

**DESARROLLO DE UNA BASE DE DATOS EN EL PROGRAMA OBRAS PARA
OPTIMIZAR LA ELABORACION DE PRESUPUESTOS DE
ALCANTARILLADOS**

**Leonardo Noreña Feijoó
Estudiante Ingeniería Civil**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
NOVIEMBRE
2009**

**DESARROLLO DE UNA BASE DE DATOS EN EL PROGRAMA OBRAS PARA
OPTIMIZAR LA ELABORACION DE PRESUPUESTOS DE
ALCANTARILLADOS**

Leonardo Noreña Feijoó
Estudiante Ingeniería Civil

Director:
Ing. Hernán Nope Rodríguez

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
NOVIEMBRE
2009**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	15
1. OBJETIVOS.....	17
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
2. INFORMACIÓN GENERAL.....	18
2.1 INSTITUCIÓN.....	18
2.2 OBRAS versión 1.5.....	18
2.3 SISTEMA DE ALCANTARILLADO.....	19
2.4 PRESUPUESTO.....	19
2.5 CONTEXTO DEL TRABAJO DE GRADO.....	20
3. DIFERENTES SISTEMAS DE ALCANTARILLADO Y PROCESOS DE CONSTRUCCION.....	22
3.1 SISTEMA DE TUBERIAS EN PVC NOVAFORT Y NOVALOC PARA ALCANTARILLADO.....	22
3.1.1. TUBERIAS NOVAFORT Y NOVALOC.....	22
3.1.2 CARACTERISTICAS DE LOS TUBOSISTEMAS NOVAFORT Y NOVALOC.....	24
3.1.3. ACCESORIOS NOVAFORT.....	29
3.1.4. ACCESORIOS NOVALOC.....	31
3.1.5. PROCESO DE INSTALACION DE LAS TUBERIAS PVC NOVAFORT Y NOVALOC.....	32
3.2. SISTEMA DE TUBERIAS EN GRES VITRIFICADO PARA ALCANTARILLADOS.....	34
3.2.1 TUBERIAS EN GRES VITRIFICADO.....	34
3.2.2. CARACTERISTICAS DE LOS TUBOS Y ACCESORIOS DE GRES.....	35
3.2.3. ACCESORIOS DE GRES.....	36
3.2.4. PROCESO DE INSTALACION DE TUBERIAS DE GRES.....	37
3.3. SISTEMA DE TUBERIAS EN CONCRETO PARA ALCANTARILLADO.....	40
3.3.1 TUBERIAS EN CONCRETO.....	40
3.3.2. CARACTERISTICAS DE LOS TUBOS DE CONCRETO.....	41
3.3.3 PROCESO DE INSTALACION DE LAS TUBERIAS DE CONCRETO.....	45
4. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS UTILIZADOS FRECUENTEMENTE.....	47

4.1 LOCALIZACION Y REPLANTEO	47
4.2. PREPARACION DE LA ZANJA	48
4.3. EXCAVACION	49
4.4. ENCAMADO O LECHO	50
4.5. CIMENTACION	51
4.5.1. PROCEDIMIENTO PARA DEFINIR EL TIPO DE CIMENTACION A UTILIZAR.....	52
4.5.2 TIPOS DE CIMENTACIONES SEGÚN EL FACTOR DE CARGA	54
4.6. RELLENO	57
4.7. NOTAS IMPORTANTES SOBRE INSTALACION	58
5. INSTALACIONES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS ESPECIALES	62
5.1. MONTAJE DE LOS TUBOS.	62
5.2. ENTIBACION Y TABLESTACA	65
5.2.1. PROCESO DE ENTIBADO Y TABLESTACADO.....	68
5.3. SISTEMA WELL POINT.....	69
5.4. HINCA DE TUBOS.....	70
5.5. METODO DE PERFORACION GUIADA	72
5.5.1. PASO 1. INSTALACION PRECISA DE TUBERIA PILOTO.....	72
5.5.2 PASO 2. SEGUIMIENTO DEL TUBO PILOTO.....	73
5.5.3. PASO 3. INSTALACION DE LA TUBERIA DEFINITIVA.....	74
5.6. MICROTUNELEO	75
5.6.1. PROCESO DE MICROTUNELEO.....	76
5.7. TUNELEO	77
5.7.1. TUNELADORAS DE ROCA DURA (TBM).....	78
5.7.2. TUNELADORA DE ESCUDO DE PRESION DE TIERRA BALANCEADA (EPB).....	79
5.7.3. TUNELADORA DE HIDROESCUDO.....	80
5.7.4. TUNELADORA DE ÚLTIMA GENERACION.	80
6. ESTRUCTURAS DE RECOLECCION Y DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES Y SANITARIAS	81
6.1. CAMARAS DE INSPECCION	81
6.2 CAMARAS DE CAIDA	82
6.3. CUNETAS	82

6.3.1 DISEÑO HIDRAULICO	83
6.3.2 ALGUNAS SECCIONES TIPICAS DE CUNETAS	85
6.4. SUMIDERO.....	86
6.4.1. SUMIDEROS DE VENTANA.....	86
6.4.1.1. DISEÑO HIDRAULICO	87
6.4.2. SUMIDEROS DE REJAS EN CUNETAS.....	87
6.4.2.1 DISEÑO HIDRAULICO	88
6.4.3. SUMIDERO DE REJAS EN CALZADA.....	89
6.4.3.1. DISEÑO HIDRAULICO	89
6.5. ALIVIADERO.....	90
6.5.1. ALIVIADEROS LATERALES.	90
6.5.1.1. DISEÑO HIDRAULICO	91
6.5.2. ALIVIADERO DE SALTO	93
6.5.2.1. DISEÑO HIDRAULICO	94
7. ESTRUCTURAS ESPECIALES.....	95
7.1. SIFONES INVERTIDOS	95
7.2. ALCANTARILLAS DE CAJON (BOX CULVERTS)	95
7.2.1. METODOLOGIA DE DISEÑO.....	97
7.2.1.1. DISEÑO HIDRÁULICO	97
7.2.1.2. ANÁLISIS DE CARGAS.....	98
7.2.2. BOX CULVERTS PREFABRICADOS.....	100
8. ANALISIS DE COSTOS DE CONSTRUCCION.....	103
8.1. COSTOS DIRECTOS.....	104
8.1.1. COSTOS DE MATERIALES.....	104
8.1.2 COSTOS DE MANO DE OBRA	104
8.1.2.1. PRESTACIONES SOCIALES	105
8.1.3. COSTOS DE HERRAMIENTA Y EQUIPO.....	107
8.1.3.1. HERRAMIENTA MENOR.....	107
8.1.3.2. EQUIPOS DE CONSTRUCCION	108
8.2 COSTOS INDIRECTOS	111

8.2.1 COSTOS ADMINISTRATIVOS	111
8.2.2. COSTO DE LEGALIZACION.....	112
8.2.3. POLIZAS Y GARANTIAS.....	112
8.2.4. IMPREVISTOS.....	112
8.2.5. UTILIDAD	112
8.3. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	112
9. MANEJO Y ELABORACION DE UN PRESUPUESTO EN EL SOFTWARE OBRAS VERSION 1.5.	113
9.1. PANTALLA PRINCIPAL	113
9.2. DATOS GENERALES.....	114
9.3. RECURSOS BÁSICOS.....	114
9.4. ANÁLISIS BÁSICOS.	115
9.5. ÍTEMS DE PRESUPUESTO.....	116
9.6. COSTOS DE ADMINISTRACIÓN.	117
9.7. CANTIDADES DE OBRA.	118
9.8. RESULTADOS.	118
9.9. EXPORTACIÓN DE LOS DATOS A EXCEL.....	120
10. DESARROLLO DE LA BASE DE DATOS EN EL PROGRAMA OBRAS VERSION 1.5 PARA LA ELABORACION DE PRESUPUESTOS DE ALCANTARILLADOS	121
10.1. DEFINICION DE RECURSOS BASICOS	121
10.2. ELABORACION DE ANALISIS UNITARIOS BASICOS.....	122
10.3. ACTIVIDADES DE OBRA, ITEMS Y RENDIMIENTOS.	124
10.3.1 TABLAS DE RENDIMIENTOS UTILIZADAS PARA LA BASE DE DATOS.....	124
10.3.2 RESULTADOS DE OBSERVACIONES DIRECTAS	132
10.4 LISTA DE ANALISIS UNITARIOS CREADOS.....	134
11. COMENTARIOS	141
12. CONCLUSIONES	144
13. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	146
14. ANEXOS	148
14.1. ANEXO 1. ANALISIS UNITARIOS GENERALES O ITEMS DE PRESUPUESTO.....	148
14.2. ANEXO 2. CARTA DE APROBACION DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO POR PARTE DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA.6.6.	148

14.3. ANEXO 3. CARTA DE ACEPTACION DEL TRABAJO DE PASANTIA POR PARTE DE LA SUBDIRECCION DE DEFENSA DEL PATRIMONIO AMBIENTAL.	148
14.4. ANEXO4. CONSTANCIA DEL TRABAJO REALIZADO Y LA CONFERENCIA DICTADA EN LA CRC.	148

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ensayos de rigidez de las tuberías Novafort y Novaloc.....	25
Ilustración 2. Ensayo de impacto.	27
Ilustración 3. Manejo de tubería Novaloc y Novafort.....	28
Ilustración 4. Instalación tubería Novafort	33
Ilustración 5. Instalación de tubería Novaloc.....	33
Ilustración 6. Tubería en gres vitrificado.....	34
Ilustración 7. Instalación tubería de gres	37
Ilustración 8. Perforación de un tubo de gres.....	39
Ilustración 9 limpieza de la campana y el espigo	45
Ilustración 10. Instalación de la junta	46
Ilustración 11. Aplicación del lubricante	46
Ilustración 12. Alineación de la campana y el espigo.....	46
Ilustración 13. Ensamble final	47
Ilustración 14. Encamado de tubería Novafort Novaloc	50
Ilustración 15. Relleno utilizando equipo.....	58
Ilustración 16. Instalación de tubería utilizando grúa o retroexcavadora	62
Ilustración 17. Instalación de tubería utilizando cargador.....	63
Ilustración 18. Instalación de tubería utilizando tiradores o palancas	63
Ilustración 19. Instalación de tubería con maquina junta tubos	64
Ilustración 20. Instalación de tubería con ganchos y cadenas de montaje	64
Ilustración 21. Hincado de tubería	70
Ilustración 22. Tubería especial para hincado.....	71

Ilustración 23. Control del sistema de hincado.....	72
Ilustración 24. Control del proceso de microtuneleo.	75
Ilustración 25. Maquinas microtuneladoras.	76
Ilustración 26. paso del alcantarillado por debajo de una vía por medio de un Box culvert.....	96
Ilustración 27. Box culvert fundido in-situ	96
Ilustración 28. Box culvert prefabricado	101
Ilustración 29. Algunas dimensiones de Box culvert prefabricados	101
Ilustración 30. Box culvert prefabricado – FHWA. Department of transportation.....	102
Ilustración 31. Instalación de un Box culvert prefabricado.....	103
Ilustración 32. Pantalla Principal.....	113
Ilustración 33. Datos Generales del Proyecto	114
Ilustración 34. Recursos Básicos.....	115
Ilustración 35. Ventana de Análisis Básicos	116
Ilustración 36. Ventana Ítems de Presupuesto	117
Ilustración 37. Costos de Administración.....	118
Ilustración 38. Cuadro de Cantidades y Precios.....	118
Ilustración 39. Cuadro de Análisis Unitarios.	119
Ilustración 40. Cuadro de Programación de Obra.....	120
Ilustración 41. Exportación de los datos a Excel.	121

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de pesos de tuberías Novaloc y Novafort Vs. otros materiales.....	28
Tabla 2. Pesos y resistencia al aplastamiento	35
Tabla 3. Características y dimensiones de las tuberías de concreto reforzado	42
Tabla 4. Clase de tubería en concreto según la carga que soporta	43
Tabla 5. Anchos de zanja para tubería Novafort y Novaloc.	49
Tabla 6. coeficiente C según la vida económica útil del equipo.....	109
Tabla 7. Proporciones en volumen de concretos.....	122
Tabla 8. Proporciones en volumen de Morteros	123
Tabla 9. Pesos de varillas de refuerzo por metro.....	123
Tabla 10. Rendimientos de excavación de un ayudante de construcción, tomados de la revista de la Universidad EAFIT	125
Tabla 11. Rendimientos de excavación de un ayudante de construcción, definidos por el Ingeniero Luis Orlando Muñoz Muñoz.	125
Tabla 12. Rendimientos de excavación de un ayudante de construcción, tomada de la guía de autoconstrucción	126
Tabla 13. Rendimientos de excavadoras hidráulicas en excavación de tierra común.....	126
Tabla 14. Rendimientos de excavadoras hidráulicas en excavación de Tierra común con rocas (conglomerado).....	127
Tabla 15. Rendimientos de excavadoras hidráulicas en excavación de Arena y Grava.	127
Tabla 16. Rendimientos de excavadoras hidráulicas en excavación de Arcilla dura y pegajosa. ...	128
Tabla 17. Rendimientos de excavadoras hidráulicas en excavación de Arcilla mojada y pegajosa.	128
Tabla 18. Rendimientos de microtuneladoras de 16" 24" y 36" de diametro	128
Tabla 19. Rendimientos de algunas actividades manejadas comúnmente en los alcantarillados .	129

Tabla 20. (a-b) Rendimientos de instalación de tubería pvc novafort y novaloc, concreto clase I y clase II, del manual técnico de PAVCO S.A.....	130
Tabla 21. (a, b, c) Rendimientos de lubricante, adhesivo y acondicionador de superficie utilizados en la instalación de uniones, sillas tee e yee, del manual técnico de PAVCO S.A.....	131
Tabla 22. Resultados de las medidas tomadas en Miranda, Cauca, en la actividad de corte de pavimento flexible.....	132
Tabla 23. Resultados de las medidas tomadas en Miranda, Cauca, en la actividad de excavación a mano en conglomerado altura entre 0.0 y 2.0 m.	132
Tabla 24. Resultados de las medidas tomadas en Santander de Quilichao, Cauca, en la actividad de suministro e instalación de tubería pvc novafort D=10”	133
Tabla 25. Resultados de las medidas tomadas en Santander de Quilichao, Cauca.	133
Tabla 26. Lista resumen de los análisis unitarios de la base de datos	134
Tabla 27. Cuadro de comparación de los objetivos específicos consignados en el proyecto de Trabajo de grado y los objetivos logrados al termino del mismo.	141

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Tubería Novafort	22
Figura 2. Tubería Novaloc.....	23
Figura 3. Evaluación de abrasión en tuberías de diferentes materiales	26
Figura 4. Contacto adecuado entre la tubería de gres y el lecho.....	38
Figura 5. Contacto inadecuado entre la tubería de gres y el lecho	38
Figura 6. Tubería de gres sobre lecho de piedras.	39
Figura 7. Perforación de un tubo de gres.....	39
Figura 8. Detalle de la Campana y el Espigo.....	41
Figura 9. Ensamble de la campana y espigo.....	41
Figura 10. Deflexión permisible.....	42
Figura 11. Replanteo de tubería en zanja	48
Figura 12. Tipo de zanja para instalación de tubería utilizada comúnmente	48
Figura 13. Zanja ancha para instalación de tubería	49
Figura 14. Cimentación tipo	51
Figura 15. Cimentación para FC = 1.1.....	54
Figura 16. Cimentación para FC = 1.5.....	54
Figura 17. Cimentación de tubería para FC = 1.9	55
Figura 18. Cimentación de tubería para FC = 2.2	55
Figura 19. Cimentación de tubería para FC = 3.0	56
Figura 20. Cimentación de tubería para FC = 4.0	56
Figura 21. Cimentación y relleno cuando la altura del relleno a clave es menor que 0.90m.	57

Figura 22. Deflexiones en las tuberías Novafort	59
Figura 23. Deflexiones en tubos de concreto.....	59
Figura 24. Dado de contención en concreto para instalación en pendientes altas	61
Figura 25. Instalación de tubería perforada con tráctel.	65
Figura 26. Entibado de zanja	66
Figura 27. Entibado en suelos secos	66
Figura 28. Entibado para instalación de tubería	67
Figura 29. Sistema Well point	70
Figura 30. Proceso de hincado de tubería.....	72
Figura 31. Tuneladora TBM	78
Figura 32. Tuneladora EPB	79
Figura 33. Tuneladora de hidroescudo	80
Figura 34. Cámara de Inspección	81
Figura 35. Cámara de caída	82
Figura 36. Detalle de cuneta bordillo.....	82
Figura 37. Dimensiones recomendadas de cunetas.....	85
Figura 38. Cunetas en terreno natural	85
Figura 39. Sumidero de ventana	86
Figura 40. Sumidero en calzada	89
Figura 41. Aliviadero lateral	91
Figura 42. Vertedero del aliviadero lateral	92
Figura 43. Aliviadero de salto.....	93
Figura 44. Perfiles del aliviadero de salto	94
Figura 45. Esquema de un sifón invertido en un alcantarillado.....	95

Figura 46. Esquema de la sección transversal de un Box culvert.....	98
Figura 47. Cargas debidas al peso propio de un Box culvert	99
Figura 48. Cargas debidas a las presiones de tierra.	99
Figura 49. Cargas debidas a la presión del fluido dentro del cajón	100

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de zonas urbanas implica la dotación de servicios sociales, vías, acueductos, alcantarillados, electrificación, redes telefónicas, etc. Algunos de estos servicios están inter-relacionados de tal manera que su existencia es consecuencia o está limitada a la presencia y/o desarrollo de otro. Esta relación es muy íntima entre los acueductos y los alcantarillados, es absurdo pensar en un sistema de recolección de aguas servidas sin haber dotado a la región de un abastecimiento de agua, también la construcción de un acueducto impone la necesidad de recoger y dar salida a las aguas servidas, si es que se pretende a través de estos servicios mejorar las condiciones de salubridad de la población.

Estas aguas usadas y recolectadas deben ser enviadas a un sitio de disposición final donde no tengan efectos ofensivos ni dañinos a la comunidad. Hasta el presente el método sanitariamente más aconsejable es mediante la construcción de tuberías subterráneas que denominamos alcantarillado.

Actualmente en Colombia y en muchos países las aguas sanitarias se conducen comúnmente mediante sistemas de tuberías fabricadas en concreto, en gres y en poli cloruro de vinilo (PVC) además de la recolección y drenaje de estas aguas por medio de estructuras en concreto armado fundido in-situ o prefabricadas.

La Subdirección de Defensa del Patrimonio Ambiental de la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) desarrolla las políticas ambientales departamentales y nacionales con el objetivo de evaluar, controlar y realizar el debido seguimiento del uso y aprovechamiento de los recursos naturales que faciliten la conservación, manejo y restauración de los diferentes ecosistemas, así mismo la entidad ha procurado implementar estrategias tendientes a mejorar su capacidad de respuesta ante la construcción, mejoramiento y adecuación de proyectos sanitarios como acueductos, alcantarillados y plantas de tratamiento de aguas residuales.

En el presente proyecto y en el desarrollo de las prácticas académicas en la subdirección de defensa del patrimonio ambiental, se estudiaron los sistemas de alcantarillados manejados frecuentemente en Colombia y se analizaron cada uno de los procesos constructivos involucrados. De tal manera que se logró crear una base de datos de análisis unitarios en el programa Obras versión 1.5 que permitió agilizar la elaboración de los presupuestos de los proyectos de adecuación, mejoramiento y construcción de los sistemas de alcantarillado manejados comúnmente, con el fin de lograr una rápida ejecución de los mismos en beneficio de la comunidad y a su vez contribuir al logro de los objetivos propuestos por la institución.

Este documento contiene información amplia acerca de los sistemas de alcantarillados y procesos de construcción más comunes usados en el departamento del Cauca y en general en todo el territorio nacional, incluyendo otros países. Además se consigna información acerca de la teoría de análisis de los costos de construcción y se reúnen datos sobre rendimientos de la mano de obra y de los equipos utilizados en las diferentes actividades de construcción de los proyectos de alcantarillados, para finalmente mostrar los análisis unitarios de dichas actividades.

De igual manera se presenta información detallada de los sistemas de alcantarillados construidos con tuberías y accesorios de gres, concreto y pvc, además de información correspondiente a algunos métodos de diseños de las estructuras de concreto armado usadas en la conducción de las aguas sanitarias y pluviales. También se hace un análisis de la teoría y mecánica empleada para la elaboración de los presupuestos de las obras civiles y concretamente de proyectos de alcantarillados, para explicar el proceso de elaboración de los presupuestos utilizando el software Obras versión 1.5 y haciendo uso de la Base de datos creada.

1. OBJETIVOS.

1.1 OBJETIVO GENERAL.

Analizar los procesos de construcción de los diferentes sistemas de alcantarillados utilizados en Colombia y optimizar el manejo del software OBRAS versión 1.5 para crear una base de datos, que facilite la elaboración de los distintos presupuestos requeridos para la construcción, adecuación y mejoramiento de sistemas alcantarillado, que desarrolla la Subdirección de Defensa del Patrimonio Ambiental de la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC).

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ❖ Analizar los procesos de construcción de cada uno de los sistemas de alcantarillados que se utilizan comúnmente en Colombia.
- ❖ Capacitación y Manejo óptimo del software OBRAS.
- ❖ Establecer los recursos básicos (insumos, materiales) con sus respectivos precios, requeridos para la construcción, mejoramiento y adecuación de los alcantarillados.
- ❖ Formular los análisis básicos para la realización eficaz de los presupuestos.
- ❖ Definir actividades de obra y formular los análisis unitarios o ítems de construcción necesarios en los proyectos.
- ❖ Determinar los rendimientos de las distintas actividades de obra, basados en experiencia de proyectos previos, tablas de rendimientos existentes y por medio de observación directa en visitas de obra.

2. INFORMACIÓN GENERAL

2.1 INSTITUCIÓN.

Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), Subdirección de Defensa del Patrimonio Ambiental, la cual desarrolla las políticas ambientales departamentales y nacionales con el objetivo de evaluar, controlar y realizar el debido seguimiento del uso y aprovechamiento de los recursos naturales que faciliten la conservación manejo y restauración de los diferentes ecosistemas, así mismo la entidad ha procurado implementar estrategias tendientes a mejorar su capacidad de respuesta ante la construcción, mejoramiento y adecuación de proyectos sanitarios como acueductos, alcantarillados y plantas de tratamiento de aguas residuales.

La entidad tiene el firme propósito de aplicar metodologías en la evaluación, monitoreo, seguimiento y control de los recursos naturales. Una de las metodologías es asegurar la excelente conducción de las aguas residuales por medio de alcantarillados y por lo tanto, se generan constantemente proyectos de construcción, mejoramiento y adecuación de alcantarillados, que requieren la realización de los respectivos presupuestos.

2.2 OBRAS versión 1.5.

El programa para presupuestos de obras es una herramienta eficaz y efectiva para el manejo de presupuestos de cualquier tipo de obra civil, el cual maneja los análisis unitarios mediante la información contenida en una base de datos suministrada por el programa o creada por el usuario.

La implementación de este software en la subdirección de defensa del patrimonio ambiental surge de la misma necesidad de asegurar de una forma rápida y eficiente el buen manejo de las aguas residuales mediante su conducción por medio de un sistema de alcantarillado. Una vez sea implementada la base de datos en OBRAS, los presupuestos podrán realizarse de una manera eficiente, eficaz y efectiva, lo que refleja una ganancia enorme para la entidad por la agilización en la ejecución de estos proyectos, sin embargo el mayor beneficio es para la población quien es la afectada por los retrasos que se puedan presentar.

2.3 SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Se denomina alcantarillado o red de alcantarillado al sistema de estructuras y tuberías usados para el transporte de aguas residuales o servidas (alcantarillado sanitario), o aguas de lluvia, (alcantarillado pluvial) desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten a cauce o se tratan.

Actualmente se utilizan sistemas de alcantarillados Sanitarios y alcantarillados Pluviales, sin embargo todavía existen en funcionamiento redes de alcantarillado combinado o mixto, es decir, que juntan las aguas sanitarias y las aguas de lluvia (sistemas unitarios). Este tipo de alcantarillado es necesario en zonas secas y con épocas de escasa pluviosidad, puesto que los sistemas de pluviales no usados, pueden convertirse en un foco de infecciones o simplemente en un gasto innecesario. Los sistemas de recolección de aguas sanitarias y/o pluviales se rigen de acuerdo a la norma RAS título D.1.6.

Las redes de alcantarillado son estructuras hidráulicas que funcionan a presión atmosférica. Sólo muy raramente, y por tramos breves, están constituidos por tuberías que trabajan bajo presión. Normalmente son canales de sección circular, oval, o compuesta, enterrados la mayoría de las veces bajo las vías públicas.

La red de alcantarillado se considera un servicio básico, sin embargo la cobertura de estas redes en las ciudades de países en desarrollo es ínfima en relación con la cobertura de las redes de agua potable. Esto genera importantes problemas sanitarios.

