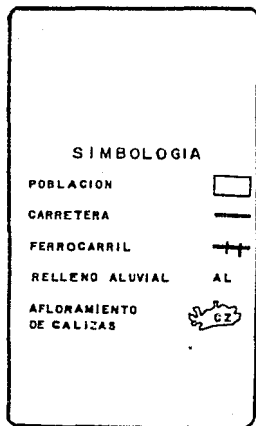
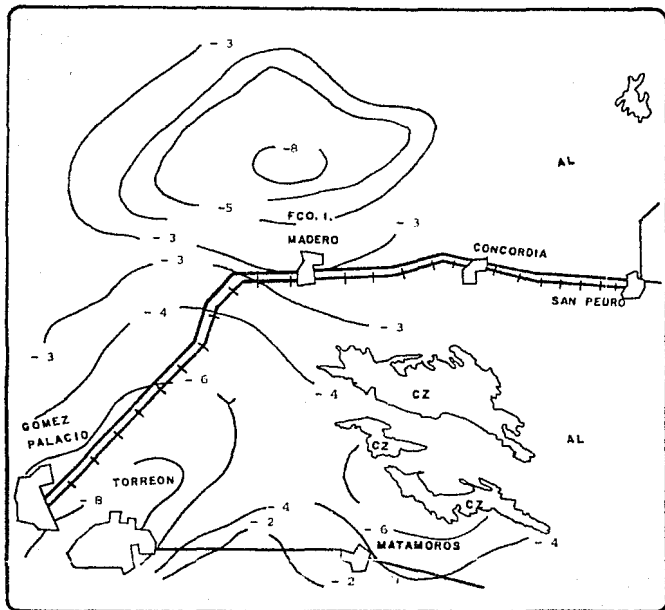
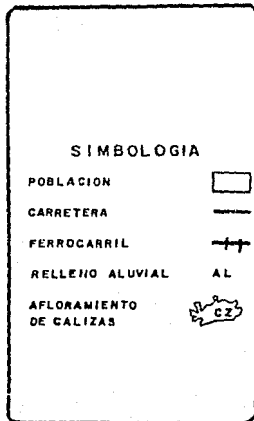
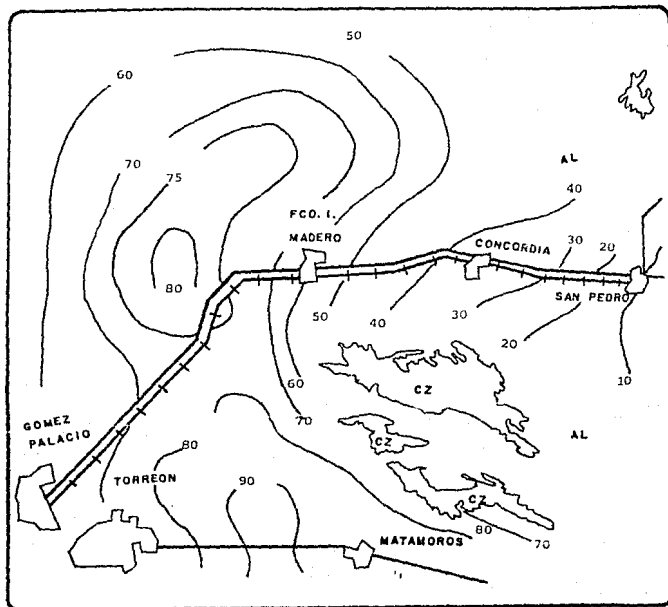