Durante mucho tiempo, la preocupación de las autoridades municipales o departamentales estaba más ocupada en construir redes de agua potable, dejando para un futuro indefinido la construcción de las redes de alcantarillado. Actualmente las redes de alcantarillado son un requisito para aprobar la construcción de nuevas urbanizaciones.

2.4 PRESUPUESTO

Se entiende por presupuesto de una obra o proyecto la determinación previa de la cantidad en dinero necesaria para realizarla, a cuyo fin se toma como base la experiencia adquirida en otras construcciones de índole semejante. La forma o el método para realizar esa determinación es diferente según sea el objeto que se persiga con ella.

Los presupuestos dependen de factores como rendimientos, circunstancias climáticas, situaciones anormales que se puedan presentar en la ejecución de la

obra. Por esta razón se dice que los presupuestos son específicos, dinámicos, son inherentes a las condiciones de cada localidad.

Para realizar un buen presupuesto se necesita una investigación preliminar (informes, memorias, ayudas, diseños) además es indispensable conocer los precios de los materiales que se van a utilizar, precios de mano de obra, tarifas de equipos, manejo de prestaciones sociales.

2.5 CONTEXTO DEL TRABAJO DE GRADO.

El proyecto de trabajo de grado consistió básicamente en analizar los sistemas de alcantarillados y procesos de construcción manejados comúnmente en Colombia para crear una base de datos de análisis unitarios, análisis básicos y materiales de construcción (insumos) en el programa Obras versión 1.5 para ser utilizada en la elaboración de presupuestos de mejoramiento, adecuación y construcción de sistemas de alcantarillado que maneja frecuentemente la Subdirección de Defensa del Patrimonio Ambiental de la CRC. Por tal razón la entidad aceptó formalmente el desarrollo de las prácticas del estudiante, como una actividad necesaria para el logro de los objetivos trazados dentro de la misma (la carta de aceptación es anexada al final del documento).

Las actividades se llevaron a cabo siguiendo trabajos de oficina principalmente, trabajando directamente en el software (pasando a un segundo plano el trabajo de campo) bajo la supervisión del Ing. Carlos Rodrigo Cajas Burbano¹ tutor por parte de la entidad (subdirector de defensa del patrimonio ambiental de la CRC.) y el Ing. Hernán Nope Rodríguez tutor por parte de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca. En el transcurso del trabajo solo se realizaron algunas visitas de obra para verificar algunos datos que conformaron la base de datos. Es importante anotar que la pasantía no se llevó a cabo en una obra como tal, el proyecto de pasantía fue revisado y aprobado por la facultad de ingeniería civil de la Universidad del Cauca para realizarse en una entidad pública como una labor específica, por lo tanto no se generó ningún contrato de obra el cual pueda especificarse en este documento. (La carta de aprobación del proyecto es anexada al final del documento).

El proyecto se realizó dentro de las instalaciones de la subdirección de defensa del Patrimonio Ambiental de la CRC, ubicada en la carrera 7 N° 1N-28 Edificio Edgar Negret de Popayán (Cauca). Las labores empezaron el 11 de noviembre de

¹ Carlos Rodrigo Cajas Burbano – Ingeniero civil, Universidad del Cauca - Especialista en Ingeniería Sanitaria, Universidad del Valle.

2008 trabajando de lunes a viernes, tratando de cumplir con el horario de la mañana (de 9:00 am. A 12:30 pm.) o el horario de la tarde (de 2:00 am. A 6:00 pm.) según lo permitieron las obligaciones académicas en la facultad de ingeniería civil. Algunos días fue posible trabajar en las dos jornadas, específicamente a partir del mes de marzo cuando terminó el periodo académico en la Universidad del Cauca.

Las actividades del proyecto de investigación concluyeron el 17 de abril de 2009, la última actividad del trabajo se realizó el 29 de mayo de 2009, cuando se ofreció una charla de capacitación en el manejo del software por parte del estudiante a algunos de los ingenieros de la subdirección de defensa del patrimonio ambiental de la CRC. Al final del documento se anexa la carta firmada por el Ing. Carlos Cajas donde se hace constar el logro de todos los objetivos trazados en el proyecto de trabajo de grado, el cumplimiento de las labores dentro de la entidad, la capacitación dictada y el grado de satisfacción de la entidad respecto al trabajo realizado por el estudiante.

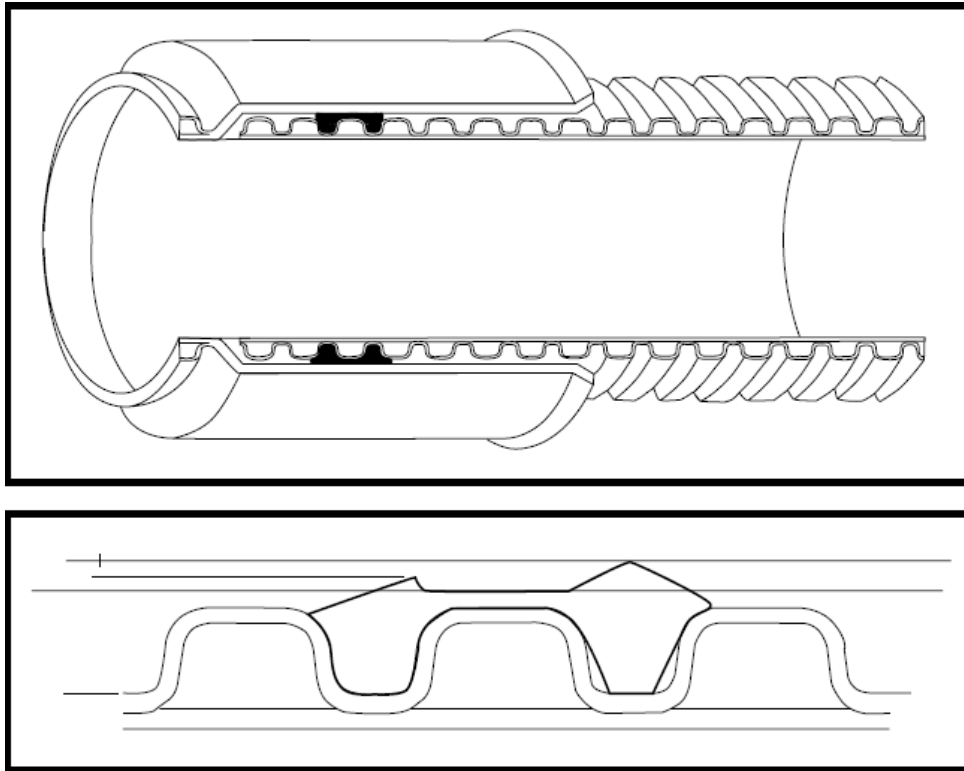
3. DIFERENTES SISTEMAS DE ALCANTARILLADO Y PROCESOS DE CONSTRUCCION.

3.1 SISTEMA DE TUBERIAS EN PVC NOVAFORT Y NOVALOC PARA ALCANTARILLADO.

3.1.1. TUBERIAS NOVAFORT Y NOVALOC

La tubería NOVAFORT es una Tubería de pared estructural de poli cloruro de vinilo (PVC), fabricada en un proceso de doble extrusión, pared interior lisa y exterior corrugada. Sistema de unión mecánico, campana espigo con hidrosello de caucho. Fabricada bajo la Norma Técnica Colombiana², NTC 3722-1, Tubos y Accesorios de Pared Estructural para Sistemas de Drenaje Subterráneo y Alcantarillado.

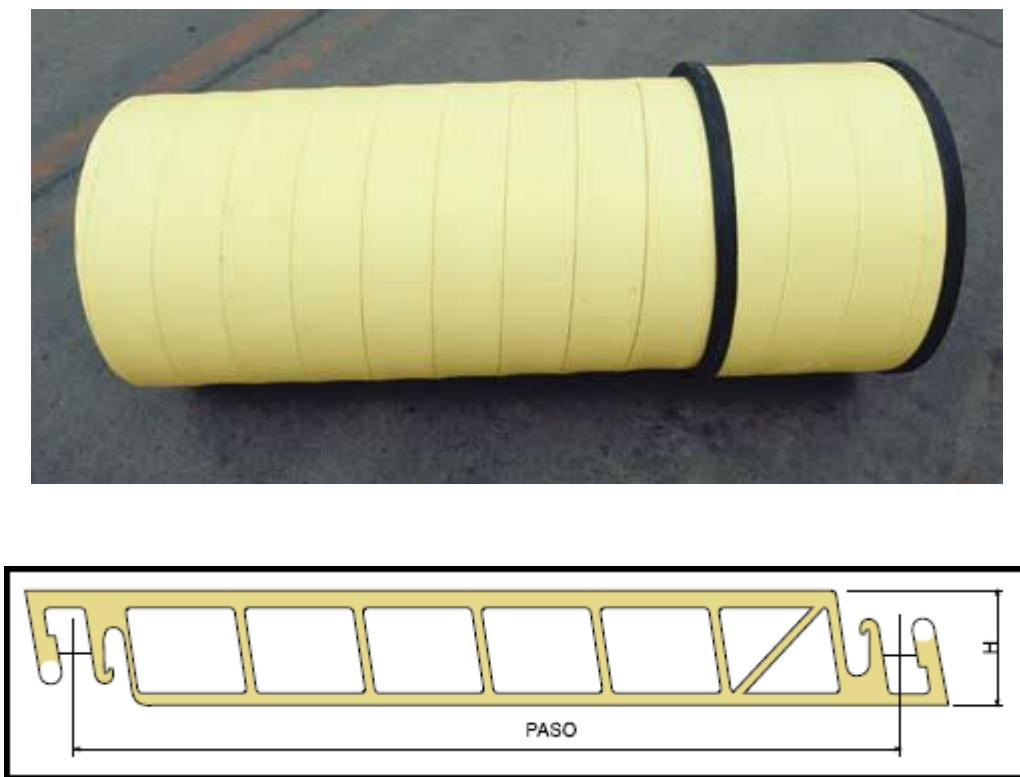
Figura 1. Tubería Novafort



² NTC – Normas Técnicas Colombianas.

La tubería NOVALOC es una Tubería de pared estructural con superficie interior y exterior lisa, construida a partir de un perfil extruido, que es acoplado helicoidalmente por un sistema de enganche mecánico. Sistema de unión mecánico, tubos con extremos lisos y uniones fabricadas del mismo material con hidrosellos instalados en fábrica. Fabricada bajo la Norma NTC 5070, Tubería y Accesorios de Poli (Cloruro de Vinilo) (PVC) Fabricados con Perfil Cerrado para uso en Alcantarillado, Controlados por el Diámetro Interior. Tiene como antecedente la Norma ASTM³ F 2307.

Figura 2. Tubería Novaloc.



La materia prima usada en la fabricación de las Tuberías y Accesorios NOVAFORT, NOVALOC, lo mismo que el diseño del producto, garantizan el éxito de su proyecto tanto en el corto como en el largo plazo. Pruebas sobre Tuberías de PVC indican una vida útil de más de 50 años.

³ ASTM International - American Society of Testing Materials (Asociación Americana de Ensayo de Materiales) - Standards Worldwide.

3.1.2 CARACTERISTICAS DE LOS TUBOSISTEMAS NOVAFORT Y NOVALOC

Para garantizar la estabilidad de un sistema de alcantarillado durante la vida útil para la que ha sido diseñado, los elementos que lo componen deben cumplir ciertas características inherentes al uso mismo y dentro de costos razonables, como son:

- Hermeticidad
- Flexibilidad
- Resistencia a la Corrosión y la Abrasión
- Optimo Comportamiento Hidráulico
- Resistencia al Impacto
- Facilidad de Instalación y Mantenimiento

3.1.2.1 HERMETICIDAD

Los Tubosistemas para Alcantarillado NOVAFORT y NOVALOC, impiden la exfiltración de agua de los conductos, protegiendo el medio ambiente al garantizar que las aguas transportadas no se exfiltren al medio y eventualmente puedan contaminar el agua sub-superficial.

Los Tubosistemas para Alcantarillado NOVAFORT y NOVALOC, impiden la infiltración, garantizando la estabilidad del relleno de la zanja así como las estructuras en la superficie. Además, garantizan que el caudal transportado sea el caudal diseñado, asegurando el adecuado funcionamiento del sistema de alcantarillado y los caudales, que llegan a las plantas de tratamiento. Esta característica, igualmente, impide la penetración de raíces que pueden causar obstrucciones en los conductos.

En laboratorio se efectúan pruebas de acuerdo con las normas NTC 3722-1 y NTC 5070 que soportan esta afirmación, pues simulan su comportamiento asociado al uso en condiciones extremas. Estas pruebas incluyen prueba neumática de la Tubería para NOVALOC y pruebas de presión hidráulica interna y de vacío a las uniones para NOVAFORT y NOVALOC

3.1.2.2. FLEXIBILIDAD

Los Tubosistemas para Alcantarillado PVC por ser flexibles, aseguran excelente comportamiento a los movimientos del suelo, sismos y asentamientos diferenciales, brindando estabilidad al sistema.

- La rigidez de las Tuberías se determina en laboratorio, de acuerdo a las Normas NTC 3722-1 y NTC 5070 al 5% de la deflexión. La rigidez de la Tubería más la

rigidez del suelo que la rodea, aportan la resistencia estructural necesaria para soportar las cargas de diseño, conservando las ventajas de su flexibilidad.

Ilustración 1. Ensayos de rigidez de las tuberías Novafort y Novaloc



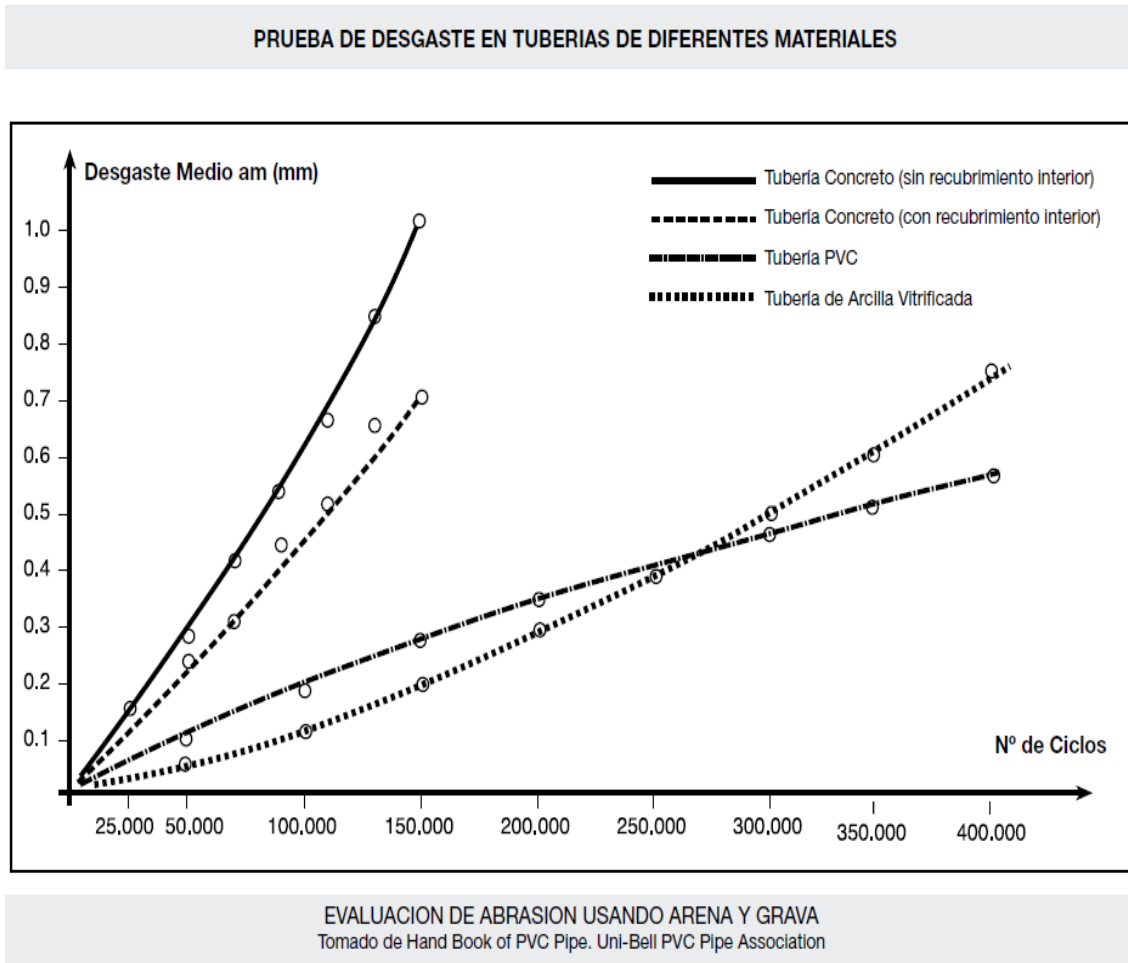
- El aplastamiento se mide al someter muestras de tubería de 12" de largo en platos paralelos, bajo una rata de carga uniforme. Bajo estas condiciones se lleva la Tubería NOVAFORT y NOVALOC hasta una deflexión del 30% comprobando que el punto máximo de carga no debe ser menor al 30% de la deflexión, y adicionalmente para NOVAFORT se comprueba que no se presenten grietas en el tubo. Además la Tubería NOVALOC se somete a una deflexión del 60% y no se deben presentar rajaduras, agrietamientos, rupturas o separación de costuras

3.1.2.3. RESISTENCIA A LA CORROSION Y LA ABRASION

Los Tubo sistemas para Alcantarillado PVC, están fabricados en un material inerte, que garantiza excelente resistencia a la acción de las sustancias químicas y al ataque corrosivo de los materiales presentes en las aguas que transportan (ácido sulfhídrico), así como de los suelos en que están instalados (ácidos y alcalinos). La pared interna lisa y dureza del material, presentan un excelente comportamiento a la abrasión de los materiales presentes en el agua que transportan, con mínimo desgaste de sus paredes.

- Pruebas sobre tubería fabricadas de PVC indican una vida útil superior a 50 años.

Figura 3. Evaluación de abrasión en tuberías de diferentes materiales



3.1.2.4. OPTIMO COMPORTAMIENTO HIDRAULICO

La pared interior lisa de los Tubo sistemas para Alcantarillado PVC, significa baja resistencia al flujo dando como resultado mayor capacidad hidráulica permitiendo menores pendientes y diámetros de diseño, (menor movimiento de tierra, transporte, etc.), lo que a su vez se traduce en reducción de costos del sistema. El coeficiente n de Manning recomendado es para NOVAFORT, 0.009 y para NOVALOC, 0.010.

El estudio sobre el comportamiento hidráulico y la determinación del coeficiente de rugosidad en tuberías de alcantarillado, forma parte de uno de diferentes temas de investigación que desarrolla el Centro de Investigaciones en Acueducto y Alcantarillados (CIACUA) de la Universidad de los Andes a través de la “Cátedra PAVCO” período 2001-2002, proyecto de investigación patrocinado por PAVCO desde hace 13 años. El estudio consistió en la modelación del perfil de flujo en

tuberías de alcantarillado, a partir del montaje de un modelo físico a escala real para simular el comportamiento hidráulico bajo la condición de flujo en tuberías parcialmente llenas, donde se obtienen datos experimentales de la altura de la lámina de agua en diferentes secciones de la tubería para diferentes combinaciones de caudal y pendiente. Los datos experimentales son valorados por un modelo matemático de análisis de flujo para la condición mencionada aplicando las ecuaciones de Continuidad, Cantidad de Movimiento, Energía, Flujo Gradualmente Variado (FGV) y las Leyes de Fricción. El análisis permite establecer el desempeño de la tubería de alcantarillado bajo diferentes condiciones de caudal y pendiente, así como establecer el coeficiente de Manning y por lo tanto la rugosidad de las tuberías de alcantarillado PVC.

$$Q = \frac{A.R^{(2/3)}.S^{(1/2)}}{n} \quad \text{Formula de Manning}$$

Donde:

n= 0.009 Tubería Novafort

n= 0.010 Tubería Novaloc

Q= Flujo (m³ / seg.)

V= Velocidad (m / seg.)

A= Área del tubo (m²)

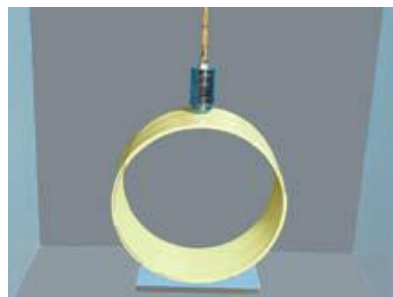
R= Radio hidráulico (mts)

S= Pendiente (m / m)

3.1.2.5. RESISTENCIA AL IMPACTO

De acuerdo con las normas NTC 3722-1 y NTC 5070 se hacen ensayos que dan como resultado una resistencia al impacto de 220lb.pie sin presentar fractura. Esta característica permite la manipulación durante el transporte e instalación sin presentar roturas ni daños, disminuyendo el desperdicio en obra.

Ilustración 2. Ensayo de impacto.



3.1.2.6. FACILIDAD DE INSTALACION Y MANEJO

Tubos más largos y livianos permiten un manejo fácil y rápido en la etapa de transporte, almacenamiento e instalación.

- Reducción de costos en transporte y equipos
- Facilidad y rapidez de manipulación e instalación. Altos rendimientos
- Reducción del personal necesario y de equipos pesados en obra
- Reducción del riesgo de accidentes de trabajo

Ilustración 3. Manejo de tubería Novaloc y Novafort



Tabla 1. Tabla de pesos de tuberías Novaloc y Novafort Vs. otros materiales.

COMPARATIVO DE PESO NOVALOC Y NOVAFORT VS. OTROS MATERIALES					
Diámetro Nominal	NOVALOC NOVAFORT	Concreto Clase 1	Concreto Clase II	Gres	GRP RS 2.5
pulg	Peso en kg/m				
24	15.63-16.74	392	392	280	31
27	21.11-19.98	504	508	485	42
30	24.82-24.95	632	636	390	55
33	27.11		792		
36	38.50	788	792		69
39	54.91	988	996		85
42	58.99		1,116 *		
45	62.92		1,116 *		
48	84.66		1,312		122
51	90.81		1,456 **		
54	94.88		1,556 ***		166 ***
60	105.04		1,784		

* Tubería de 44" / ** Tubería de 52" / *** Tubería de 56"

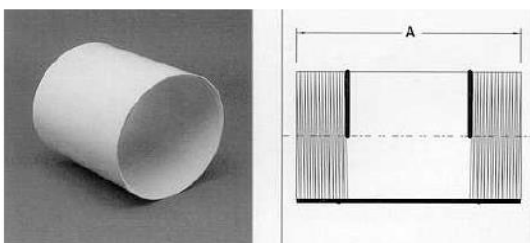
La naturaleza Semi-rígida del material y la posibilidad de flexibilidad del tubo por su diseño, aseguran un excelente comportamiento en los terremotos, temblores y asentamientos diferenciales del terreno, brindando seguridad adicional al proyectista.

3.1.3. ACCESORIOS NOVAFORT

- UNIONES

Uniones

Campana x Campana

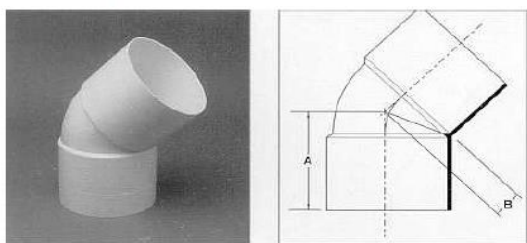


Referencia	Diámetro Nominal	Dimensiones A
	mm	mm
1873959201	110	165.23
1874159201	160	250.00
1874259201	200	213.00
1874359201	250	325.00
1874459201	315	360.00
1874559201	400	410.00
1874659201	450	430.00
1874859201	500	460.00

- CODOS

Codos 45°

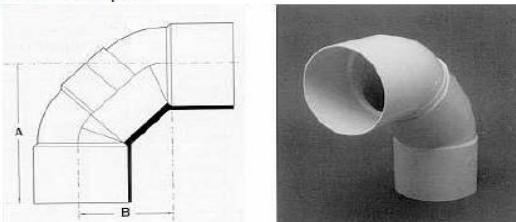
Campana x Campana



Referencia	Diámetro Nominal	Dimensiones	
		A	B
	mm	mm	
1873920201	110	101.90	23.93
1874120201	160	147.93	35.66

Codos 90°

Campana x Campana

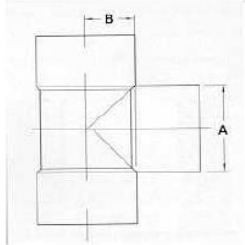


Referencia	Diámetro Nominal	Dimensiones	
		A	B
	mm	mm	
1873922201	110	212.00	130.00
1874122201	160	295.00	185.00

- **TEES**

Tee y Tee Reducida

Campana x Campana x Campana

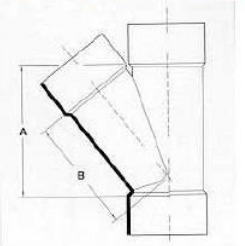


Referencia	Diámetro Nominal	Dimensiones		
		A	B	
	mm	mm		
1874148201	160 x 160	169.00	84.50	Tee
1876254201	200 x 200x 160	254.00	122.50	Tee Red

- **YEES**

Yee y Yee Reducida

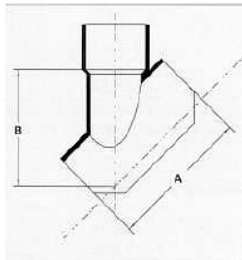
Campana x Campana x Campana



Referencia	Diámetro Nominal	Dimensiones		
		A	B	
	mm	mm		
1874166201	160 x160 x 160	230.00	218.87	Yee
1876272201	200 x 200x 160	325.00	245.05	Yee Red

- **SILLAS YEE**

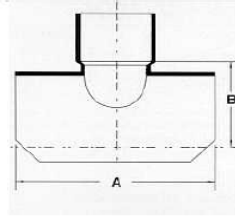
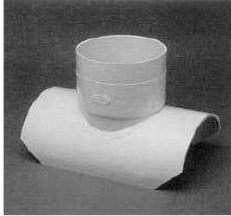
Sillas Yee



Referencia	Diámetro Nominal	Dimensiones	
		A	B
	mm	mm	
1875940201	160 x 110	171.40	190.25
1876140201	200 x 110	320.00	218.82
1876240201	200 x 160	398.45	246.80
1876340201	250 x 110	320.00	218.82
1876440201	250 x 160	398.45	246.80
1876540201	315 x 110	320.00	218.82
1876640201	315 x 160	398.45	246.80
1876740201	400 x 110	320.00	218.82
1876840201	400 x 160	398.45	246.80
1877640201	450 x 110	420.00	399.75
1877740201	450 x 160	420.00	427.75
1877840201	500 x 110	420.00	435.10
1877940201	500 x 160	420.00	463.10

- SILLAS TEE

Sillas Tee



Referencia	Diámetro Nominal	Dimensiones A
	mm	Mm
1875938201	160 x 110	240.00 – 180.00
1876138201	200 x 110	280.00 – 200.00
1876238201	200 x 160	340.00 – 225.00
1876338201	250 x 110	280.00 – 200.00
1876438201	250 x 160	340.00 – 225.00
1876538201	315 x 110	280.00 – 200.00
1876638201	315 x 160	340.00 – 225.00
1876738201	400 x 110	280.00 – 200.00
1876838201	400 x 160	340.00 – 225.00
1877638201	450 x 110	420.00 – 251.50
1877738201	450 x 160	420.00 – 253.00
1877838201	500 x 110	420.00 – 276.50
1877938201	500 x 160	420.00 – 278.00

- HIDROSELLOS

Hidrosello de caucho



Referencia	Diámetro Mm
0313933001	110
0314133001	160
0314233001	200
0314333001	250
0314433001	315
0314533001	400
0314633001	450
0314833001	500

3.1.4. ACCESORIOS NOVALOC

- UNIONES

Uniones



Diámetro Nominal	Referencia
pulg.	
24	12803
27	12805
30	12806
33	12808
36	12809
39	12810
42	12812
45	12813
48	12815
51	12818
54	12820
60	12821

- DERIVACION PARA DOMICILIARIA



Derivación para Domiciliaria

Diámetro Nominal	Referencia
mm	10055
160	



Diámetro Nominal	Dimensiones		
	pulg. - mm	A(mm)	B(mm)
24 x 160		42	132
24 X 200		58	140
24 X 250		65	151

- HIDROSELLOS

Hidrosellos



Diámetro Nominal	Referencia
pulg.	
24	390072
27	390073
30	390074
33	390075
36	390076
39	390077
42	390078
45	390079
48	390080
51	390081
54	390082
60	390083

3.1.5. PROCESO DE INSTALACION DE LAS TUBERIAS PVC NOVAFORT Y NOVALOC

- Limpie con un trapo limpio y seco la parte interior de la campana y/o unión y el caucho. Haga lo mismo con la parte exterior del tubo a ser insertada.
- Aplique lubricante generosamente en la campana y/o unión y el caucho.
- Alinee la campana y/o unión con el tubo e introduzca. Se recomienda usar un bloque de madera que proteja el tubo del equipo de empuje.
- Aplique presión de empuje constante, hasta que el tubo se deslice suavemente dentro de la campana y/o unión hasta el tope indicado.

Para diámetros mayores a 36" el empuje debe hacerse primero en la parte baja del diámetro del tubo e ir subiendo paulatinamente. Esto facilita el proceso evitando el desalineamiento de la Tubería.

Si encuentra indebida resistencia a la inserción, debe desensamblar y revisar los elementos, cambiarlos si es necesario y reiniciar el proceso de ensamble.

Ilustración 4. Instalación tubería Novafort

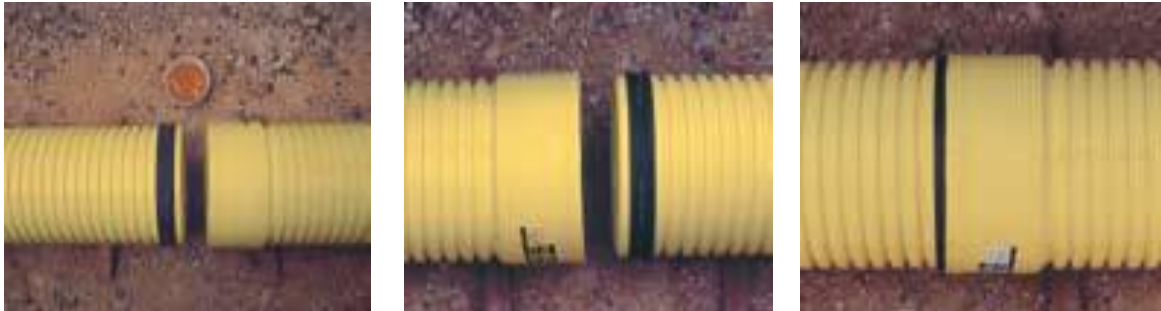


Ilustración 5. Instalación de tubería Novaloc



Es necesario evitar que en el proceso de ensamble se introduzca material que aisle el contacto hermético sello-tubo, evitando fugas posteriores.

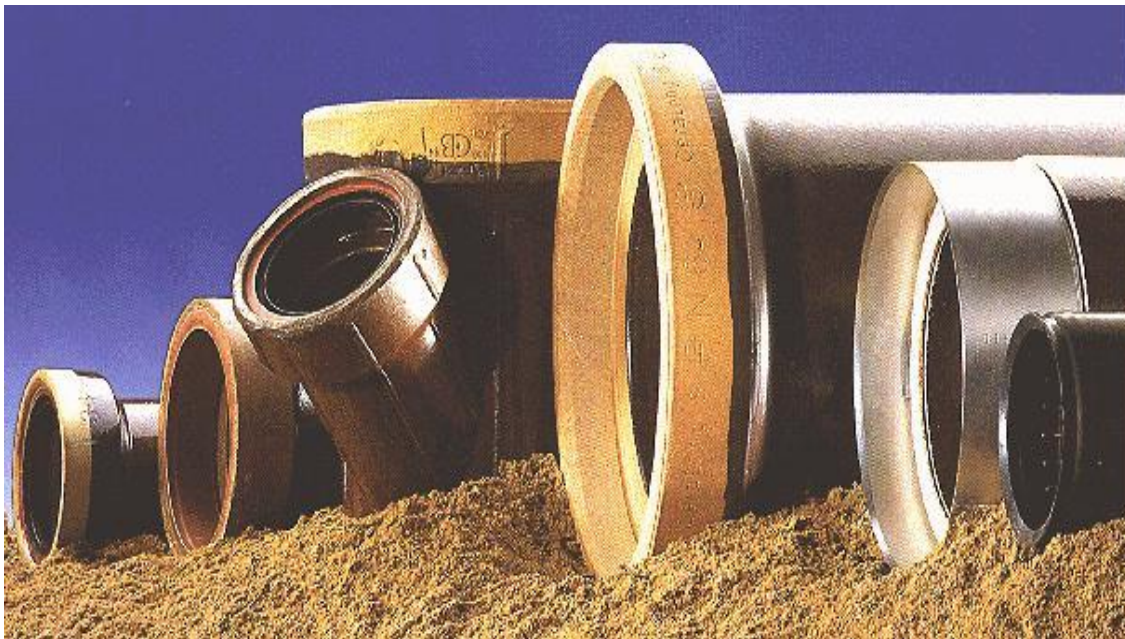
Se recomienda no flectar vertical ni horizontalmente el tubo al insertarlo en la campana y/o unión. La inserción debe hacerse con la campana y/o unión y el tubo perfectamente alineados.

3.2. SISTEMA DE TUBERIAS EN GRES VITRIFICADO PARA ALCANTARILLADOS

3.2.1 TUBERIAS EN GRES VITRIFICADO.

Los tubos de Arcilla Vitrificada (Gres) para alcantarillado y sus accesorios de Instalación fabricados del mismo material, deberán ser sometidos al método de ensayo de resistencia a los ácidos de que trata el numeral 8 de la NTC 3796, primera actualización (Documento de referencia ASTM C 301:93) o el indicado en el numeral 5.6.3 de la NTC 4089 (1997-02-26) (Documento de referencia ASTM C 700:95).

Ilustración 6. Tubería en gres vitrificado



Las tuberías y accesorios de gres se emplean para evacuar las aguas residuales y otros desagües en proyectos de saneamiento, tanto doméstico como industrial. Dichas tuberías son altamente vitrificadas y vidriadas de sal común. Son usualmente de sección transversal circular y están provistas de un enchufe, en un extremo, bastante grande para alojar el extremo sin enchufe de otro del mismo tamaño. Los tubos de alcantarilla se construyen usualmente en tamaños desde 3 a 12 pulg. (914mm) de diámetro

El vidriado debe obtenerse por la acción de los vapores de la sal común volatilizada sobre el material de los tubos y de los accesorios durante el proceso de la cocción. Las superficies interior y exterior de los tubos y accesorios deben permanecer al descubierto después del vidriado de las uniones. Para comprobar que los tubos tienen la resistencia mecánica necesaria, el 5% de la partida puede ser seleccionada para ensayarla en la prueba hidráulica. Los tubos, cuando se sometan a este ensayo, deberán resistir una presión hidráulica interior de 20 lb/pulg² (1.41 kg/cm²) sin dar señales de deterioro o de filtraciones.

Tabla 2. Pesos y resistencia al aplastamiento

DIAMETRO (mm)	LONGITUD UTIL (m)	RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO (KN/m)	PESO (Kg/m)
100	1.25	34	15
150	1.5	34	24
200	2.0	32	34
250	2.0	40	47
300	2.5	48	62
350	2.0	56	75
400	2.5	64	95
500	2.5	60	143

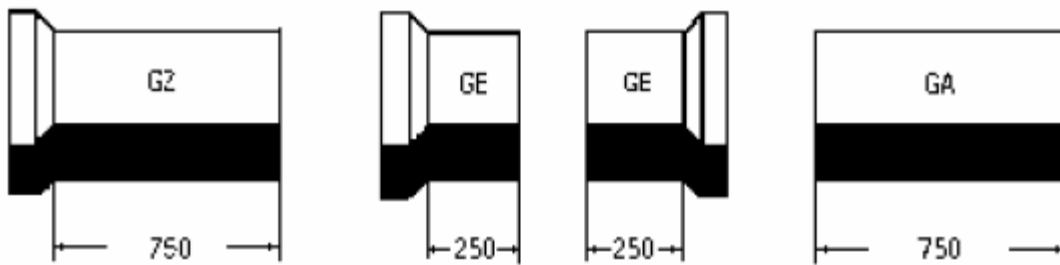
3.2.2. CARACTERISTICAS DE LOS TUBOS Y ACCESORIOS DE GRES.

- Resistencia a la acción de agentes químicos (todos los ácidos menos el Hidrofluorito).
- Fluidez Hidráulica importante, Coeficiente de rugosidad de Manning $n = 0.011$.
- Resistencia mecánica a cargas de tráfico y peso del terreno.
- Impermeabilidad, puede soportar presiones puntuales hasta los 10 m.c.a.
- Resistencia a las temperaturas extremas, soporta entre -10°C a 70°C .

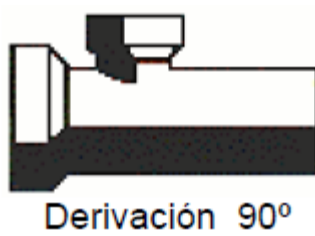
3.2.3. ACCESORIOS DE GRES



- CONEXIONES PARA LAS CAMARAS



- DERIVACIONES



- CODOS



Codos 15°, 30°, 45°, 90°

3.2.4. PROCESO DE INSTALACION DE TUBERIAS DE GRES

- Se limpian las juntas.
- Se aplica el lubricante a las superficies de unión de las juntas. El lubricante solamente facilita la unión de los tubos.
- Para diámetros de hasta 400mm, generalmente se puede utilizar una palanca de hierro para hacer la presión. Se deberá colocar un taco de madera entre la palanca y el tubo.

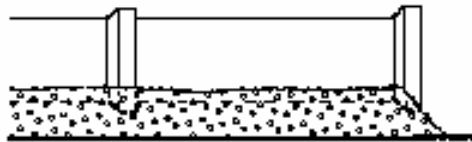
Ilustración 7. Instalación tubería de gres



- El asiento o lecho deberá garantizar una distribución uniforme a lo largo del tubo tanto si es un lecho de hormigón como un lecho de arena / grava arena. Por consiguiente se deberán tender los tubos de tal manera que no queden soportados solamente por una línea o un punto. Por esta razón, deberán hacerse nichos en el lecho para acomodar las campanas o acoplamientos.
- Se compacta el lecho con una madera o similar para conseguir la pendiente exacta y se hacen los nichos para las campanas.
- Se inspeccionan los tubos y las juntas para asegurarse de que no están dañados.

Es imprescindible asegurarse de que el contacto entre el lecho y el tubo sea uniforme en toda su longitud. Que no hay espacios vacíos ni piedras en la zona del tubo. Se debe hacer huecos para acomodar a las campanas.

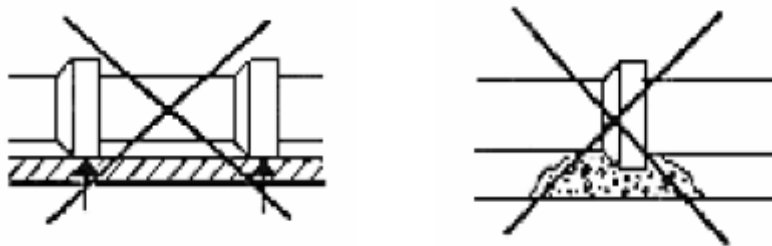
Figura 4. Contacto adecuado entre la tubería de gres y el lecho.



Es absolutamente necesario evitar los siguientes defectos en la ejecución:

- Colocar el tubo sobre un lecho con un espesor inferior al mínimo
- Colocar los tubos solamente con la campana en contacto con el lecho.

Figura 5. Contacto inadecuado entre la tubería de gres y el lecho



- Colocar el tubo en un lecho de piedras o rocas.

Figura 6. Tubería de gres sobre lecho de piedras.



Se puede taladrar un tubo de gres con toda seguridad, empleando brocas especiales de diamante, con el fin de instalar acometidas o accesorios que se requieran. Existen brocas para diámetros 150 mm y 200 mm.

Figura 7. Perforación de un tubo de gres

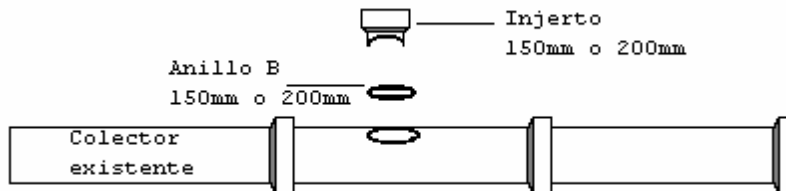


Ilustración 8. Perforación de un tubo de gres



3.3. SISTEMA DE TUBERIAS EN CONCRETO PARA ALCANTARILLADO

3.3.1 TUBERIAS EN CONCRETO

Un material muy adecuado, y de uso extendido desde la década de los cincuenta para fabricar tubos y los accesorios de las tuberías, es el concreto armado, donde junto a las tradicionales virtudes del concreto como material de construcción se une el hecho de que al ser pasivante el medio donde se encuentran las armaduras metálicas éstas quedan así fuertemente protegidas contra los procesos de corrosión metálica.

El Concreto reforzado es un material muy indicado para la fabricación de tuberías sin presión, tanto a sección llena como en lámina libre, siendo admisible su uso también en tuberías a sección llena con baja presión.

Aunque el Concreto simple tiene unas buenas cualidades para ser utilizado en tuberías sin presión, de pequeño diámetro y siempre que el proceso de fabricación sea muy cuidadoso, presenta el riesgo de rotura frágil, que se evita utilizando concreto reforzado. Además de esta ventaja, la resistencia a las cargas exteriores y la durabilidad, hacen que el tubo de hormigón armado sea un magnífico elemento para la construcción de redes de saneamiento y drenaje.

La tubería de concreto reforzado se fabrica cumpliendo los requisitos de las especificaciones NTC 401, ASTM C76.

Los principales usos de las tuberías de concreto son:

- Saneamiento por gravedad
- Saneamiento a baja presión
- Drenaje
- Riego
- Abastecimiento a baja presión
- Usos industriales específicos
- Conducción de instalaciones (Galerías de servicio)
- Tuberías hincadas

Los tubos de Concreto armado, con junta elástica de goma, tienen también una aplicación característica en tomas de agua del mar y en emisarios submarinos para vertidos al mar de los efluentes de aguas residuales o industriales, siempre y cuando se utilice un tipo de juntas entre tubos que sea capaz de soportar los esfuerzos de tracción a que están sometidas las tuberías de los emisarios submarinos. En efecto, los tubos de hormigón armado tienen las cuatro ventajas fundamentales para instalaciones submarinas: ser estancos, ser inalterables por el

agua del mar, ser un producto pesado para evitar la flotación y ser rígidos (de pared gruesa) para permitir los anclajes de cualquier tipo que sean precisos, por lo que resulta un material particularmente adecuado para su uso en el mar.

3.3.2. CARACTERISTICAS DE LOS TUBOS DE CONCRETO

3.3.2.1. CARACTERISTICAS Y DIMENSIONES DEL TUBO

Figura 8. Detalle de la Campana y el Espigo

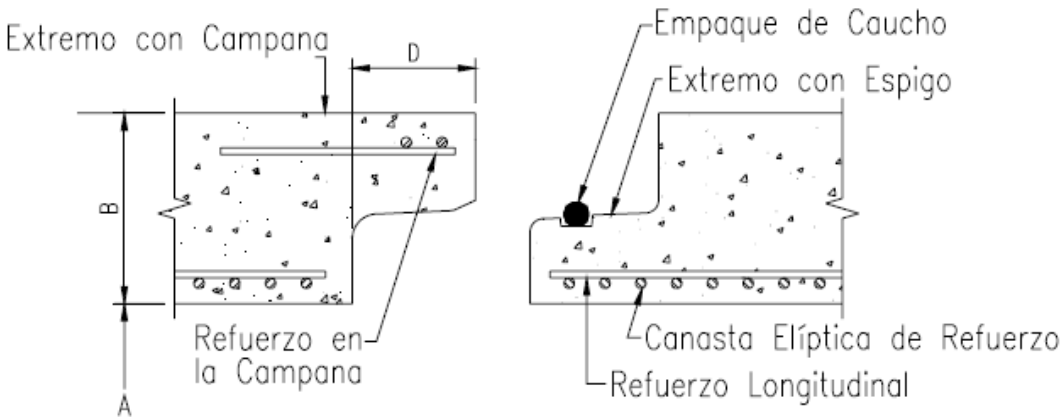


Figura 9. Ensamble de la campana y espigo

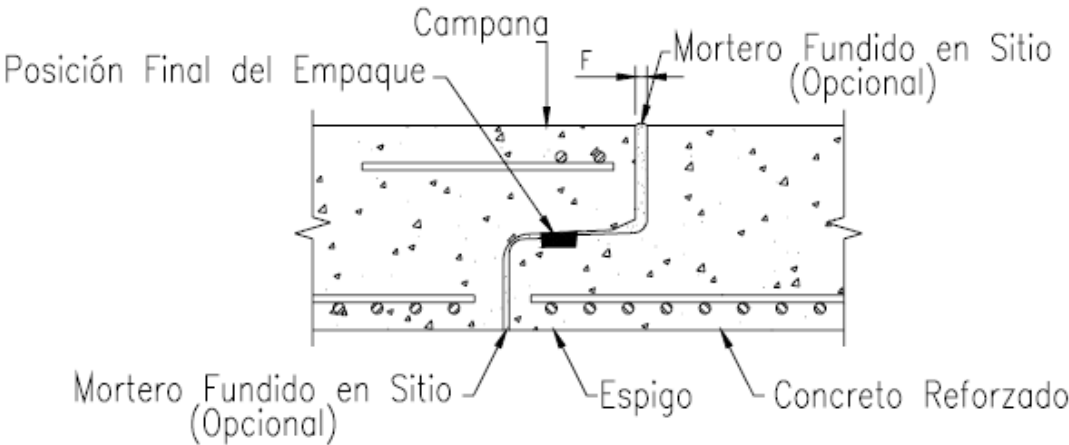


Figura 10. Deflexión permisible

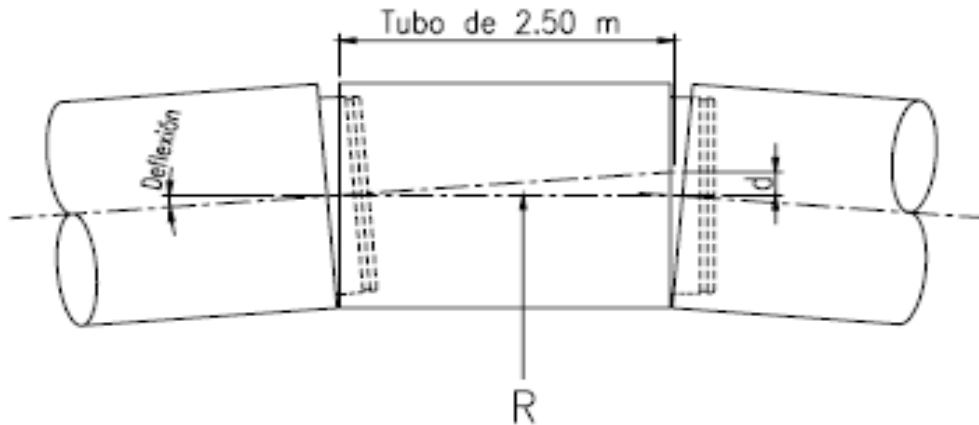


Tabla 3. Características y dimensiones de las tuberías de concreto reforzado

CARACTERÍSTICAS DEL TUBO DE 2,50 METROS DE LONGITUD								
DIAMETRO INTERIOR A	ESPESOR DE PARED B	DIAMETRO EXTERIOR C	PROFUNDIDAD CAMPANA D	TRASLAPO JUNTA E	APERTURA EXTERIOR JUNTA F	DEFLEXION MAXIMA ADMISIBLE	RADIO MINIMO CURVA R	PESO APROX. POR TUBO
mm	mm	mm	mm	mm	mm	grados minutos	m	k
610	76	762	110	105	10	1 34	92,62	1.090
686	83	852	110	105	10	1 24	103,06	1.325
762	89	940	110	105	10	1 15	115,33	1.579
838	110	1.058	86	83	6	1 13	118,25	2.028
914	101	1.116	110	105	10	1 4	135,45	2.107
1.000	110	1.220	110	104	6	1 3	138,57	2.398
1.100	115	1.330	110	104	6	0 57	151,83	2.743
1.200	120	1.440	110	104	6	0 53	165,01	3.110
1.300	130	1.560	115	109	6	0 48	178,92	3.658
1.400	140	1.680	115	109	6	0 45	192,77	4.241
1.500	150	1.800	115	109	6	0 42	205,97	4.870
1.600	160	1.920	86	83	6	0 39	220,44	5.470
1.700	170	2.040	86	83	6	0 37	234,39	6.175
1.800	180	2.160	110	105	10	0 35	248,09	6.718
1.900	190	2.280	110	105	10	0 33	262,04	7.486
2.000	200	2.400	120	110	10	0 31	275,55	8.294
2.150	210	2.570	120	110	10	0 29	295,27	9.341
2.300	216	2.732	140	130	10	0 28	313,88	10.243
2.450	230	2.910	150	140	10	0 26	332,69	11.618

Los tubos de concreto reforzado son fabricados cumpliendo los requisitos de las especificaciones NTC 401, ASTM C76. El control de calidad y la inspección en fábrica, aseguran la calidad y el cumplimiento adecuado de las normas. Los tubos de concreto se escogen según la carga muerta que vayan a soportar durante el servicio. Las tablas de carga muerta "D", permiten obtener directamente la clase de tubo requerido (I, II, III, IV ó V). El análisis de carga se debe realizar según las normas vigentes y el tipo de material de relleno.