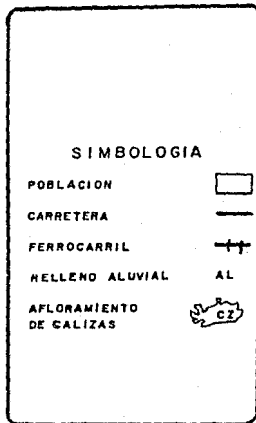
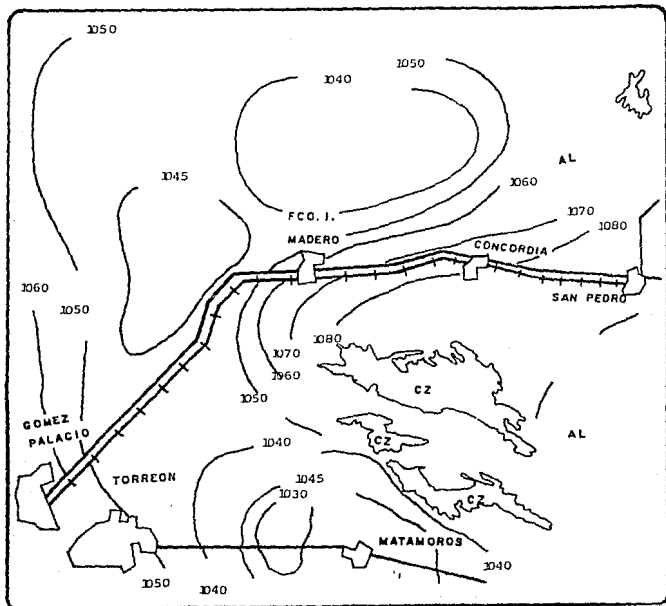
FIGURA 5.5 EQUIPAMIENTO DEL POZO PROFUNDO .



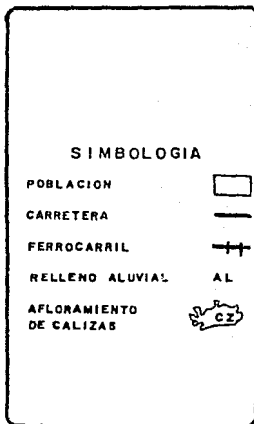
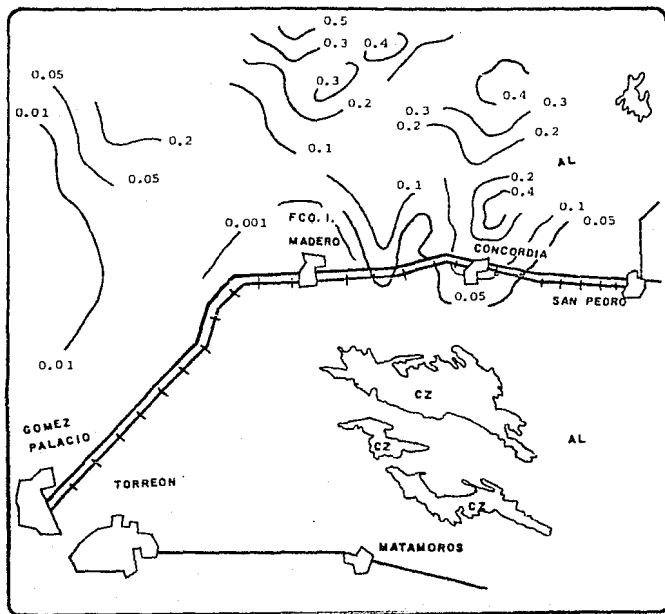
CROQUIS 5.1 EVOLUCION DEL NIVEL ESTATICO PERIODO DE MARZO 1977- MARZO 1980 .



CROQUIS 5.2 PROFUNDIDAD DE LOS NIVELES ESTATICOS EN MARZO 1980.



CROQUIS 5.3 CONFIGURACION DE LOS NIVELES ESTATICOS EN MARZO DE 1960 .



CROQUIS 5.4 CONFIGURACION PARA EL CONTENIDO DE ARSENICO .

CAPITULO SEXTO

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

DURANTE EL DESARROLLO DEL PRESENTE TRABAJO SE HAN PRESENTADO DE UNA MANERA GLOBAL, LOS ASPECTOS MÁS IMPORTANTES QUE SE DEBEN CONSIDERAR AL HACER LA SELECCIÓN DE UNA FUENTE PARA ABASTECER DE AGUA POTABLE A UNA POBLACIÓN. DE IGUAL MANERA SE HAN PRESENTADO LOS DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS PARA LA CAPTACIÓN, LOS CRITERIOS Y FACTORES QUE INTERVIENEN EN SU DISEÑO, ASÍ COMO LOS ELEMENTOS EMPLEADOS EN SU EQUIPAMIENTO,

EL EJEMPLO PRESENTADO, PRETENDE ILUSTRAR DE MANERA GENERAL LA FORMA COMO EN LA PRÁCTICA SE REALIZAN LOS PROYECTOS DE SELECCIÓN DE FUENTES Y EL DISEÑO DE LA OBRA DE CAPTACIÓN, DANDO UN PANORAMA DE CONJUNTO Y CUBRIENDO NO SÓLO LOS ASPECTOS TÉCNICOS, SINO TAMBIÉN LOS ECONÓMICOS Y SOCIALES,

UNA VEZ EFECTUADO TODO ESTE RECORRIDO, SE PRESENTAN A CONTINUACIÓN LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES MÁS RELEVANTES,

6.1 CONCLUSIONES:

- 1.- DE TODO EL VOLUMEN DE AGUAS QUE EXISTEN EN EL PLANETA, - SÓLO SON ÚTILES PARA EL CONSUMO HUMANO EN FORMA DIRECTA, ALREDEDOR DEL 3%.
- 2.- LAS FUENTES HABITUALMENTE UTILIZADAS PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, SE CLASIFICAN COMO: AGUAS SUPERFICIALES, Y AGUAS SUBTERRÁNEAS.
- 3.- UNA FUENTE POTENCIAL QUE AÚN HOY EN DÍA NO HA SIDO UTILIZADA EN FORMA MASIVA PARA SUMINISTRO DE AGUA POTABLE, - LA CONSTITUYEN LAS AGUAS DE LOS MARES Y OCÉANOS, LAS - AGUAS PLUVIALES, LAS AGUAS PRODUCTO DEL DESHIELO Y LAS - AGUAS RESIDUALES.
- 4.- PARA DETERMINAR Y SELECCIONAR UNA FUENTE DE ABASTECIMIENTO SE REQUIERE REALIZAR ESTUDIOS QUE COMPRENDEN BÁSICA - MENTE LOS ASPECTOS GEOLÓGICOS, HIDROLÓGICOS Y DE CALIDAD DEL AGUA.
- 5.- LOS ESTUDIOS GEOLÓGICOS TIENEN COMO OBJETIVO PRINCIPAL, - PRESENTAR POR MEDIO DE PLANOS Y CORTES LAS DIFERENTES - FORMACIONES GEOLÓGICAS EN EL SUBSUELO, ENFATIZANDO EN - SUS CARACTERÍSTICAS GEOHIDROLÓGICAS COMO LA POROSIDAD Y LA PERMEABILIDAD.
- 6.- EL OBJETIVO PRINCIPAL DE LOS ESTUDIOS HIDROLÓGICOS, ES - OBTENER UN BALANCE DE LAS MASAS DE AGUA, EL CUAL QUEDA - DEFINIDO MEDIANTE LA CUANTIFICACIÓN DE LAS FUNCIONES DE RECARGA Y DESCARGA.
- 7.- ES IMPORTANTE REALIZAR ESTUDIOS DE CALIDAD DEL AGUA DE - LA FUENTE, YA QUE SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS - O BIOLÓGICAS PUEDEN LIMITAR O RESTRINGIR SU APROVECHA - MIENTO.