Tabla 4. Clase de tubería en concreto según la carga que soporta

Clase	Carga "D" (Kg/m/m)
I	3906
II	4882
III	6591
IV	9765
V	14647

Cargas D en Kg/m de tubo /m de diámetro sobre tubería de concreto reforzado instalada en zanja, normas ASTM C-76 e ICONTEC 401. Para alturas de relleno menores a 4.0 metros la carga D tiene en cuenta la carga muerta y la carga viva, para rellenos superiores a 4.0 metros la carga viva es despreciable.

3.3.2.2. RESISTENCIA

- El concreto y el acero se combinan para obtener los mejores resultados y una óptima seguridad.
- Una de las ventajas diferenciales del tubo de Concreto armado es que permite adecuar el tubo a las cargas del terreno y sobrecargas externas a que en cada posición del trazado esté sometida la tubería, pudiendo adaptarse la resistencia de la tubería a las solicitaciones reales a que vaya a estar sometida.
- El tubo de hormigón armado soporta mejor las cargas exteriores de tierra y tráfico.

- Estos tubos resisten mejor la posible presión interior, lo que trae como consecuencia que la puesta en carga puntual de la red no preocupe en cuanto a su conservación.
- Mejora de sus condiciones con la edad.
- Resistencia a esfuerzos dinámicos.
- Mayor resistencia a los esfuerzos ovalizantes.
- Mayor resistencia a los esfuerzos de impacto.

3.3.2.3. DURABILIDAD

- La estabilidad química del Concreto y la pasivación de las armaduras que así quedan protegidas de la corrosión metálica, hacen que las tuberías de Concreto armado sean durables aún en ambientes agresivos, permitiendo además la composición del hormigón y posibilitando la adecuación a ciertas situaciones de terrenos excepcionalmente agresivos, adecuando la dosificación al caso concreto, e incluso añadiendo algunos elementos específicos a la composición del Concreto correspondiente.
- Una tubería de Concreto con juntas apropiadas y bien construidas es garantía de la preservación de la contaminación de los freáticos por fugas y roturas.
- Las paredes del tubo de hormigón armado son prácticamente impermeables.
- El uso de la junta elástica permite que el tubo se adapte mejor a los pequeños movimientos del terreno y mantenga la estanquidad de la red.
- Gran durabilidad: existen conducciones de hormigón armado con más de 75 años sin ningún deterioro de las tuberías, con un comportamiento impecable
- Los tubos pueden fabricarse según la demanda específica de uso, pudiendo atender situaciones excepcionales de: sobrecargas fijas, sobrecargas móviles y agresividad del terreno y de los efluentes.
- Una vez instalada y en servicio requiere una mínima conservación ulterior.

Los factores físicos y químicos que pueden agredir a tuberías de hormigón armado y que son, en conjunto, destacables desde el punto de vista de los problemas de durabilidad aparecidos en las aplicaciones normales de este producto son:

- Ácidos
- Sulfatos
- Cloruros
- Heladas
- Velocidad – Abrasión
- Corrientes eléctricas derivadas

3.3.2.4. COMPORTAMIENTO HIDRAULICO

- La pared interior completamente lisa proporciona excelentes características de flujo. Esta característica hace que el coeficiente de rugosidad de Manning del tubo sea de 0.010 o menor.; sin embargo, teniendo en cuenta que el “n” de Manning del sistema depende de múltiples factores, se recomienda que los sistemas de alcantarillado se diseñen con un coeficiente entre 0.012 y 0.013.
- Las condiciones hidráulicas de las tuberías de hormigón mejoran con el paso del tiempo cuando en ellas se produce una circulación permanente de aguas, limpias o negras.

3.3.3 PROCESO DE INSTALACION DE LAS TUBERIAS DE CONCRETO

3.3.3.1. ENSAMBLE DE LA CAMPANA Y EL ESPIGO.

- Limpie el polvo y sustancias extrañas que pudiesen existir en la superficie de la campana y espiga ya que podría no realizarse adecuadamente la unión si persisten las mismas

Ilustración 9 limpieza de la campana y el espigo



- Coloque la junta teniendo en cuenta que la parte más gruesa quede hacia el filo de la espiga.

Ilustración 10. Instalación de la junta



- Lubrique adecuadamente la superficie de la campana así como la junta una vez que esta ha sido colocada en la espiga. No utilice grasa si aceites minerales, es apropiado usar grasa o manteca de origen vegetal o animal.

Ilustración 11. Aplicación del lubricante



- Alinee correctamente la espiga con la campana y verifique que la junta esté en contacto con toda la superficie de la campana. Si la alineación no es la adecuada no sellará la junta y por lo tanto se producirá derrame de agua y en casos extremos se romperá la campana.

Ilustración 12. Alineación de la campana y el espigo



- Una vez que estén alineados la campana y la espiga, se puede proceder al ensamble mediante el uso de un sistema de palanca o con máquina.

Ilustración 13. Ensamble final



4. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS UTILIZADOS FRECUENTEMENTE

4.1 LOCALIZACION Y REPLANTEO

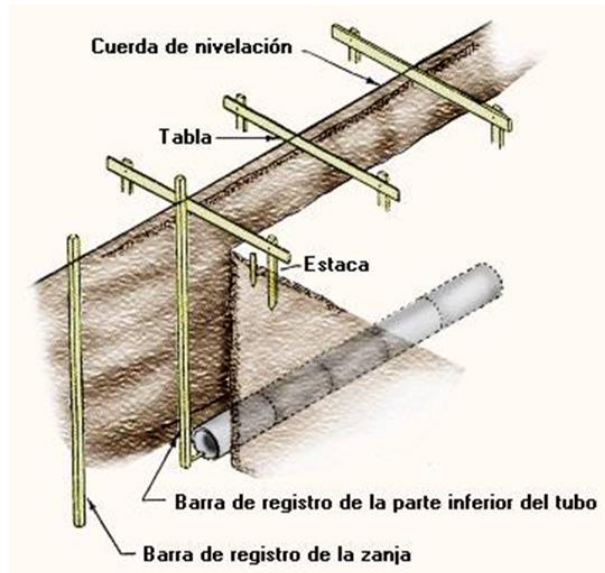
El proceso de localización y replanteo se realiza de manera sencilla utilizando equipos convencionales de topografía. En el caso de tuberías que deben instalarse aproximadamente a nivel del terreno natural para ser después terraplenadas, el replanteo se hace directamente sobre dicho terreno.

Para la instalación de los tubos en zanja, se comienza por fijar unos puntos de referencia mediante estacas, clavos, o cualquier otro procedimiento. A partir de estos puntos se sitúa el eje de la tubería en el fondo de la zanja.

Cuando la zanja es estrecha, pueden tenderse camillas de uno a otro lado, sobre las que se tensa una cuerda de nivelación situada en el plano vertical que contiene el eje de la tubería. Posteriormente, mediante plomada y cinta o cualquier otro procedimiento, se bajan los puntos del eje a la profundidad prevista en el fondo de la zanja. La siguiente figura ilustra lo dicho.

Con zanjas cuya anchura dificulte tender camillas, puede ser conveniente replantear la tubería directamente en el fondo de la zanja.

Figura 11. Replanteo de tubería en zanja



4.2. PREPARACION DE LA ZANJA

Un adecuado procedimiento de instalación, así como la preparación de la zanja son esenciales para obtener un exitoso comportamiento de la Tubería. La preparación de la zanja no difiere sustancialmente de los procedimientos usados para instalar diferentes tipos de Tubería. No se debe tener más zanja abierta que la necesaria para instalar tubería en ese día. La Tubería debe ser colocada cerca de la zanja excavada, en el lado opuesto a la tierra extraída. A continuación se presentan las zanjas y cimentaciones utilizadas comúnmente.

Figura 12. Tipo de zanja para instalación de tubería utilizada comúnmente

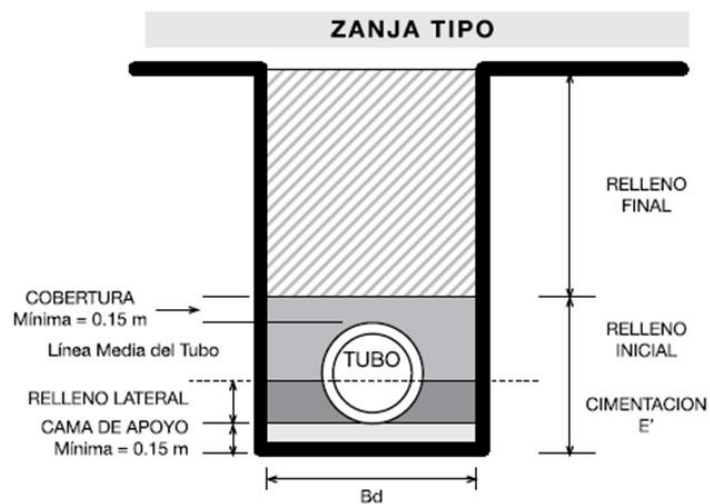
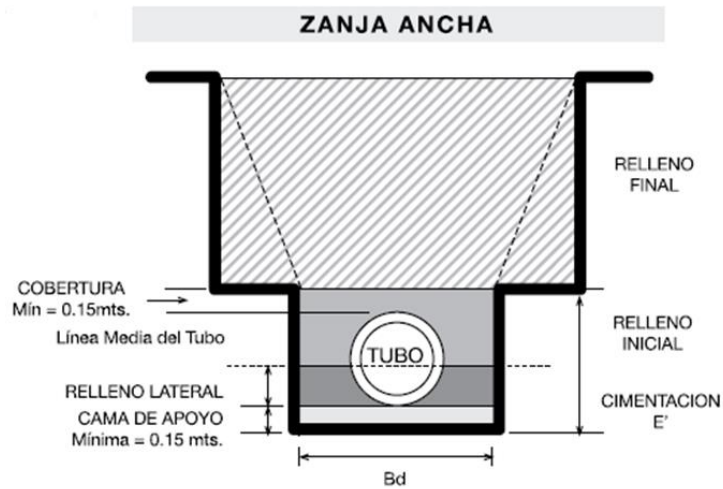


Figura 13. Zanja ancha para instalación de tubería



4.3. EXCAVACION

Tanto la excavación de la zanja como el relleno deben hacerse de acuerdo con la Norma ASTM D 2321. La zanja debe ser lo suficientemente ancha para permitir a un hombre trabajar en condiciones de seguridad y adecuada alineación y ensamble de las campanas y/o uniones.

El ancho mínimo será el diámetro exterior más 0.30 m y el medio, el diámetro exterior más 0.40 m. Si se requiere ampliar el ancho de la zanja debe hacerse por encima del lomo de la Tubería. (Figura 13)

Tabla 5. Anchos de zanja para tubería Novafort y Novaloc.

ANCHOS DE ZANJA				ANCHOS DE ZANJA			
NOVAFORT				NOVALOC			
Diámetro Nominal	Diámetro Exterior	Ancho de la Zanja B_d m		Diámetro Nominal	Diámetro Exterior	Ancho de la Zanja B_d m	
		Mínimo m	Medio m			Pulg.	Mínimo
110	110	0.45	0.50	24	625	0.92	1.05
160	160	0.45	0.60	27	710	1.05	1.15
200	200	0.50	0.60	30	786	1.10	1.20
250	250	0.55	0.65	33	860	1.15	1.25
315	315	0.60	0.70	36	950	1.25	1.35
400	400	0.70	0.80	39	1025	1.35	1.45
450	450	0.75	0.85	42	1101	1.40	1.50
500	500	0.80	0.90	45	1180	1.48	1.78
				48	1271	1.57	1.87
				51	1363	1.66	1.96
				54	1423	1.72	2.02
				60	1575	1.88	2.18

Para las tuberías de concreto reforzado y de gres vitrificado se puede utilizar anchos de zanja B_d , en función del diámetro exterior del tubo B_c , así:

$B_d = B_c + 0.40$ m, para diámetros de tubo de 838 mm y menores.

$B_d = B_c + 0.60$ m, para diámetros de tubo mayores de 838 mm.

A criterio del ingeniero-diseñador se definirá la protección requerida en las paredes de la zanja (entibado) y estabilización del fondo, pero deberá preverse la ubicación del entibado de tal forma que permita el encamado y relleno adecuado en la zona de la Tubería.

Cuando hay agua sobre el fondo de la zanja, debe evacuarse para mantener la zanja seca hasta que la Tubería sea instalada y rellena al menos un diámetro sobre la clave de la Tubería para evitar flotación.

Cuando se instale material granular como subdren bajo la Tubería éste debe ser gradado o protegido, con geotextil por ejemplo, de tal forma que se evite la migración de los finos del material de cimentación de la Tubería.

La profundidad de la zanja deberá ser determinada por el ingeniero-diseñador teniendo en cuenta requerimientos de fundación, encamado, cimentación, tipo de suelo, diámetro de la Tubería y recubrimiento de ésta.

Con especiales condiciones de diseño, 0.40 m de recubrimiento mínimo sobre el lomo del Tubo, puede ser adecuado, sin embargo 0.90 m es recomendable cuando se tiene carga viva sobre la superficie.

4.4. ENCAMADO O LECHO

El fondo de la zanja debe nivelarse de tal forma que se garantice la pendiente del diseño, así como para que la Tubería quede apoyada y debidamente soportada en toda su longitud. Deben retirarse rocas y material punzante que puedan afectar la Tubería. Debe proveerse acomodación para las campanas y/o uniones que faciliten el ensamble, mientras se mantiene adecuado soporte a la Tubería. Una altura de 0.15 m de encamado es suficiente.

Ilustración 14. Encamado de tubería Novafort Novaloc



4.5. CIMENTACION

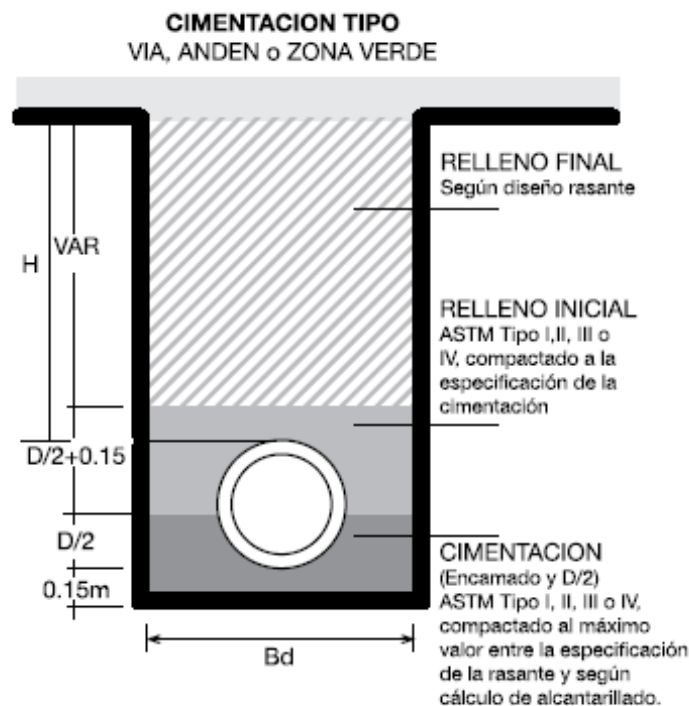
Es el factor más importante en el comportamiento y deflexión de la Tubería.

El material debe ser colocado y compactado hasta la mitad del diámetro para proveer adecuado soporte lateral y evitar desplazamiento lateral y vertical de la Tubería.

Cuando se use material granular en el encamado, ese mismo material debe usarse en el relleno lateral, teniendo precaución de evitar la migración de finos hacia éste.

El material debe ser colocado en capas de 0.15 a 0.20 m compactadas de acuerdo a la especificación de diseño alternadamente en cada lado de la Tubería. El relleno en la parte baja de la Tubería debe hacerse con pisón de mano, el resto puede ser con pisón mecánico pero teniendo cuidado de no tocar la tubería. Debe verificarse el grado de compactación de acuerdo al diseño.

Figura 14. Cimentación tipo



Sin embargo la capacidad de una tubería para soportar cargas depende de los factores de resistencia estructural del conducto y forma de apoyo, es decir del material de la tubería y de la cimentación utilizada, la norma ICONTEC⁴ NTC 1259

⁴ ICONTEC-NTC 1259 – Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Instalación de tuberías para conducción de agua sin presión.

define seis clases de cimentación, en función del factor de carga FC, el cual se define como la relación entre la carga que produce la falla de la tubería colocada en la zanja y la carga que produce tal falla en el ensayo de los tres apoyos.

El ensayo de los tres apoyos mide la resistencia al aplastamiento de la tubería y es el resultado de la carga total máxima aplicada al tubo en el momento de llegar a la rotura.

4.5.1. PROCEDIMIENTO PARA DEFINIR EL TIPO DE CIMENTACION A UTILIZAR

El siguiente procedimiento de cálculo está definido en la norma RAS G.3.2.2.6⁵ de acuerdo con lo establecido en la Norma NTC 1259

- Se calcula la carga total debida al material de relleno, definida como carga muerta

$$Fa = Cd \cdot \gamma \cdot B^2$$

$$Cd = \frac{1 - e^{-2 \cdot Ku \cdot H/B}}{2 \cdot Ku}$$

$$K = \tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

Donde:

Fa: Carga debida al material de relleno (Kg/m)

Cd: Coeficiente de carga

K: Relación de Rankine de presión lateral de tierra

u: Calculado como $\tan\phi$

ϕ : Angulo de fricción interna

γ : Peso específico del material de relleno (Kg/m³)

B: Ancho de la zanja (m)

H: Altura del relleno sobre la clave de la tubería (m)

- Se calcula la carga producida por los vehículos, definida como carga viva

$$Fv = \frac{Cs \cdot P \cdot F}{L}$$

⁵ RAS-2000- Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico

$$C_s = 1 - \left\{ \operatorname{Arcsen} \sqrt{\frac{\alpha^2 + \beta^2 + 1}{(\alpha^2 + 1)(\beta^2 + 1)}} - \frac{\alpha + \beta}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + 1}} \left[\frac{1}{\alpha^2 + 1} + \frac{1}{\beta^2 + 1} \right] \right\}$$

$$\alpha = \frac{1}{2.H} \quad \beta = \frac{D}{2.H}$$

Donde:

Fv: Carga producida por los vehículos

P: Peso del vehículo normalizado⁶

F: Factor de impacto

L: longitud de análisis

Cs: Coeficiente de carga

D: Diámetro de la tubería (m)

- Carga total en la tubería

$$F_t = F_a + F_v$$

- Se calcula la carga de trabajo:

$$C_t = \frac{C_{3apoyos}}{F.S}$$

Donde:

Ct: Carga de trabajo

C3apoyos: Carga soportada por la tubería en el ensayo de los tres apoyos

F.S: factor de seguridad, generalmente entre 1.3 y 1.5

- Por último se calcula el factor de carga:

$$F_c = \frac{F_t}{C_t}$$

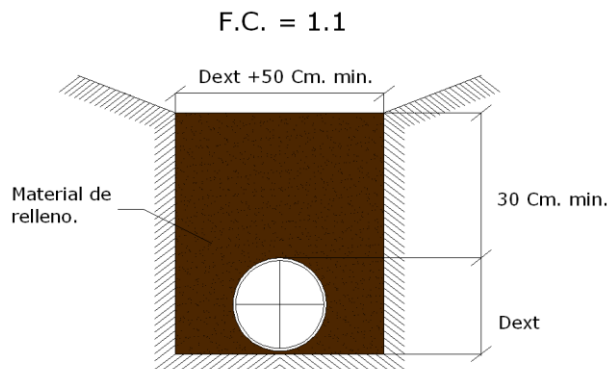
⁶ Normas colombianas de puentes, vehículo normalizado C40-95 o C32-95

4.5.2 TIPOS DE CIMENTACIONES SEGÚN EL FACTOR DE CARGA

A continuación se muestran algunos tipos de cimentaciones según el tipo de relleno, tipo de lecho o cama y factor de carga, estipulados en la NTC 1259:

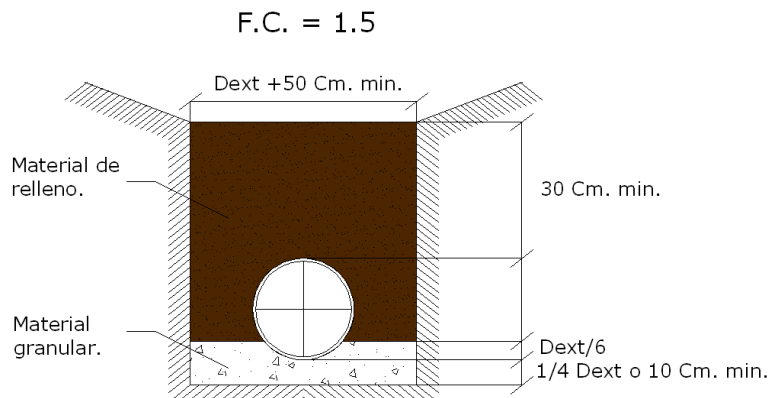
- Tubería colocada directamente en el fondo del plano de la zanja. Esta cimentación exige compactar cuidadosamente el material de relleno. Solo debe hacerse en terrenos que ofrezcan condiciones óptimas de resistencia y con autorización expresa del interventor.

Figura 15. Cimentación para FC = 1.1



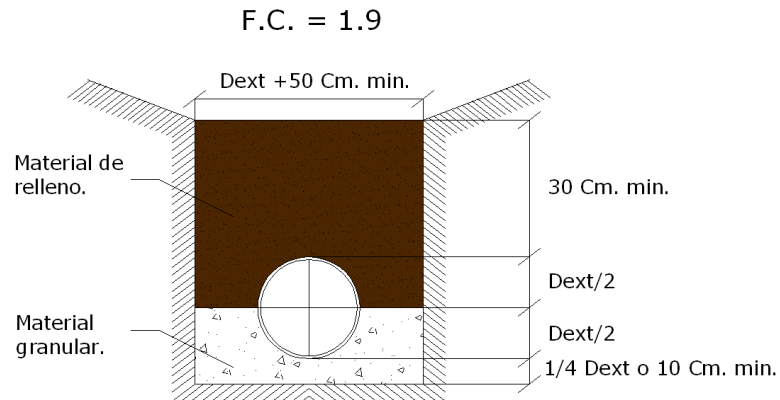
- Tubería colocada sobre una cama de material granular como: arena, piedra triturada, gravilla de río, escoria, coral o recebo hasta con un 15% de arcilla. El tamaño máximo permitido de estos materiales debe ser 20mm (3/4"). El material de relleno debe ser ligeramente compactado.

Figura 16. Cimentación para FC = 1.5



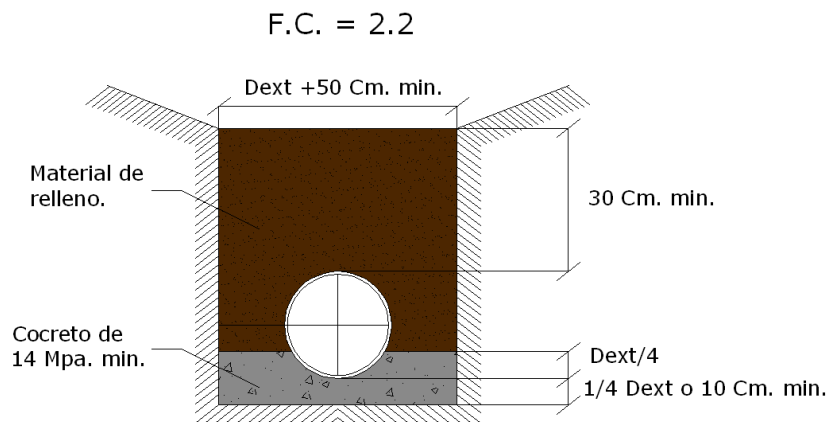
- Tubería colocada sobre una cama de piedra triturada o gravilla de río. El material de relleno debe ser muy bien compactado, el espesor por encima de la corona no debe ser inferior de 300mm.

Figura 17. Cimentación de tubería para FC = 1.9



- Tubería colocada sobre una cama de concreto simple de resistencia a la compresión no menor de 14 Mpa, de manera que soporte uniformemente el cuadrante inferior. El material de relleno debe ser muy bien compactado.