- 8.- LA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS SE REALIZA GENERALMENTE POR MEDIO DE POZOS, ÉSTOS SE CLASIFICAN DE ACUERDO AL MÉTODO EMPLEADO EN SU CONSTRUCCIÓN COMO: CAVADOS, HINCADOS, BARRENADOS Y PERFORADOS.
- 9.- LA ESTRUCTURA EMPLEADA EN LA CAPTACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES SE CONOCE EN FORMA GENERAL COMO OBRA DE TOMA, DESIGNÁNDOLA DE ACUERDO A LA FUENTE QUE SE PRETENDE APROVECHAR.
- 10.- EL PROBLEMA PRESENTADO COMO EJEMPLO ILUSTRATIVO, CORRRESPONDE A LA SITUACIÓN REAL DE LA LOCALIDAD, EN SU PLANTEAMIENTO SE HA PRETENDIDO DAR UNA VISIÓN GENERAL DE LA PROBLEMÁTICA, YA QUE LA SOLUCIÓN HA ESTE TIPO DE SITUACIONES SE DA TAMBIÉN DE MANERA CONJUNTA.

6.2 RECOMENDACIONES

1. ES RECOMENDABLE DAR MAYOR DIFUSIÓN A LOS MANUALES E INSTRUCTIVOS PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS RELATIVOS A LA SELECCIÓN DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO, YA QUE EN LA ACTUALIDAD ÉSTA ES MUY LIMITADA.
2. ES NECESARIO ACTUALIZAR Y APLICAR LAS NORMAS Y REGLAMENTOS RELATIVOS AL USO Y LA CONSERVACIÓN DEL AGUA, YA QUE ACTUALMENTE ESTÁ SUJETA A UN USO IRRACIONAL E INDISCRIMINADO.
3. EN LA ACTUALIDAD GRAN PARTE DE LAS CIUDADES IMPORTANTES DE LA REPÚBLICA MEXICANA, SE ABASTECEN POR MEDIO DE FUENTES EXTERIORES, AJENAS Y DISTANTES A SU ZONA URBANA. POR ELLO ES NECESARIO LLEVAR A CABO UNA PLANEACIÓN INTEGRAL DEL DESARROLLO DE CADA COMUNIDAD, A FIN DE QUE EN CADA ZONA SE TENGA UNA ACTIVIDAD ECONÓMICA BÁSICA ACORDE CON SUS RECURSOS DISPONIBLES.
4. ES CONVENIENTE RESTRINGIR EL ASENTAMIENTO URBANO, INDUSTRIAL, COMERCIAL O DE SERVICIOS EN LAS ÁREAS EN QUE LA DOTACIÓN DEL SERVICIO O BIEN LA GENERACIÓN DE DESECHOS, REPRESENTA EFECTOS CONTRARIOS AL BUEN APROVECHAMIENTO Y CONSERVACION DEL AGUA.
5. SE RECOMIENDA QUE DENTRO DE UN MARCO DE PLANEACIÓN INTEGRAL ESTEN CONTENIDOS LA RECIRCULACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS Y EL APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS, DE TAL MANERA QUE ÉSTOS NO SEAN VISTOS ÚNICAMENTE COMO FOCOS DE CONTAMINACIÓN, SINO QUE SE CONSIDEREN COMO UN RECURSO POTENCIAL EN EL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD.

- 6.- ES RECOMENDABLE QUE EL PROYECTISTA O DISEÑADOR DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CONOZCA AMPLIAMENTE LOS PRINCIPIOS BÁSICOS DE FUNCIONAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO, A FIN DE QUE SU SELECCIÓN SIEMPRE SEA LA ADECUADA, YA QUE EXISTEN COMERCIALMENTE GRAN CANTIDAD DE TIPOS Y MODELOS.
- 7.- SE RECOMIENDA QUE LA SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO, NO SEA RESPONSABILIDAD TOTAL DEL FABRICANTE O PROVEEDOR, YA QUE SEGURAMENTE SU SUGERENCIA SERÁ DE ACUERDO A LA EXISTENCIA EN ALMACÉN, AL MAYOR COSTO O ALGUNA OTRA CONDICIÓN AJENA A NUESTRO INTERÉS.
- 8.- ES CONVENIENTE QUE TODO AQUÉL PROFESIONAL DEDICADO AL CAMPO DE LA INGENIERÍA SANITARIA, TENGA UN CONOCIMIENTO GENERAL DE LOS CONCEPTOS BÁSICOS INVOLUCRADOS EN UN PROYECTO DE ABASTECIMIENTO; DE TAL MANERA QUE SU INTERVENCIÓN NO SE LIMITE AL CÁLCULO Y DISEÑO TÉCNICO, SINO QUE TAMBIÉN PARTICIPE EN EL DESARROLLO Y TOMA DE DECISIONES.