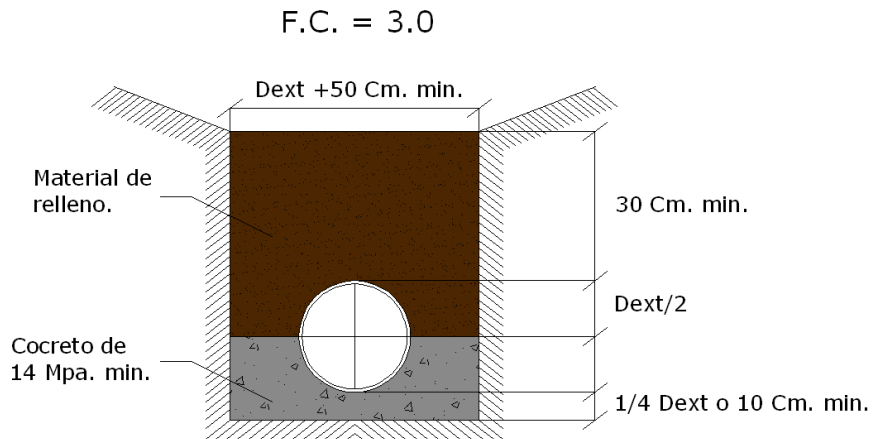
Figura 18. Cimentación de tubería para FC = 2.2



- Tubería colocada sobre una cama de concreto simple de resistencia a la compresión no menor de 14 Mpa, rellena hasta la mitad del diámetro de la

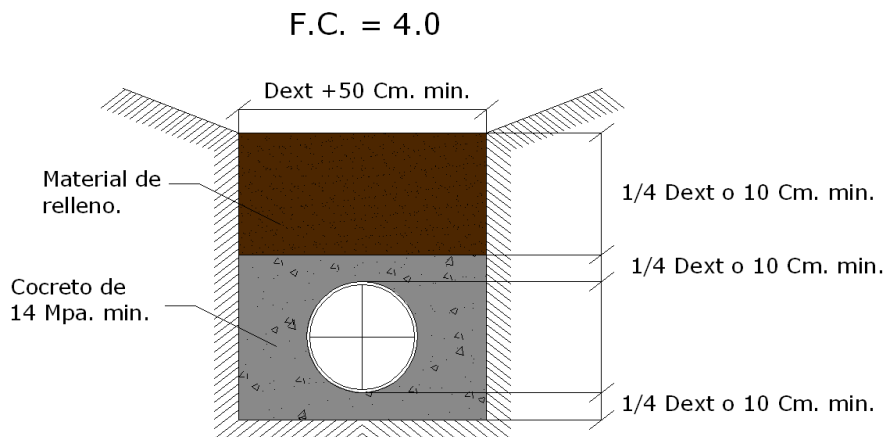
tubería, de manera que soporte uniformemente el cuadrante inferior. El material de relleno debe ser muy bien compactado.

Figura 19. Cimentación de tubería para FC = 3.0



- Tubería embebida totalmente dentro del concreto de resistencia a la compresión no menor de 14 Mpa. De manera que el recubrimiento del tubo tenga un espesor mínimo de $\frac{1}{4}$ del diámetro o 10cm, escogiendo siempre el que sea mayor

Figura 20. Cimentación de tubería para FC = 4.0



4.6. RELLENO

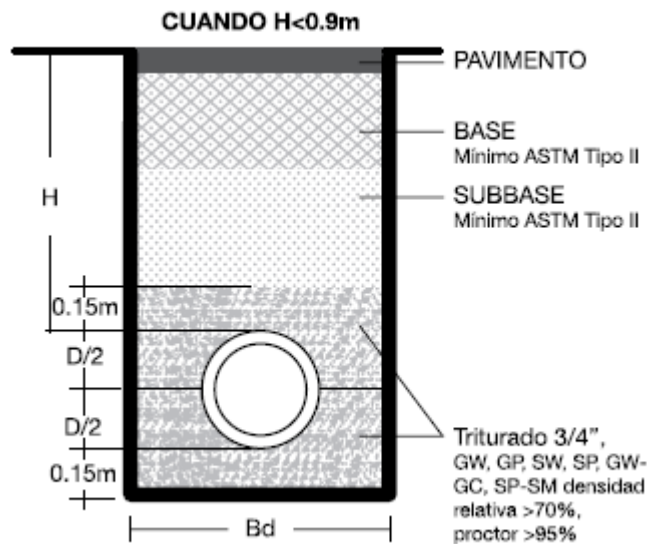
Es la parte del relleno desde la mitad del diámetro del tubo hasta 0.15m. sobre el lomo del tubo. Puede usarse un material diferente del usado para el encamado y la cimentación, pero debe seleccionarse adecuadamente de tal forma que proteja la Tubería y esté adecuadamente especificado para el uso final de la superficie.

Para profundidades menores a 0.90 m se recomienda usar material seleccionado compactado a más del 95% del proctor y densidad relativa mayor al 70%.

El encamado, cimentación, relleno inicial y final hasta la rasante, cuando hay carga viva presente debe ser seleccionado de acuerdo al requerimiento del uso que se le vaya a dar a la superficie final; vías, zonas verdes, etc.

NOTA: Si el material nativo es de buena calidad puede usarse como cimentación y relleno inicial. Mínimo ML-CL

Figura 21. Cimentación y relleno cuando la altura del relleno a clave es menor que 0.90m.



Los materiales empleados deberán ser conformes con los requisitos del proyecto. Así mismo, los materiales especificados en el anterior apartado también podrán emplearse en el relleno principal.

Una vez que el material de relleno se coloca alrededor del tubo y se compacta adecuadamente, el resto del relleno es colocado y compactado para prevenir asientos de la superficie. Existen diferentes tipos de equipos de compactación que se elegirán en función de los suelos disponibles. La pala mecánica de ruedas es la adecuada para arcillas cohesivas o sedimentos, y no es adecuado para suelos

granulares. Los rodillos de llantas de goma, los cuales proporcionan peso estático y acción de amasado, son efectivos para muchos suelos. Los rodillos vibratorios, son efectivos para materiales granulares

El material de relleno deberá ser compactable y no deber contener grandes piedras, guijarros, terrones helados u otros materiales desaconsejables. El relleno deberá ser colocado y compactado en capas según las especificaciones.

No se debe trabajar con maquinaria pesada sobre el tubo hasta que el relleno esté adecuadamente colocado y existan, al menos, 80 cm. de cobertura de tierras sobre la clave (excepto cuando el tubo esté dimensionado para ello).

Ilustración 15. Relleno utilizando equipo



Si el tubo no está debajo de una carretera, camino u otra estructura propuesta, y el asentamiento posible de la superficie no es crítico, se pueden usar métodos de inundación o de chorros de agua a presión para compactar el material de relleno. El sistema de la inundación de agua y el chorro a presión están limitados sólo para casos excepcionales, para compactar suelos suficientemente permeables para distribuir el exceso de agua y no deberán ser usados con suelos cohesivos. La zanja, después de alcanzar la saturación bajará de 15 a 45 cm. Después de la saturación inicial y el asentamiento, se impulsa el agua al relleno, a la profundidad del tubo en intervalos que varían de 8 a 16 cm. Este proceso es repetido hasta que la profundidad completa del material de relleno queda compactada.

4.7. NOTAS IMPORTANTES SOBRE INSTALACION

- CAMBIOS DE DIRECCION

En los sistemas de alcantarillado los cambios de dirección se realizan en general mediante cajas o pozos de inspección.

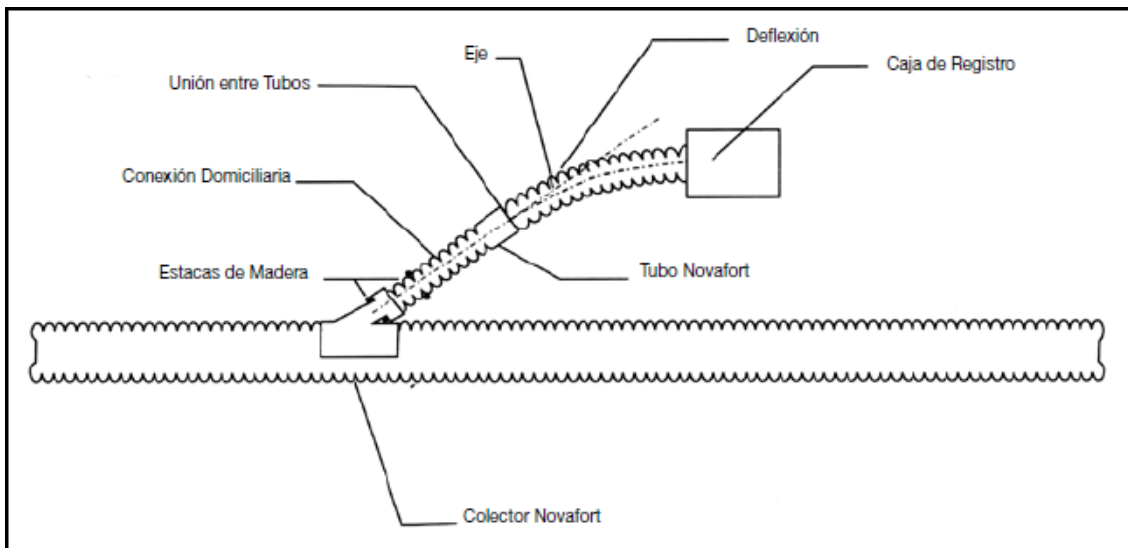
En tuberías Novaloc y Novafort cuando se instala el espigo dentro de la campana, no se deben producir tensiones sobre ésta, por lo tanto la Deflexión debe ser de 0

grados, así la campana podrá absorber de forma natural las Deflexiones provocadas por los asentamientos del terreno y movimientos sísmicos.

La Deflexión en la campana debe ser de 0 grados en colectores y conexiones domiciliarias. Cuando se requieran cambios de dirección menores de 6 grados en las conexiones domiciliarias, estos se pueden lograr aplicando flexión sobre el tubo y aislando la campana.

La Deflexión considerada es respecto al eje del tubo:

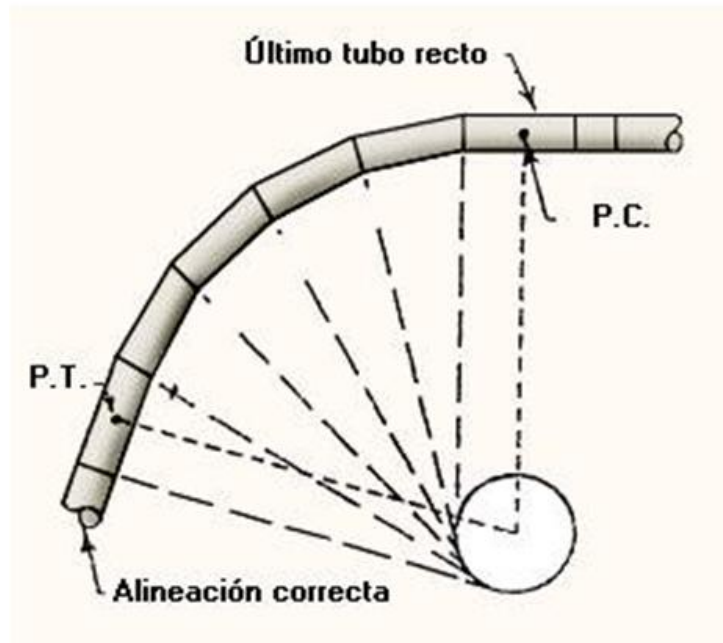
Figura 22. Deflexiones en las tuberías Novafort



Las deflexiones en tuberías de concreto y de gres se pueden lograr dejando un poco separada la campana del espigo en un extremo como muestra la figura 17. Las deflexiones máximas están consignadas en la tabla 2.

Figura 23. Deflexiones en tubos de concreto.





- **INSTALACION A LA INTEMPERIE**

Cuando la tubería instalada va a quedar expuesta a la radiación solar, debe cubrirse con un techo opaco o protegerse con una pintura que cumpla con las siguientes características:

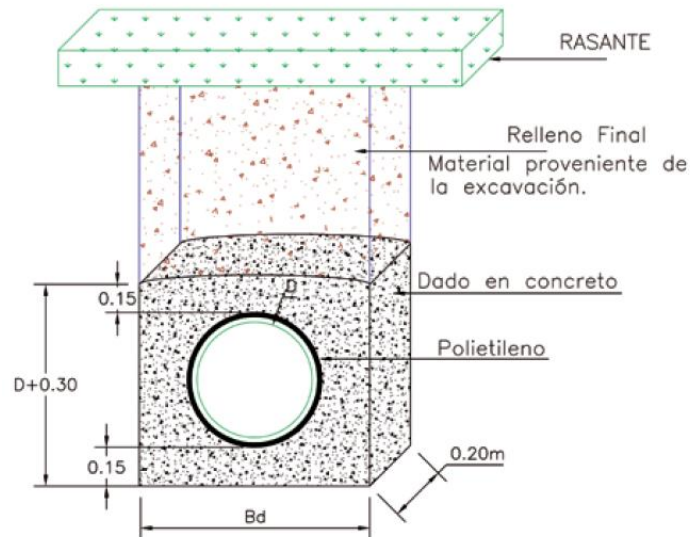
- No debe necesitar solvente ni tener base thinner. Esta sustancia no se comporta bien con el PVC
- Debe tener un componente reflectivo, como aluminio o similar
- Debe asegurarse la adherencia al PVC con la aplicación directa o a través de la aplicación de un "primer". Una de las formas de preparar la superficie es lijando suavemente en seco, limpiando con limpiador Pavco antes de aplicar la pintura.

- **INSTALACION EN PENDIENTES ALTAS**

Debe instalarse cimentación con material granular e instalar un dado de contención en cada unión como se indica a continuación.

Se habla de pendientes altas para pendientes mayores al 15% pero debe ser definida por el consultor de acuerdo con las condiciones específicas de cada proyecto.

Figura 24. Dado de contención en concreto para instalación en pendientes altas



- PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO

Cuando hay nivel freático presente, el encamado y al menos hasta $1/2D_{ext}$ (o hasta la altura del nivel freático), debe usarse material granular,

- CONDICIONES DE SUELO INESTABLE

Si el suelo natural es de muy mala calidad y el fondo de la zanja no es estable y no permite garantizar la estabilidad de la tubería, debe diseñarse sistemas de estabilización que garantice la sostenibilidad del sistema. Debe consultarse la opinión de un especialista en suelos y diseñar las estructuras adecuadas para la estabilización del fondo de apoyo de la tubería. Una solución puede ser usar Entibaciones o Tablestacas

- CONDICIONES EXTREMAS PARA EL MATERIAL

- El PVC es un material termoplástico que puede ser fundido aplicando calor, de tal forma que nunca debe instalarse, almacenarse o someterse a una fuente de calor que pueda deformarlo. La temperatura máxima a que puede transportar agua es de $60^{\circ}C$.
- No aplique solventes ni someta la tubería a contacto con estos.
- No someta la tubería a contacto directo con elementos punzantes, tales como herramientas metálicas o piedras angulosas mayores a $3/4"$.

5. INSTALACIONES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS ESPECIALES

5.1. MONTAJE DE LOS TUBOS.

Cuando el tamaño de la tubería es demasiado grande el peso de la misma es considerable, por lo tanto la instalación no es posible realizarla manualmente, lo cual implica utilizar algún equipo de construcción que pueda llevar a cabo el trabajo.

Para la bajada de los tubos se usan habitualmente las retroexcavadoras de obras, sirviendo también para este propósito las grúas ligeras montadas sobre los camiones de transporte. Los tubos de grandes diámetros requieren el empleo de grúas automóbiles.

Usualmente se utilizan excavadoras hidráulicas o retroexcavadoras ya que con ellas se realiza el proceso de excavación y mediante cadenas o algún tipo de sostén se bajan los tubos a la zanja para la instalación.

Ilustración 16. Instalación de tubería utilizando grúa o retroexcavadora



Para el correcto empalme y estanquidad de la unión es necesario que el tubo entrante se encuentre suspendido y concéntrico con el tubo ya instalado. Con ello se reduce el esfuerzo de montaje y la posibilidad de dañar el tubo durante el proceso. Las partes de la tubería que se ponen en contacto deberán estar sin daños, limpias y, si fuera necesario, secas en el caso de emplearse juntas rodantes y lubricadas en el caso de tratarse de juntas deslizantes.

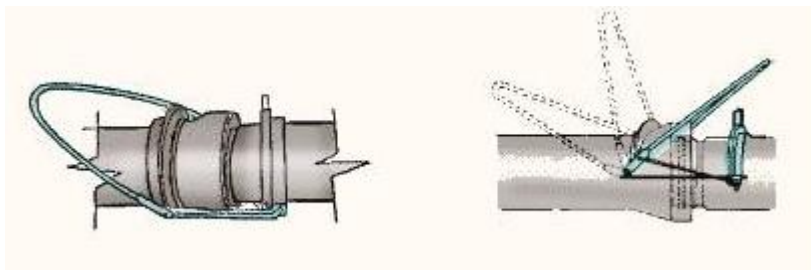
También se pueden emplear cargadores en la instalación de la tubería.

Ilustración 17. Instalación de tubería utilizando cargador



La suspensión de los tubos de pequeño diámetro se puede realizar con los mismos elementos utilizados para la bajada a zanja, pudiéndose emplear tiradores o palancas mecánicas para vencer el esfuerzo de conexión.

Ilustración 18. Instalación de tubería utilizando tiradores o palancas

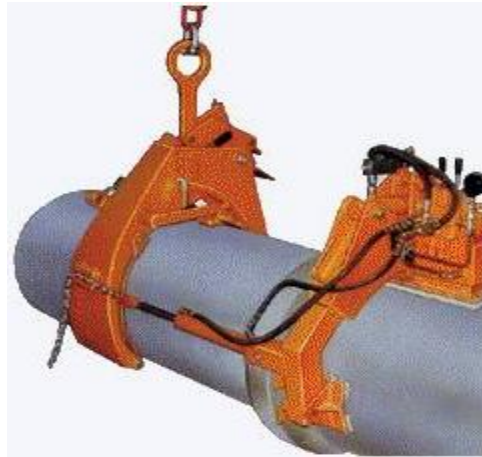


Estos útiles, en función del diseño de los conductos o del diámetro de las tuberías, pueden ser insuficientes o incapaces de producir la fuerza suficiente para vencer la resistencia que se les opone durante el proceso de unión de los tubos. Es por ello que, normalmente, se emplean hasta diámetros de tubería menores o iguales a 600 mm de diámetro nominal.

A partir de 800 mm de diámetro nominal puede alojarse dentro de la tubería una máquina junta tubos especialmente, diseñada para montar los tubos de grandes diámetros.

Este tipo de útil puede emplearse para montar tubos de hasta 3.000 mm de diámetro nominal.

Ilustración 19. Instalación de tubería con maquina junta tubos



Otro sistema de montaje de tubos de grandes diámetros (de 800 a 3.000 mm de diámetro nominal) consiste en alojar ganchos especiales durante la fabricación en el tubo. El montaje de dichos tubos se ejecutará mediante cadenas de montaje sujetas a los ganchos.

Ilustración 20. Instalación de tubería con ganchos y cadenas de montaje

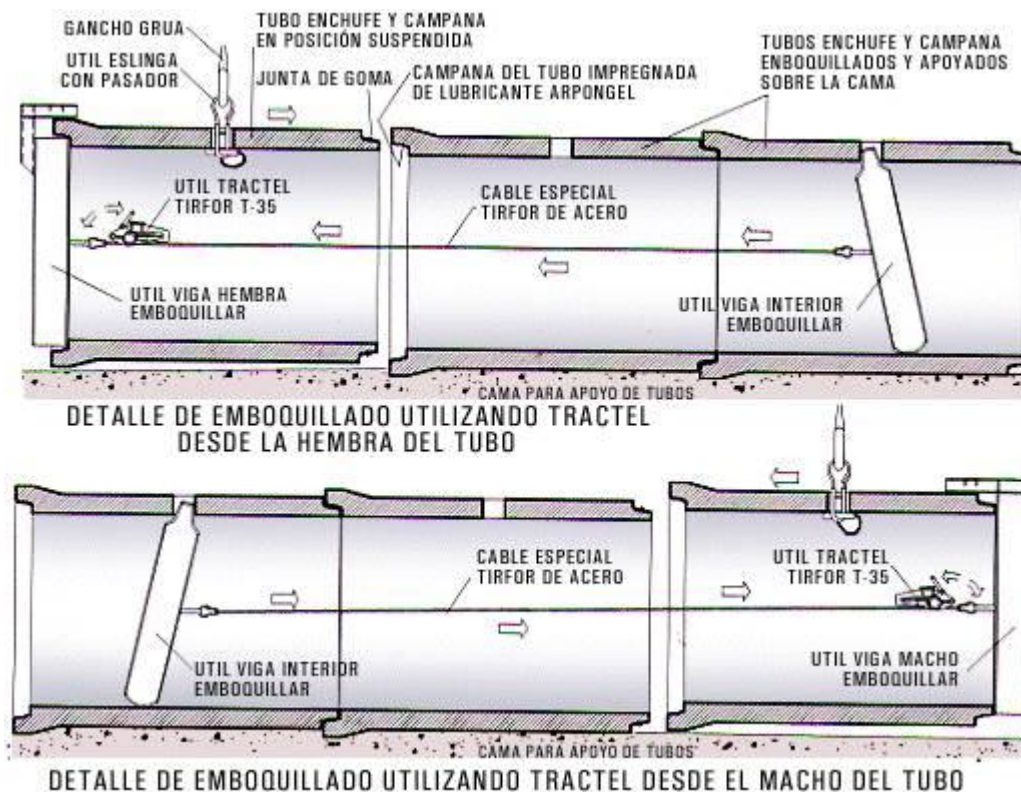


Una alternativa frente a los anteriores montajes para tubos de gran diámetro consiste en el empleo de tubos taladrados de origen en fábrica. En dicho taladro

se coloca una barra de anclaje conectada a un tráctel mientras que la barra del tubo que va a ser instalado sirve para mantener el tubo en suspensión para una correcta alineación

Finalmente, cuando disponen de solera de hormigón los tubos pueden montarse con el empleo de carretillas elevadoras.

Figura 25. Instalación de tubería perforada con tráctel.

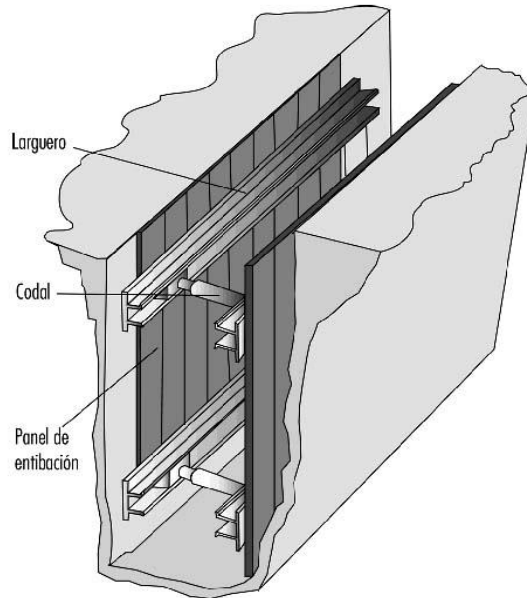


5.2. ENTIBACION Y TABLESTACA

La entibación de zanjas se utiliza para estabilizar excavaciones lineales. Con este nombre se engloban todos los sistemas de revestimientos y apuntalamientos de las paredes de la excavación. Se denomina entibación a la sujeción provisional por medios económicos y recuperables, instalados a mano o con elementos mecánicos poco importantes, de las paredes de la excavación. Este sistema se

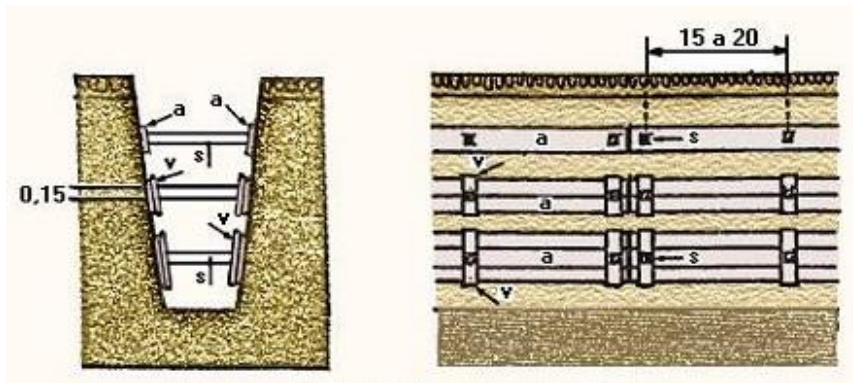
emplea en excavaciones que permiten acodalar o apuntalar el revestimiento de una pared contra la opuesta, transmitiéndose los empujes de las tierras de una a otra a través de los puntales y resultando compensados entre sí.

Figura 26. Entibado de zanja



En caso de terrenos secos y firmes, la entibación puede reducirse a la de la figura con tabloncillos, de más anchura (o mayor número) a medida que se profundiza, sujetos por codales separados de 1,5 a 2 m y constituidos por rollizos de madera sana, de unos 15 cm de grosor. En estos casos puede excavarse el fondo de las zanjas, dándoles ya la forma de la sección a recibir.

Figura 27. Entibado en suelos secos



Cuando existen terrenos superiores sueltos (generalmente diluviales o de acarreos) sobre otros compactos y, sobre todo (como es frecuente en las calles), la capa superior es de relleno y la inferior compacta, puede hacerse una entibación parcial, cuajada en la parte superior. Con ello queda libre la zona de trabajo propiamente dicha, que no suele presentar entibación o ésta puede ser mínima.

Figura 28. Entibado para instalación de tubería



Si el terreno está saturado de agua o se sobrepasase el nivel freático se puede hacer descender el nivel de agua u optar por el tablestacado. El descenso del nivel freático puede hacerse por simple drenaje natural por los laterales del fondo de zanja o por rebaje de la misma mediante bombeo.

En algunos casos puede llegar a requerirse la utilización de lanzas de drenaje o "well point". Durante el trabajo de instalación, las excavaciones se deberían mantener resguardadas del agua, por ejemplo agua de lluvia, infiltraciones, o agua procedente de fugas en las tuberías. Los métodos para el drenaje no deberán afectar al relleno envolvente y a las tuberías.

Se deben tomar precauciones para prevenir las pérdidas de los materiales finos durante el drenaje. Además, debe tenerse en cuenta la influencia del drenaje en los movimientos de tierra debidos al agua y la estabilidad de las áreas circundantes.

Al completar el drenaje deben sellarse adecuadamente los drenajes temporales.

Los acodamientos pueden emplearse para instalar plataformas escalonadas, que faciliten la extracción de tierras y descenso de materiales, cuando no se

emplean medios elevatorios. Este sistema, combinado con escalonamientos en las entibaciones, es el más adecuado para trincheras de gran profundidad, pues se facilita la hinca de los tablones.

Es aconsejable que la apertura de zanja, la colocación de las tuberías y el relleno, vayan lo más adecuadamente acompasados, para que ni aquella esté demasiado tiempo abierta, para evitar el peligro de desprendimientos, inundaciones o meteorización del terreno, ni daños a las tuberías o alcantarillas ya colocadas además de evitar posibles accidentes.

En caso de poblaciones sin servicios en el subsuelo, o en ensanches y zonas a urbanizar, en las que el alcantarillado vaya por delante de todo trabajo de urbanización, es preferible emplear máquinas excavadoras para las excavaciones.

5.2.1. PROCESO DE ENTIBADO Y TABLESTACADO

- Excavación de la zanja, a medida que se realiza la excavación, se disponen los elementos del entibado



- Hincada de tablestacas para sujeción de las paredes de la zanja, la hincada se puede realizar con un equipo especial para el proceso o utilizando la pala de una excavadora hidráulica o una retroexcavadora.



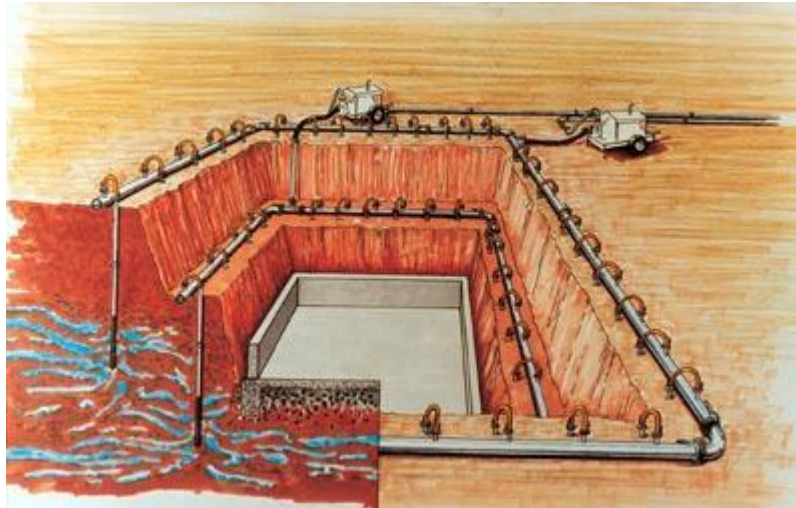
- Una vez sean hincadas las tablestacas se retira el entibado y se continúa el proceso de instalación de la tubería.

De igual manera cuando el suelo en el que se va a excavar es inestable o presenta nivel freático cercano a la superficie, que hace que las paredes de la zanja puedan colapsar, se puede utilizar un sistema de tablestacado, hincando en primer lugar la tablestaca y luego se realiza el proceso de excavación e instalación.

5.3. SISTEMA WELL POINT

Este método se utiliza para medios con baja permeabilidad donde el agua no llegaría por gravedad a los pozos. Esta alternativa consiste en la introducción de una serie de puntas filtrantes, recogidas a nivel de la superficie en una tubería colectora la cual se conecta a una bomba de aspiración que produce el achique. Así se puede rebajar la cota de agua en aproximadamente unos 7 cm. En caso de requerir más reducción, se establece un sistema escalonado. Su mayor eficiencia, dado su diseño, se presenta en arenas de grano medio, de comportamiento no plástico. Es igualmente aplicable en otros tipos de terrenos (arcillas, arenas mezcladas, limos).

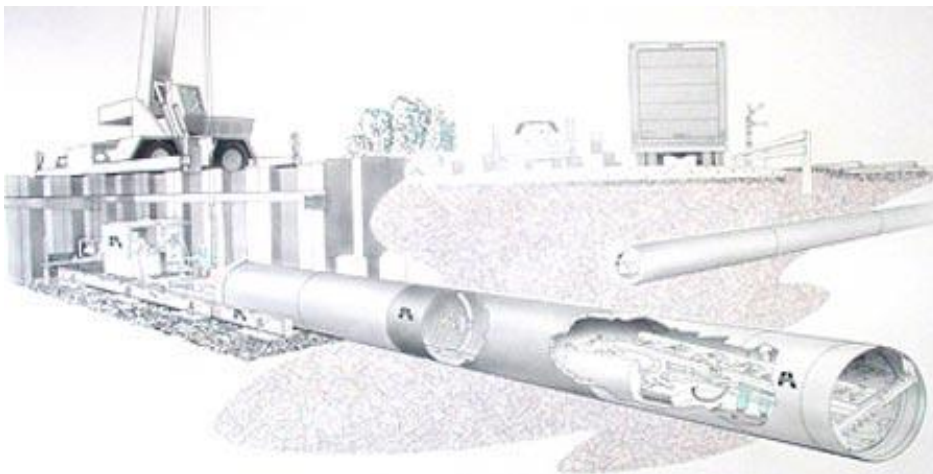
Figura 29. Sistema Well point



5.4. HINCA DE TUBOS

El Hincado de Tuberías es un método para instalar tuberías subterráneas con una mínima ruptura de la superficie. Con este proceso se utilizan cilindros hidráulicos para empujar tuberías especialmente diseñadas para hincado a través del terreno detrás de un escudo manejable o de una máquina perforadora de túneles (MPT). El operador se localiza dentro de la MPT o en el carro de transporte.

Ilustración 21. Hincado de tubería



El hincado de tuberías ha demostrado ser una alternativa barata, confiable y menos destructora que las instalaciones a cielo abierto.

Existen tuberías especiales para la hinca, utilizando juntas diseñadas especialmente para tal proceso.

Ilustración 22. Tubería especial para hincado



Cuando se recurre a instalación por hinca, los puntos de referencia se sitúan en el fondo de los pozos desde los que se aplica el empuje.

Los cambios de dirección conviene efectuarlos en los pozos de registro. No obstante es posible efectuar ligeros cambios de dirección o curvas de gran radio con tubos de unión elástica. Los cambios de dirección pueden ser realizados con tubos rectos con deflexión, tubos con curvatura o especiales. El método usado en cada caso dependerá de las características de instalación y fabricación. Este debe ser establecido antes de la excavación de la zanja.

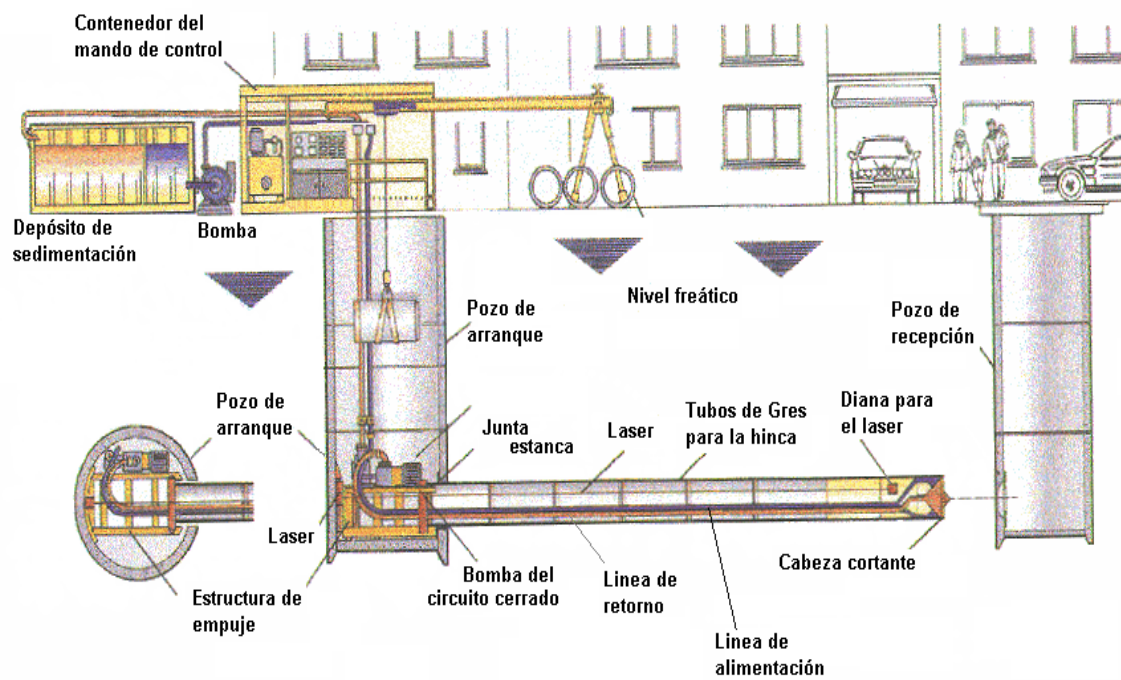
Las estaciones intermedias de hincado también pueden usarse con cualquier otro sistema de hincado de tuberías y puede recomendarse perfectamente para hincados más largos y ciertas condiciones de terreno.

Los sistemas se calibran para instalar tubos de 112 cm (44") a 426 cm (168") de diámetro exterior en la mayoría de condiciones de suelo. Se pueden alcanzar longitudes de 1000 pies. Precisión laser en inclinación y control de la alineación y pendiente.

Ilustración 23. Control del sistema de hincado.



Figura 30. Proceso de hincado de tubería

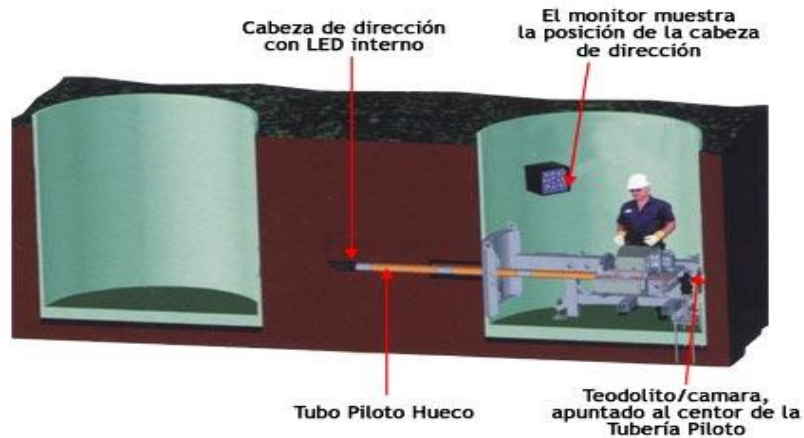


5.5. METODO DE PERFORACION GUIADA

5.5.1. PASO 1. INSTALACION PRECISA DE TUBERIA PILOTO

El primer paso en el método de perforación guiada es la instalación del tubo piloto en cuanto a pendiente y alineación. El tubo piloto es un tubo redondo

que se inserta a través del suelo desde la lumbrera de lanzamiento a la lumbrera de recepción. Al extremo del tubo piloto se encuentra el cabezal de dirección con punta angulada.

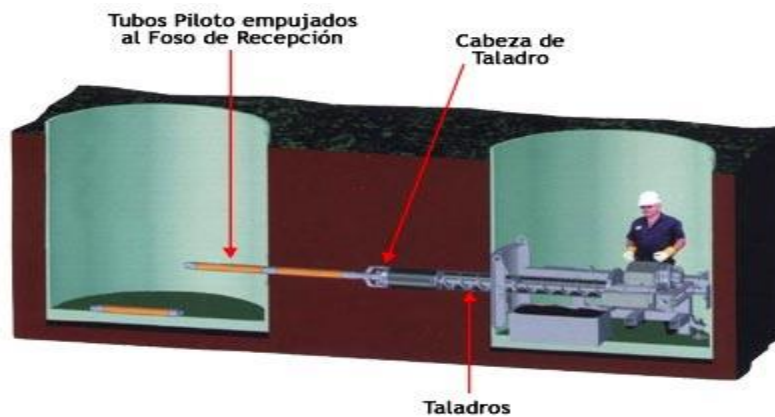


En el cabezal de dirección se encuentra un LED (Light-Emitting Diode) como blanco luminoso que es visible al operador por medio de un teodolito, cámara y monitor. El teodolito se fija en pendiente y alineación, y está ubicado para ver el objetivo a través del hueco del tubo piloto, visible en el monitor junto con el blanco luminoso. El operador gira el cabezal de dirección tanto como sea necesario para mantener la alineación y pendiente requeridos. Este paso se completa cuando el cabezal de dirección alcanza la lumbrera de recepción.

Los tubos piloto de diseño de doble pared permiten tener un medio para lubricar el eje piloto mientras pasa por el terreno. Esta lubricación hace que sea menor la fuerza que se necesita para el empuje y rotación durante el hincado.

5.5.2 PASO 2. SEGUIMIENTO DEL TUBO PILOTO

Es seguir el tubo piloto con una cabeza de redondeo y/ o un eslabón de empalme giratorio para emparejar al diámetro del tubo a instalar. El GBM instala tubería de 10.16 CMS. (4") a 60.96 CMS. (24") de diámetro exterior y están disponibles diferentes tipos de accesorios para trabajar en distintas condiciones de suelo.

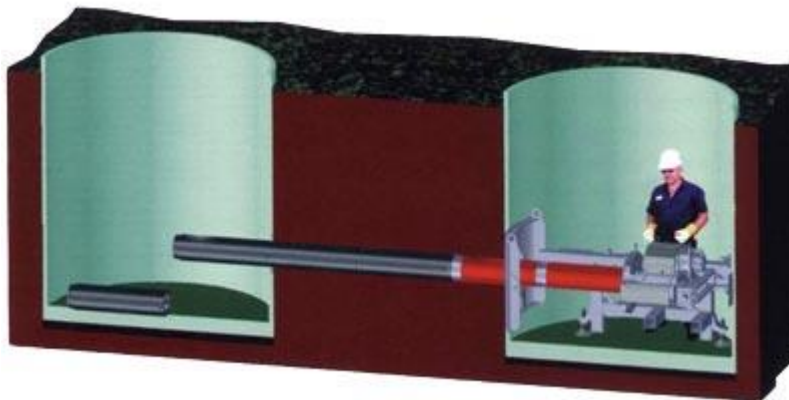


Con la adición de cada sección de tubo taladro en la lumbrera de hincado se quita una sección de tubo piloto en la lumbrera de salida.

El proceso sigue hasta que los tubos taladro llegan a la lumbrera de salida, punto en el que ya todas las secciones de tubo piloto han sido retiradas.

5.5.3. PASO 3. INSTALACION DE LA TUBERIA DEFINITIVA

El tercer paso es la instalación de la tubería definitiva. Un adaptador de tubo se instala en la última sección de taladro para emparejar la perforación con el de la tubería definitiva.



Mientras se introduce el tubo en su lugar, los taladros se van quitando en la lumbrera de salida. Este procedimiento continúa hasta que la tubería definitiva llega al foso de recepción.

Con la instalación de la tubería definitiva, la tarea se cumple con el mínimo de molestias e interrupción de actividades en la zona que rodea el área de trabajo.

5.6. MICROTUNELEO

El microtúneleo es un tipo de tecnología de construcción sin zanja que se define como el Hincado de tuberías a control remoto (la entrada de personal no se requiere). El microtúneleo es un método sumamente preciso.

Guiado por un láser para instalar tuberías en diferentes condiciones del terreo desde tierra suave fluyendo hasta roca dura. Sistemas de microtúneleo de presión equilibrada de lodos permiten realizar instalaciones debajo del nivel del agua freática o en tierra muy húmeda sin la necesidad de eliminar el agua.

Una máquina perforadora de Microtúneles (MPMT) guía el curso y excava el terreno. Simultáneamente, el lodo se bombea a la MPMT, se mezcla con la tierra y se bombea a la superficie para su separación. Sin el Hincado de Tuberías convencional, se utilizan cilindros hidráulicos para avanzar la tubería y la MPMT. Las máquinas de microtúneleo están disponibles para tamaños de tubería de 600 mm (24") a 2300 mm (90") de diámetro exterior.

Ésta tecnología de punta aporta a usted la máquina de microtúneleo más avanzada en la industria, El sistema de microtúneleo está diseñado para ser confiable, fácil de usar y de una alta productividad en una amplia gama de condiciones. El operario controla las funciones de la operación del microtúneleo desde el contenedor de control.

Ilustración 24. Control del proceso de microtúneleo.



Basado en un software amigable de Windows permite al operario monitorear y controlar todas las funciones de microtúneleo e hincado desde una sola ubicación. La pantalla del objetivo (monitor de la izquierda) muestra todos los datos críticos del tuneleo.

En los monitores adicionales se puede observar información adicional y ver las imágenes de las video cámaras.

Ilustración 25. Maquinas microtuneladoras.



Las máquinas perforadoras de microtúnel (MTBM) están disponibles en muchos diámetros diferentes. Los cortadores se ofrecen en diferentes configuraciones para adaptarse mejor a las condiciones del suelo.

5.6.1. PROCESO DE MICROTUNELEO

- Pozo de ataque: Debe tener espacio suficiente para alojar los componentes de la hincada y proteger la zona de trabajo. Su pared posterior ha de ser capaz de resistir los empujes previstos para colocar la tubería



- La cabeza perforadora o microtuneladora, formada básicamente por el cabezal de ataque donde van colocados los grupos eléctricos, oleo hidráulico y compresor así como los depósitos de aire y combustible y las distintas coronas de corte dependiendo de los terrenos a perforar. En esta sección suelen incluirse los cuadros eléctricos y automatismos, así como el pupitre de control y la cabeza de guiado, por lo que el operario-maquinista dispone de total información durante el trabajo. El pupitre de mando ofrece la situación exacta de los gatos hidráulicos para el direccionamiento de la cabeza, pudiendo corregir las posibles desviaciones de trayectoria. Estos equipos suelen ir dotados de un sistema de guiado por láser para conocer en cada momento la posición real.
- Elemento de empuje: formado por un sistema de cilindros hidráulicos en número adecuado al diámetro de los tubos que, a través de una corona para repartir esfuerzos, empuja sobre los tubos para introducirlos en la perforación. Dado que los cilindros hidráulicos tienen un recorrido limitado, se colocan unos postizos a medida que el tubo va introduciéndose con el fin de no parar el avance.



La longitud de una perforación viene condicionada por la máxima presión que pueden desarrollar los cilindros y, por otra parte, por la resistencia que ofrece la compresión longitudinal de la tubería.

5.7. TUNELEO

Un proceso constructivo que toma fuerza en los últimos años es el tuneleo, logrando realizar todas las actividades de obra sin interferir o perturbar la normalidad de la superficie. Mediante este proceso se alcanza la instalación de

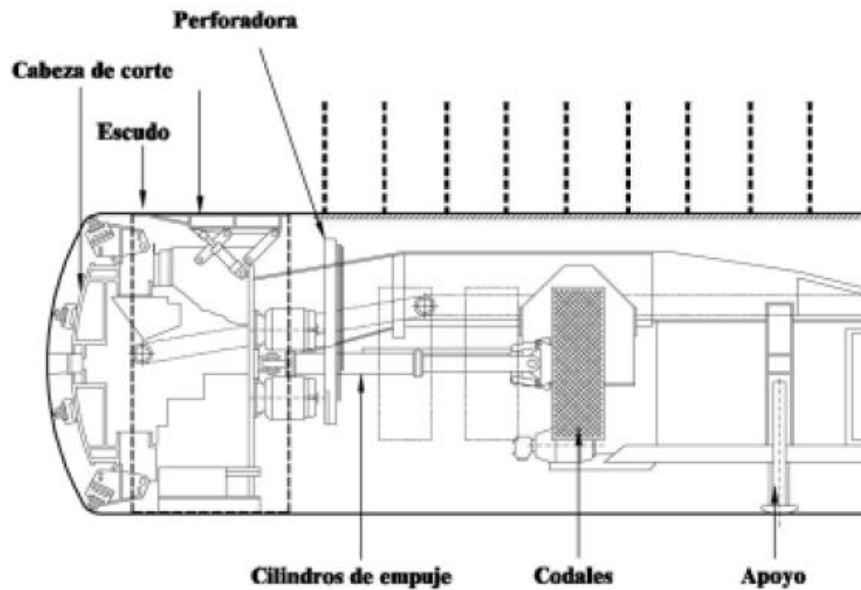
tuberías o colectores de gran diámetro. Dependiendo de la naturaleza de los materiales por excavar, se debe seleccionar la máquina para la construcción del túnel. Básicamente se pueden clasificar cuatro tipos de máquinas tuneladoras:

- Tuneladoras de roca dura
- Máquinas de escudo de presión de tierras balanceada
- Hidroescudos
- tuneladora de última generación

5.7.1. TUNELADORAS DE ROCA DURA (TBM)

Las tuneladoras de roca dura TBM (Tunnel Boring Machine: También llamadas topos, son máquinas que funcionan empujando discos metálicos contra la roca produciendo su fragmentación.

Figura 31. Tuneladora TBM



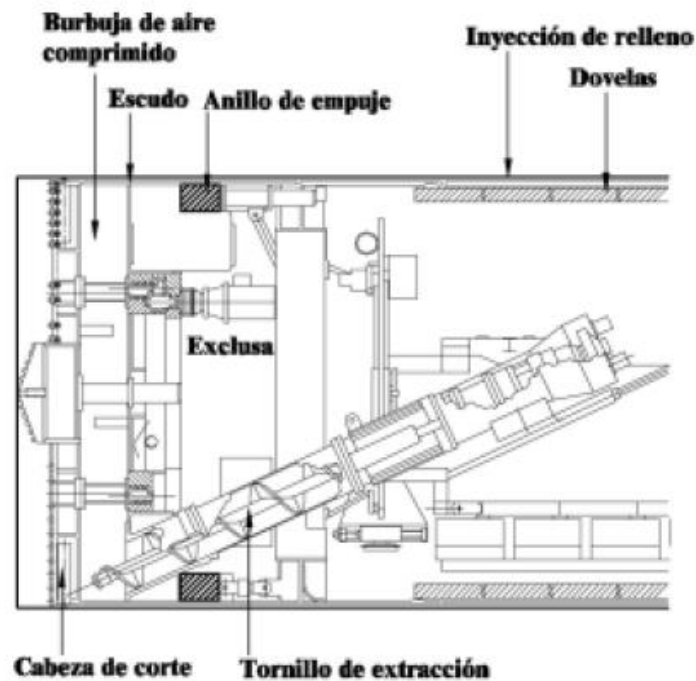
La excavación se realiza mediante discos cortadores empujados contra el frente y se retira los escombros mediante cangilones, transportándolos por cinta axial. El revestimiento del túnel puede hacerse mediante la propia roca, concreto encofrado o concreto bombeado.

La misma Máquina Perforadora de Túneles (TBM) puede ser utilizada para el hincado de tuberías y para excavar túneles. La TBM excava la tierra y previene el colapso en el frente de la perforación mientras dirige el curso correcto para la tubería.

5.7.2. TUNELADORA DE ESCUDO DE PRESION DE TIERRA BALANCEADA (EPB)

Las máquinas de escudo de presión de tierras balanceada (EPB Earth Pressure Balanced) son empleadas cuando el frente de excavación no es estable, funcionan con una cámara que se mantiene bajo presión en el frente de excavación en la que el suelo se hace pasar a través de un escudo.