BIBLIOGRAFIA

1. BABITT, HAROL Y DOLAND JAMES, WATER SUPPLY ENGINEERING, MC GRAW-HILL, NEW YORK, (1967)
2. CASTANY G, PROSPECCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS, ED. OMEGA S.A., BARCELONA (1975)
3. CLARK, J., VIESSMAN W., HAMMER, M, WATER SUPPLY AND POLLUTION CONTROL, INTERNATIONAL TEXTBOOK COMPANY, PENNSYLVANIA (1971)
4. CFE-IEE, MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES, HIDROTECNIA -GEOHIDROLOGIA, MÉXICO, (1983)
5. CFE-IEE, MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES, HIDRÁULICA-OBRA DE TOMA PARA PLANTAS HIDROELÉCTRICAS, MÉXICO, (1983)
6. DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTÍNUA, SELECCIÓN Y OPERACIÓN DE BOMBAS DE AGUA Y SISTEMAS DE BOMBEO, FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM, MÉXICO, (1985)
7. DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTÍNUA, PROYECTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ESTACIONES DE BOMBEO, FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM, MÉXICO, (1985),
8. FAIR, G., GEYER, J. Y OKUN, O. ABASTECIMIENTO DE AGUA Y REMOSIÓN DE AGUAS RESIDUALES, ED. LIMUSA, MÉXICO, (1980)
9. KARASSIK, I. Y CARTER, R. BOMBAS CENTRÍFUGAS, ED. CECSA MÉXICO, (1966)
10. LINSLEY, R, HIDROLOGY FOR ENGINEERS, Mc. GRAW - HILL NEW YORK, (1979)

11. LIWSCHITZ, M. AND WHIPPLE, C. MÁQUINAS DE CORRIENTE ALTERNA, ED. CECSA, MÉXICO (1970)
12. MAGAÑA MADRIGAL R. APUNTES DE MOTORES, ESIME, IPH MÉXICO, (1983)
13. MURGUÍA VACA E. INGENIERÍA SANITARIA, S.P.I. S.A. MÉXICO. (1970)
14. PURSHEL, M. TRATADO GENERAL DEL AGUA Y SU DISTRIBUCIÓN TOMO V Ed. URYO S.A. ILLBAO, (1976)
15. SAHOP, INSTRUCTIVO PARA ESTUDIOS Y PROYECTOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. COPLAMAR, MÉXICO (1980)
16. SAHOP, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN DE POZOS. MÉXICO. (1978)
17. SEDUE, PROYECTO EJECUTIVO PARA LA REHABILITACIÓN Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CD. DE SAN PEDRO, COAH. MÉXICO (1983)
18. SPRINGALL, R. HIDROLOGÍA, INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM, MÉXICO (1970)
19. TINAJERO GONZÁLEZ J., ASPECTOS FUNDAMENTALES EN EL ESTUDIO DEL - AGUA SUBTERRÁNEA, SARH-CNPH, MÉXICO. (1982)
20. TORRES HERRERA F., OBRAS HIDRÁULICAS, ED. LIMUSA MÉXICO, (1981)
21. VIEJO ZUBICARAY M., BOMBAS, ED. LIMUSA. MÉXICO (1986)