Figura 32. Tuneladora EPB



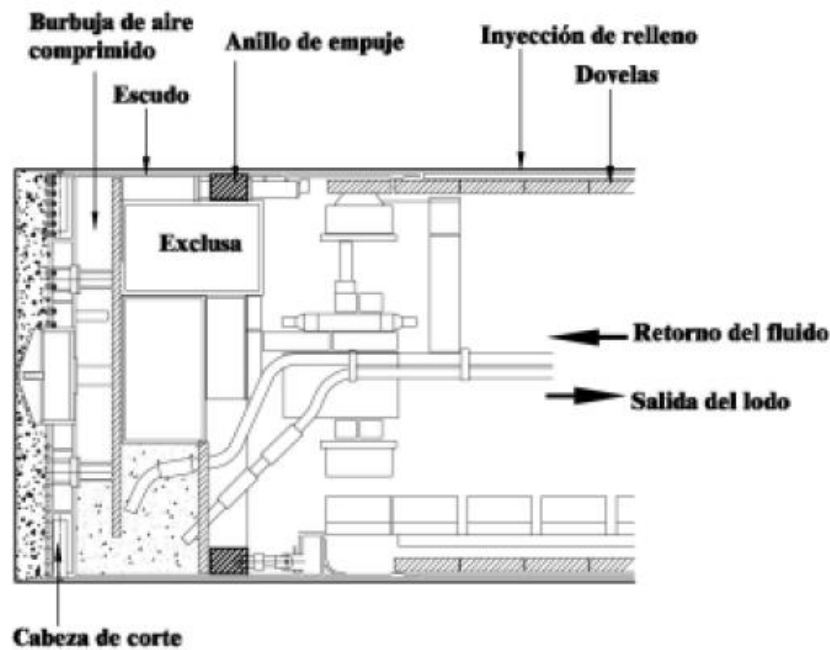
La excavación se realiza mediante cindeles que giran contra el terreno, se retiran los escombros mediante tornillo de Arquímedes o tornillo sin fin y se transportan por cintas. El revestimiento se hace con dovelas.

5.7.3. TUNELADORA DE HIDROESCUDO

Los Hidroescudos son máquinas tuneladoras especiales para trabajar en arenas sueltas o gravas arenosas, la diferencia con los EPB es que la presión en la cámara se logra mezclando el terreno excavado con un lodo de agua y arcilla (slurry) por lo cual la extracción del material se hace a través de bombeo.

La estabilidad del frente se logra, por tanto, con el lodo de bentonita (Hidroescudos), o mediante una mezcla más o menos plástica de terreno, que se consigue añadiendo unas espumas o polímeros (E.P.B.).

Figura 33. Tuneladora de hidroescudos



La excavación se realiza mediante cinceles que giran contra el terreno, se retiran los escombros mediante bombas de lodo y se transportan por bombas de lodo, el revestimiento se hace con dovelas.

5.7.4. TUNELADORA DE ÚLTIMA GENERACION.

Un cuarto tipo de máquina tuneladora de última generación recogen las características de las TBM y las EPB, trabajando en roca dura en modo “abierto” y en suelos en modo “cerrado”, cuando la excavación se acomete en roca, la herramienta corte la constituyen un conjunto de discos metálicos que hacen la función de la TBM, cuando se excavan suelos finos los discos son reemplazados por unos elementos en forma de pala (scrappers que cortan el suelo).

6. ESTRUCTURAS DE RECOLECCION Y DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES Y SANITARIAS

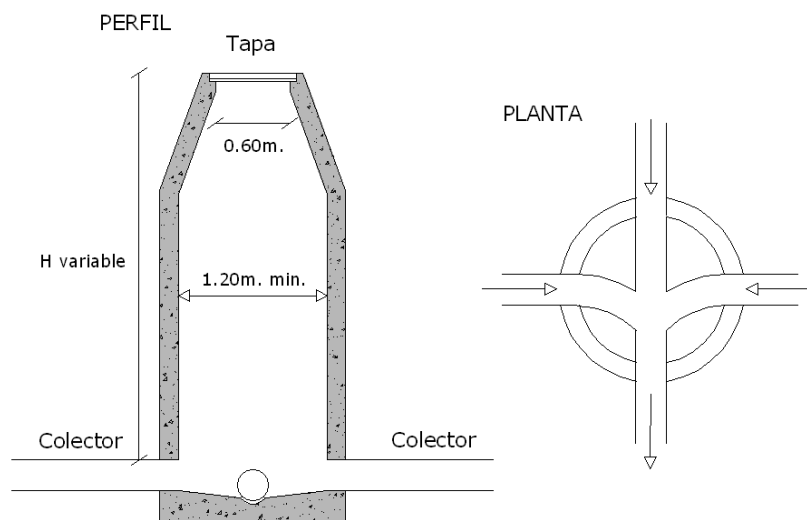
6.1. CAMARAS DE INSPECCION

Son estructuras que se construyen en concreto cubiertas con una tapa removible, generalmente con una sección tronco cónica en su parte superior, en el caso de cámaras para colectores medianos el diámetro interno mínimo es de 1.20m. Sirven como medio de ventilación del alcantarillado, para inspección y mantenimiento del mismo y para realización de labores de limpieza de los colectores.

Las cámaras de inspección deben construirse en los siguientes casos:

- al inicio de un colector o alcantarillado
- Siempre que haya una intersección de colectores
- Siempre que se presente un cambio de pendiente
- En todo cambio de material, forma o diámetro de un colector
- En cualquier colector que tenga un ángulo de deflexión mayor a 60°
- En aquellos colectores en curva que sean de difícil acceso deben construirse cámaras de inspección más o menos cada 40m.
- Cuando son tramos rectos de colectores, la distancia entre cámaras de inspección no debe sobrepasar los 120m.

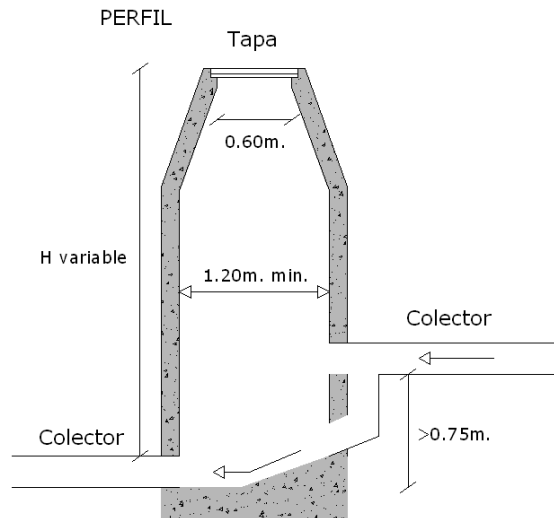
Figura 34. Cámara de Inspección



6.2 CAMARAS DE CAIDA

Son estructuras muy semejantes a las cámaras de inspección pero tienen un tubo bajante auxiliar que conduce las aguas de una o varias de las tuberías que llegan a la cámara hasta el fondo de la misma. Es necesario construirlas cuando la diferencia entre cota batea de una tubería que llega a la cámara y la cota batea de una tubería de salida es mayor de 0.75m.

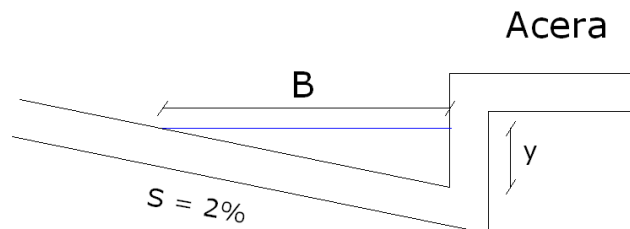
Figura 35. Cámara de caída

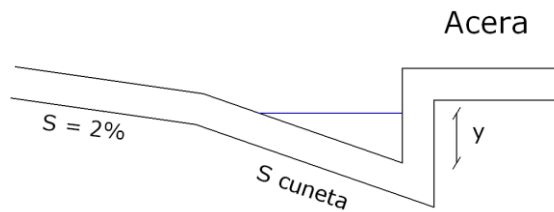


6.3. CUNETAS

Se refiere a la zanja lateral paralela al eje de la carretera o del camino, construida entre el borde de la calzada y el pie del talud. Su sección transversal es variable según sea la sección del diseño. Siendo común la de forma triangular. También se pueden construir de forma trapezoidal y cuadrada. La forma triangular es preferible porque facilita su limpieza por medios mecánicos.

Figura 36. Detalle de cuneta bordillo.





6.3.1 DISEÑO HIDRAULICO

El cálculo hidráulico de las cunetas puede realizarse de acuerdo con la formula de Manning.

$$V = \frac{R^{2/3} + S^{1/2}}{n}$$

$$Q = Am.V$$

Donde:

- V: Velocidad del agua en la cuneta (m/s)
- Q: Caudal (m³/s)
- Am: Área mojada de la sección transversal (m²)
- R: Radio Hidráulico (m)
- S: Pendiente longitudinal (decimal)
- N: Coeficiente de rugosidad de Manning

Para el cálculo hidráulico de una cuneta bordillo y de la figura 34 se tiene que:

$$Am = \frac{B \cdot y}{2} \text{ (Area mojada)} \quad y \quad Pm = y + \sqrt{B^2 + y^2} \text{ (perímetro mojado)}$$

Donde:

- B: Longitud de la lamina de inundación. (m)
- Y: Altura de la lámina de agua en el borde de la acera (m)

El valor de “y” comparado con “B”, es muy pequeño, luego se puede despreciar y del radical de la ecuación del perímetro mojado, así:

$$Pm = y + B$$

Luego el radio hidráulico será:

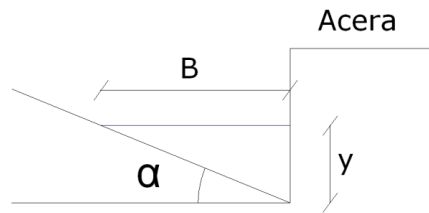
$$R = \frac{Am}{Pm} = \frac{B \cdot y}{2(y + B)}$$

De igual manera en esta formula el "y" del denominador que es un valor muy pequeño puede obviarse, luego

$$R = \frac{y}{2}$$

La pendiente transversal está dada por:

$$\tan \alpha = \frac{y}{B} \quad \text{Entonces} \quad B = \frac{y}{\tan \alpha}$$



Si hacemos $z = \frac{1}{\tan \alpha}$ (inverso de la pendiente transversal de la cuneta) tenemos que

$$B = y \cdot z,$$

Así remplazando esta última ecuación y la ecuación del perímetro mojado en la formula de Manning tenemos que:

$$Q = \frac{0.315 \cdot z \cdot y^{8/3} \cdot S^{1/2}}{n}$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

S: Pendiente longitudinal (decimal)

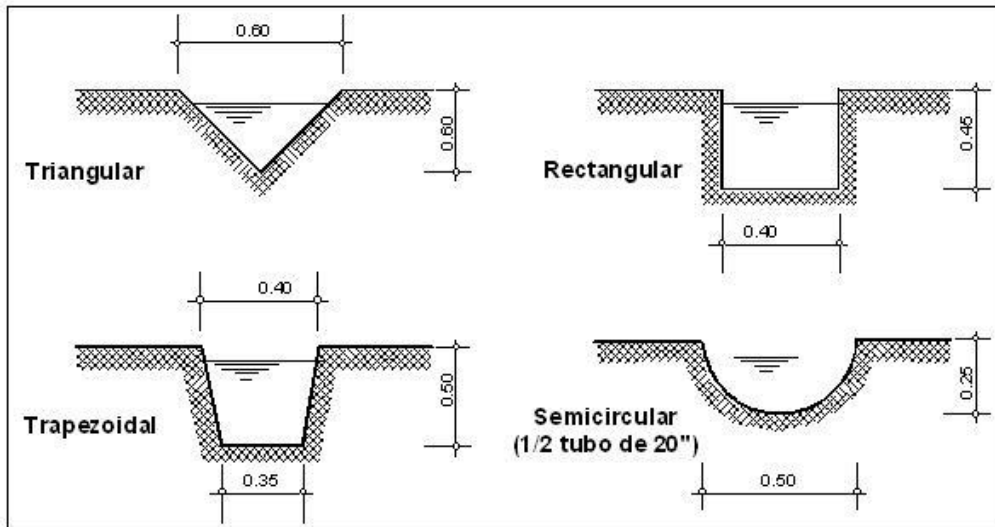
y: Altura de la lámina de agua en el borde de la acera (m)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

6.3.2 ALGUNAS SECCIONES TÍPICAS DE CUNETAS

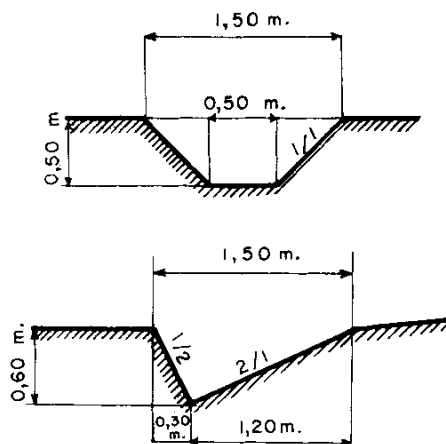
El área hidráulica de la cuneta debe estar en el rango 0.18 – 0.20 m² y las dimensiones recomendadas, según el tipo de cuneta, son las que aparecen en la siguiente ilustración tomada de la página www.carreterasvias.blogspot.com.

Figura 37. Dimensiones recomendadas de cunetas



Según Jean Le Ray⁷, las cunetas pueden presentar la sección trapezoidal tradicional o una sección triangular cuando se abren y mantienen mecánicamente con la niveladora. Su anchura externa es de 1 a 1,50 m., según los casos.

Figura 38. Cunetas en terreno natural



⁷ JEAN LE RAY, Conservador de aguas y montes, Centre technique forestier tropical, Nogent-sur-Marne, Francia

6.4. SUMIDERO

Dispositivo de captación o Receptáculo situado en una cubierta que recoge el agua de la misma y la canaliza hasta un bajante de aguas pluviales. Pueden ser de varios tipos y su selección está determinada por Características topográficas, grado de eficiencia del sumidero, importancia de la vía y por la posibilidad de arrastre y acumulación de sedimentos en el sector. Los principales tipos de sumideros que se emplean son.

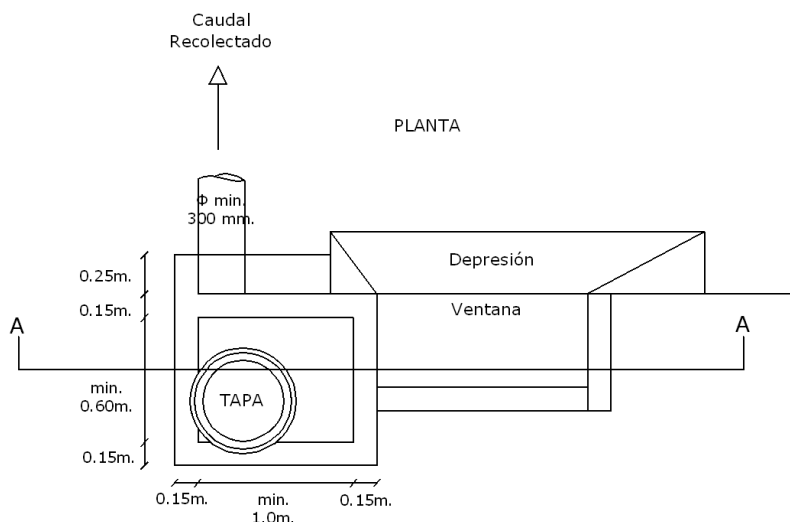
- De ventana
- De rejillas en cunetas
- De rejas en calzada

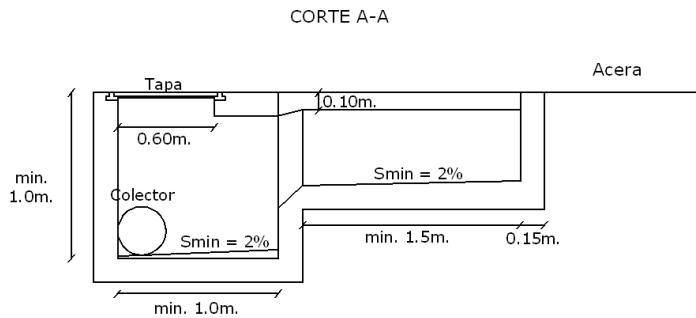
6.4.1. SUMIDEROS DE VENTANA

Consiste en una caja de recolección ubicada directamente debajo de la acera, con ventana lateral coincidiendo con el borde de la misma que permite la captación del agua que escurre en la cuneta o borde de la acera.

El sumidero de ventana tiene la ventaja de que por su ubicación no representa estorbo al tránsito, sin embargo su mayor inconveniente radica en la facilidad de penetración de objetos de cierto tamaño que puedan ser arrastrados, así como de sedimentos que obstruyen y disminuyen su capacidad de captación.

Figura 39. Sumidero de ventana





El sumidero de ventana se puede construir como se muestra en la figura 37 que consta de una caja de entrada y una caja de salida o simplemente se construye una sola caja con reja en ventana.

6.4.1.1. DISEÑO HIDRAULICO

Los sumideros de reja en ventana se pueden calcular como un vertedero lateral con caída libre y para ello puede utilizarse la siguiente expresión:

$$Q = 1.84 \cdot L_n \cdot H^{3/2}$$

Donde:

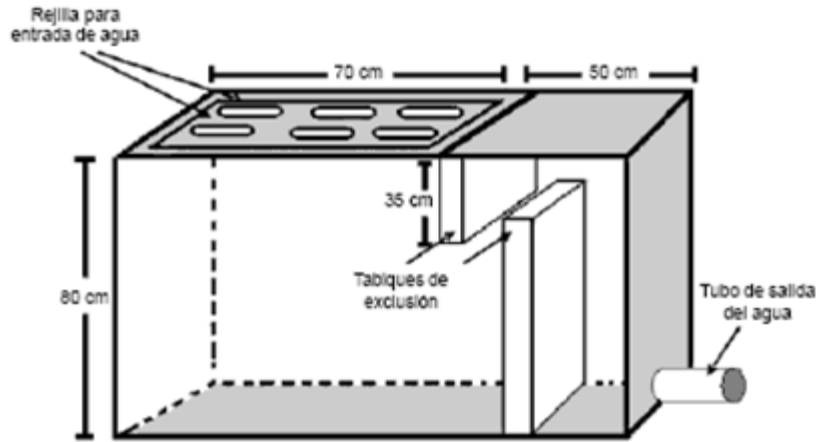
Q: Caudal de captación (m³/s)
 Ln: Longitud neta de la rejilla (m)
 H: Altura de la ventana (m)

Se recomienda que la altura de la ventana sea menor que 0.15m.

6.4.2. SUMIDEROS DE REJAS EN CUNETAS

Consiste en una caja colocada en la cuneta, la cual se cubre con una rejilla, preferiblemente con barras en sentido paralelo a la corriente; sin embargo, a fin de lograr mayor resistencia estructural con frecuencia se colocan inclinadas, esto también favorece al tránsito de bicicletas. Presentan inconvenientes frecuentes por deterioro de las rejillas, ocasionado por el tránsito y estacionamiento de vehículos, sin embargo su mayor ventaja radica en su mayor capacidad de captación para pendientes pronunciadas de las calles.

Esquema de uno de los principales modelos de sumideros construidos en la ciudad de Cali, sumidero sinfónico. (Diseño esquematizado por R. González y N. Carrejo)



6.4.2.1 DISEÑO HIDRAULICO

La norma RAS recomienda que para evaluar la longitud de la captación se puede emplear la siguiente fórmula:

$$L = 0.949. Vm. h^{0.5}$$

Donde:

L: Longitud libre o neta de la rejilla (m)

Vm: Velocidad media de aproximación del agua en la cuneta (m/s)

h: Lamina de agua medida desde la superficie de la misma hasta la rejilla (m)

Para calcular el volumen de agua se utiliza:

$$Q = 1.65. Lp. h^{3/2}$$

Donde_

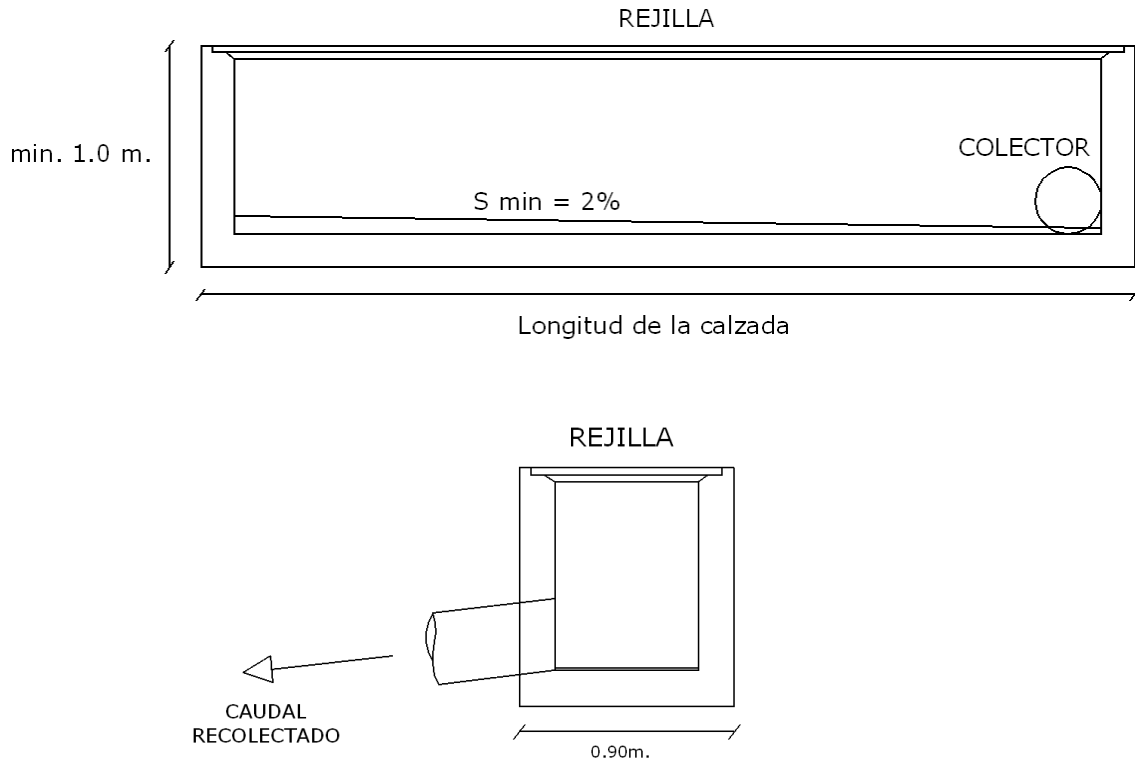
Q: Volumen de agua en el sumidero (m³/s)

Lp: longitud del perímetro en el sumidero (m), si se tiene un lado adyacente al andén no se incluye en el perímetro.

6.4.3. SUMIDERO DE REJAS EN CALZADA.

Consiste en una caja transversal a la vía y a todo lo ancho de ella, cubierta con rejas, con barras diagonales generalmente o paralelas a la vía.

Figura 40. Sumidero en calzada



6.4.3.1. DISEÑO HIDRAULICO

El diseño hidráulico de la rejilla de un sumidero en calzada puede calcularse con la siguiente expresión:

$$Q = k \cdot An \cdot \sqrt{2gh}$$

Donde:

Q: Caudal de captación (m³/s)

An: Área neta de la rejilla (m²)

k: Coeficiente que depende de la forma de las aristas de entrada a la rejilla. Para casos prácticos puede tomarse como 0.60.

h: altura de la lámina de agua a la entrada (m)

6.5. ALIVIADERO.

Los aliviaderos son estructuras que permiten diversificar los caudales a partir de una cierta condición de flujo determinada por la relación de dilución.

En sistemas unitarios o combinados, resulta ventajoso permitir el alivio de un determinado caudal, a fin de lograr reducir los diámetros de los conductos, a partir del punto del aliviadero.

El caudal aliviado se descarga a un canal cercano y el caudal menor continua hacia la planta de tratamiento o el sitio distante admitido para la descarga de las aguas sanitarias.

Sin embargo, para que el aliviadero pueda permitirse, en el caso de un sistema combinado debe obtenerse un caudal de aguas pluviales que logre una dilución de las aguas sanitarias capaz de ser tolerable para el curso receptor en el sitio de alivio. Las autoridades sanitarias fijan criterios particulares para cada curso receptor, atendiendo a las características del efluente, de la capacidad de auto purificación, a los caudales de dicho curso y a su cercanía a centros poblados.

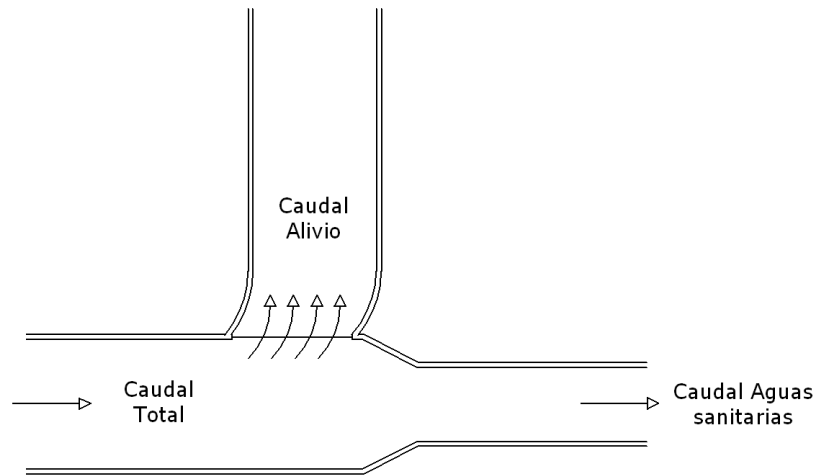
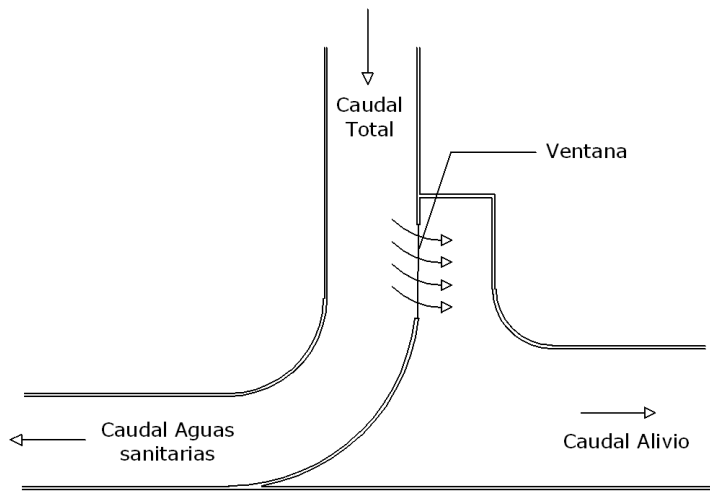
Los aliviaderos son estructuras que permiten diversificar los caudales a partir de una cierta condición de flujo determinada por la relación de dilución.

Los tipos de aliviaderos más comunes son los aliviaderos laterales y los aliviaderos de salto.

6.5.1. ALIVIADEROS LATERALES.

Consiste en una abertura o ventana abierta en un conducto, a fin de permitir la descarga de un exceso de gasto a un canal de alivio, permitiendo que caudales menores continúen hacia el sistema de aguas servidas.

Figura 41. Aliviadero lateral



6.5.1.1. DISEÑO HIDRAULICO

el diseño hidráulico del aliviadero lateral consiste en dimensionar la ventana lateral. La cresta del vertedero lateral estará a la altura desde el fondo del conducto (z) equivalente al tirante de agua definido por el caudal correspondiente al gasto medio de aguas sanitarias (Q) multiplicado por la relación de dilución. De esa manera cualquier caudal Q menor que DQ continuara por el canal reducido de aguas sanitarias hasta la planta de tratamiento o descarga permitida. Cuando

el caudal exceda DQ el aliviadero comenzara a trabajar, permitiendo la descarga al sitio cercano, previamente autorizado para tal fin.

Muchas expresiones experimentales han sido utilizadas en el diseño de aliviaderos laterales, siendo la propuesta por el profesor Harold E. Babbit de la universidad de Illinois, U.S.A. una de las más generalizadas.

$$L = 7.55 V. d. \log\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

Donde:

L: longitud del vertedero (m)

V: velocidad de aproximación (m/sg)

d: diámetro de la tubería (m)

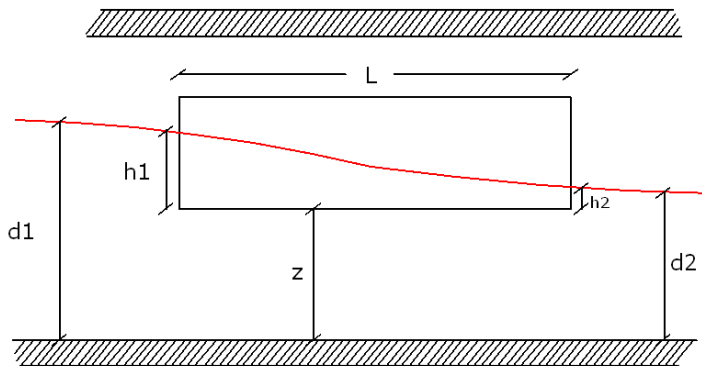
h_1 : altura inicial de agua sobre la cresta del vertedero (m)

h_2 : altura final de agua sobre la cresta del vertedero (m)

Las limitaciones a la expresión de Babbit son:

- La altura de la cresta del vertedero (z) debe estar comprendida entre $d/4$ y $d/2$.
- La cresta del vertedero es de pared delgada y paralela a la solera del tubo.

Figura 42. Vertedero del aliviadero lateral



Otra formula para calcular la longitud del vertedero lateral del aliviadero se basa en expresiones obtenidas empíricamente y es la propuesta por Gomez Navarro.

$$L = \frac{Qv}{0.75. h^{3/2}}$$

Donde:

L: Longitud del vertedero (m)

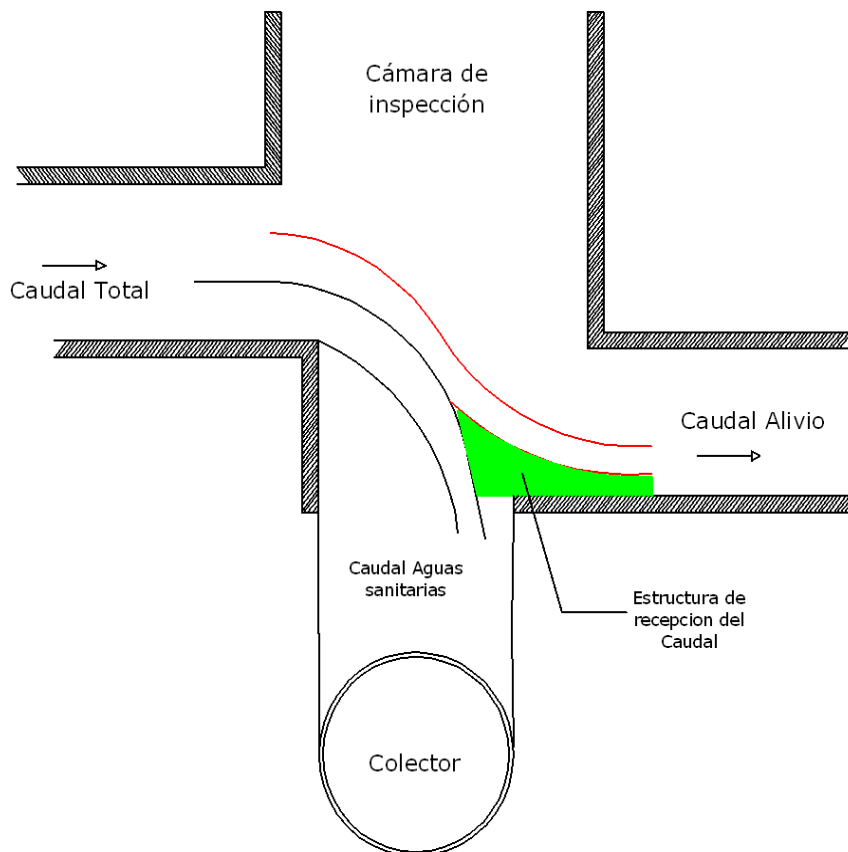
Q_v : Caudal a verter (m^3/s)

H: Altura del agua sobre la cresta del vertedero al inicio del mismo (m)

6.5.2. ALIVIADERO DE SALTO

Consiste en una estructura, la cual posee una abertura en la parte inferior que permite captar en su totalidad el chorro de agua que provoca velocidades iguales o menores a la del gasto correspondiente a la relación de dilución DQ . De tal manera que cuando el caudal exceda DQ , la velocidad de aproximación aumenta haciendo que los excesos de caudal salten literalmente.

Figura 43. Aliviadero de salto



6.5.2.1. DISEÑO HIDRAULICO

El profesor Harold Babbit realizo pruebas sobre aliviaderos de salto, llegando a la conclusion de que las curvas de la superficie de la lamina de agua, tanto el filete superior como el filete inferior, atienden a las siguientes expresiones.

$$X = 0.36 V^{2/3} + 0.6 Y^{4/7} \text{ para la superficie superior}$$

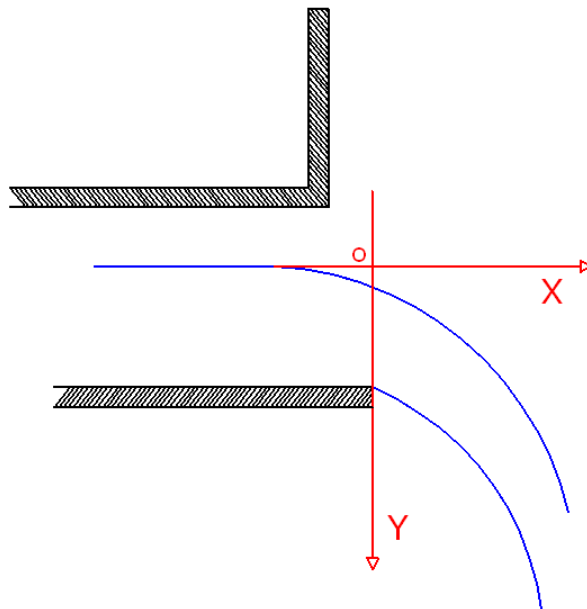
$$X = 0.18 V^{4/7} + 0.74 Y^{3/4} \text{ para la superficie inferior}$$

Donde:

V: Velocidad de aproximación (m/sg)

X e Y: Coordenadas (m)

Figura 44. Perfiles del aliviadero de salto

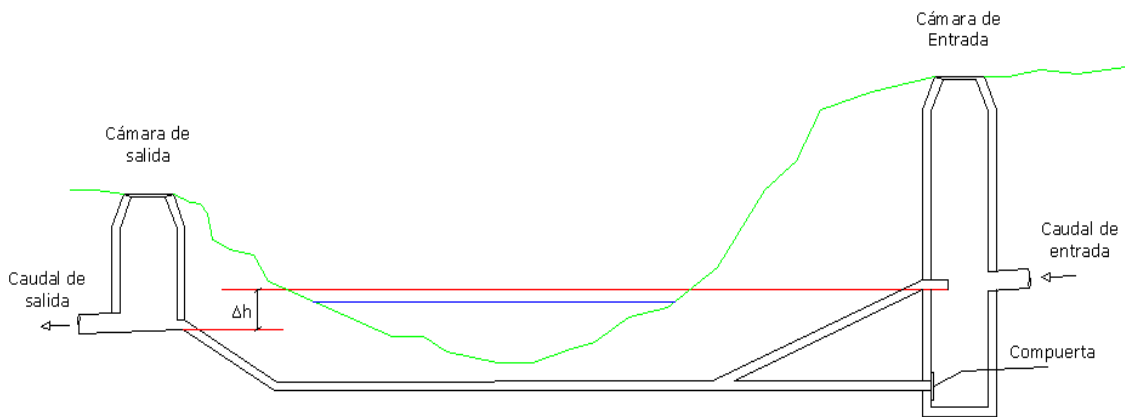


7. ESTRUCTURAS ESPECIALES

7.1. SIFONES INVERTIDOS

En algunos casos el trazado de un colector debe salvar una depresión tal como un río, una quebrada, un túnel, u otro colector, lo cual puede realizarse mediante la construcción de un conducto en U o sifón invertido.

Figura 45. Esquema de un sifón invertido en un alcantarillado



El sifón invertido constituye una de las excepciones de un sistema de alcantarillado fluyendo como canal abierto, pues las características del mismo le imponen su funcionamiento como conducto a presión y en su diseño se deben considerar dos partes principales, el conducto o conductos, las cámaras de entrada y salida.

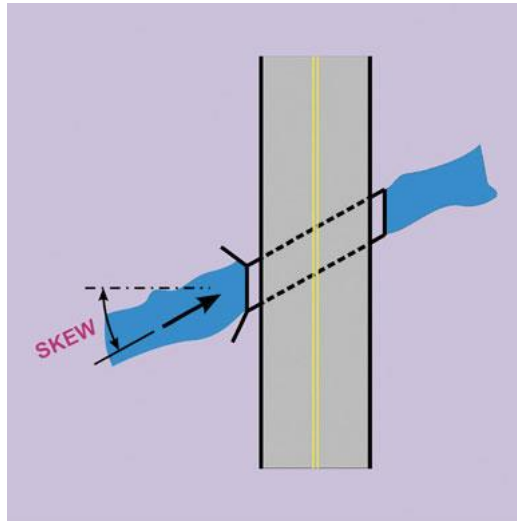
De importancia para el diseño de un sifón invertido es considerar tanto las diferencias de elevación de las rasantes de los colectores al comienzo y final, como las velocidades de flujo para las variaciones de caudales que permitan asegurar el arrastre de sedimentos. Esta última condición obliga en muchos casos a considerar en el diseño 2, 3 o más conductos paralelos que permitan mantener la condición de velocidad de arrastre para las grandes variaciones de caudal que en determinadas situaciones puedan presentarse.

7.2. ALCANTARILLAS DE CAJON (BOX CULVERTS)

En ocasiones en que se requiera pasar un canal por debajo de una carretera y esta permite un relleno sobre ella, se logra una solución a base de un cajón de

forma rectangular para el paso del caudal estimado. Las alcantarillas de cajón pueden ser prefabricadas o fundidas in-situ

Ilustración 26. paso del alcantarillado por debajo de una vía por medio de un Box culvert



Cuando sea necesario el vaciado en sitio de colectores rectangulares, los esfuerzos se calcularán tomando en cuenta presiones externas, sobrecargas, presión interna del líquido, peso propio del conducto y del fluido.

Ilustración 27. Box culvert fundido in-situ



Las alcantarillas de cajón o box culvert son estructuras muy importantes y utilizadas en el drenaje de las aguas sanitarias y pluviales, por esa razón profundizaré en el tema y mostraré el diseño de un box culvert a continuación.

7.2.1. METODOLOGIA DE DISEÑO.

7.2.1.1. DISEÑO HIDRÁULICO

- Se determina el tirante de agua en la sección mediante la ecuación de energía. Asumimos un ancho de solera B

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{B \cdot h}$$

Donde:

Q: caudal (m³/s)

h₁: tirante de agua en la sección de entrada (conocido) (m)

V₁: velocidad de entrada (conocido) (m)

g: aceleración gravitacional 9.8 (m/s²)

h: tirante de agua en la sección de salida (m)

V: velocidad de salida (m)

B: ancho de la solera (m)

- Conocido h, se determina el área mojada, perímetro mojado y radio hidráulico. Con la ecuación de Manning se calcula la pendiente S

$$Q = \frac{A}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$S = \left(\frac{Q \cdot n}{A \cdot R^{2/3}} \right)^2$$

Donde:

A: Área mojada (m²) A = B.h

P: Perímetro mojado (m) P = B+2h

R: Radio Hidráulico (m) R = A/P

N: Coeficiente de rugosidad de Manning (n = 0.013 para concreto)

- Para secciones rectangulares la altura crítica puede determinarse como:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

hc: altura crítica (m)

q: caudal o gasto unitario (m³/s.m) $q = Q/B$

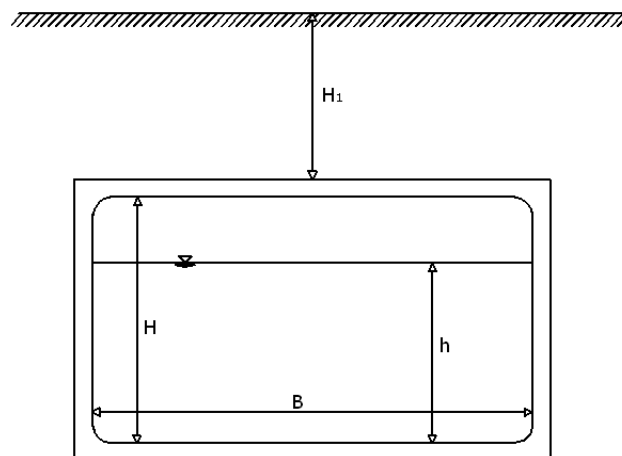
- Se determina la altura total de la sección (H), se toma para la cámara un valor tal que el tirante de agua alcance entre el 75% y el 80% de la altura total del cajón.

$$H = \frac{h}{0.80} \text{ a } \frac{h}{0.75}$$

7.2.1.2. ANÁLISIS DE CARGAS.

Para el análisis y diseño estructural se debe tener en cuenta todas las cargas que actúan sobre la estructura como presiones externas, presión interna, sobrecarga, peso propio del líquido y del fluido. Así mismo en el diseño estructural se debe cumplir con lo estipulado en la NSR-98 Título C Concreto estructural. El análisis se realiza por metro lineal de cajón para facilidad en los cálculos

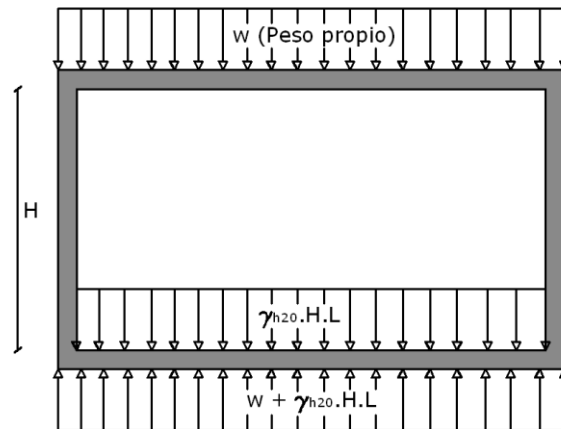
Figura 46. Esquema de la sección transversal de un Box culvert



Peso propio de la estructura.

La estructura de concreto armado y el fluido dentro de ella generan presiones al suelo por su propio peso, las cuales se deben tener en cuenta al momento del análisis y diseño estructural. Para tal fin se supone el box culvert lleno del fluido.

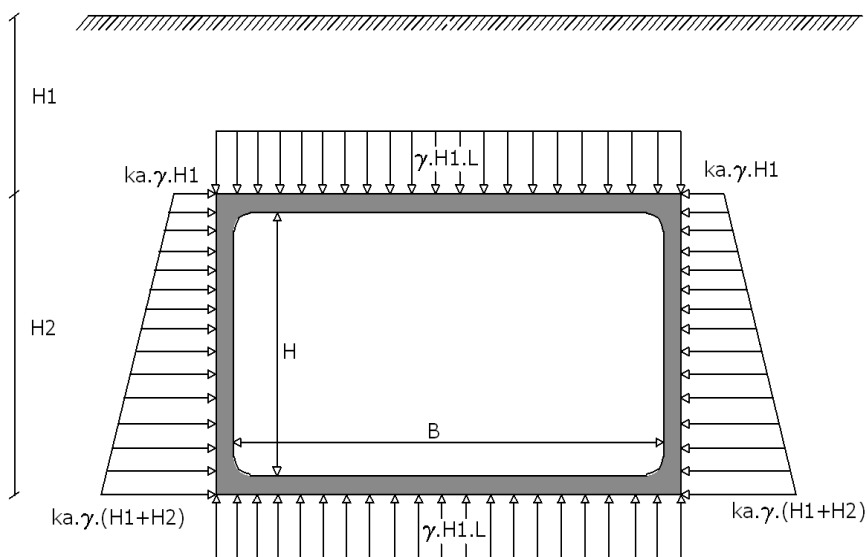
Figura 47. Cargas debidas al peso propio de un Box culvert



Presiones de tierra.

Para desarrollar el análisis de las presiones externas (presiones de tierra), se utilizan las ecuaciones de empuje de tierra de Rankine, asumiendo el cajón vacío (sin presiones internas) siendo el caso más crítico.

Figura 48. Cargas debidas a las presiones de tierra.



Donde:

γ : Peso específico del relleno (Kg/m³)

γ_{h_2o} : Peso específico del agua (Kg/m³)

K_a : Coeficiente de presión de tierra activo de Rankine

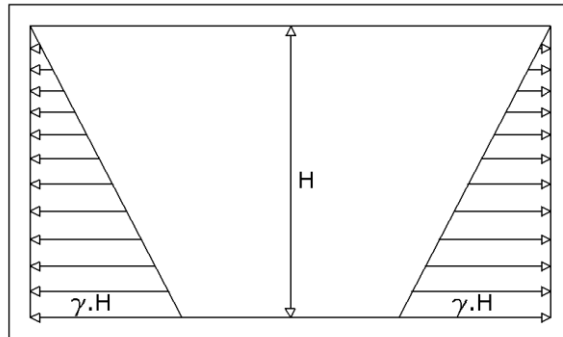
ϕ : Angulo de fricción interna del material de relleno

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

Presión del agua.

El análisis de las presiones internas se realiza suponiendo el cajón lleno del fluido y sin presiones externas actuando, siendo el caso más crítico.

Figura 49. Cargas debidas a la presión del fluido dentro del cajón



Definidas todas las cargas actuantes se calculan todas las fuerzas internas de la estructura para graficar los diagramas de momento y cortante, los cuales nos dan vía libre para el diseño estructural.

7.2.2. BOX CULVERT PREFABRICADOS

En el mercado existen las alcantarillas de cajón prefabricadas, empleadas en obras viales. También utilizadas en alcantarillados de aguas servidas, drenajes pluviales y para conducir cualquier tipo de agua en secciones cubiertas. Este tipo de estructuras prefabricadas agilizan enormemente la construcción de sistemas de conducción de aguas pluviales y sanitarias

Ventajas de un box culvert prefabricado:

- Fácil colocación.
- Mayor capacidad de caudal.
- permite el paso de vehículos pesados sin necesidad de terraplén.
- Baja permeabilidad.
- Juntas estancas.
- Capacidad de carga de alto tonelaje. (AASHTO-93 - HS-18) 14.50 Ton/eje.

Una ventaja muy importante en el uso de un box culvert prefabricado es que el fabricante pone a disposición del usuario todas las características técnicas con las que fue construido y la resistencia que este ofrece en el servicio. O también el usuario le comunica las especificaciones necesarias al fabricante y este construye la estructura según los requerimientos de la obra.

Ilustración 28. Box culvert prefabricado



Ilustración 29. Algunas dimensiones de Box culvert prefabricados

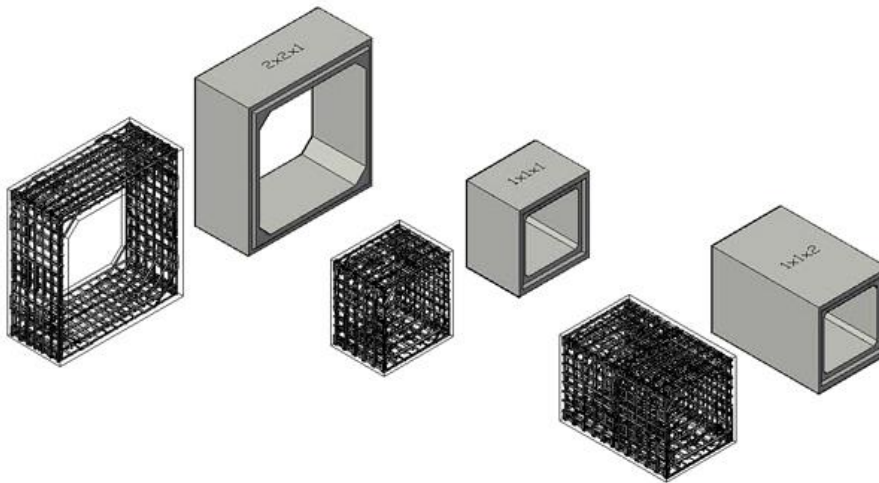
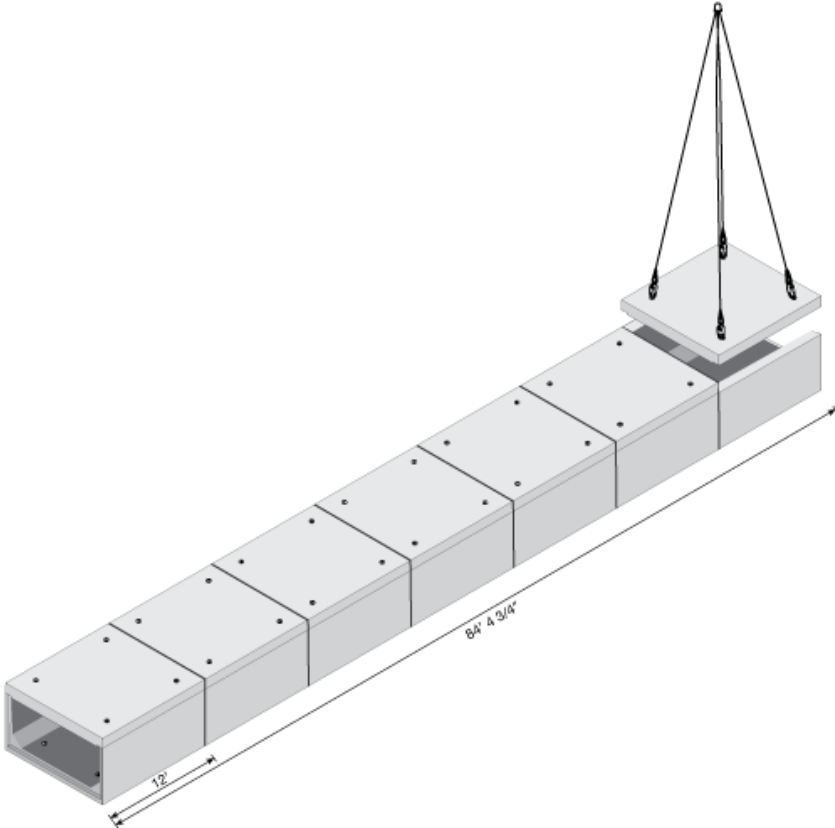
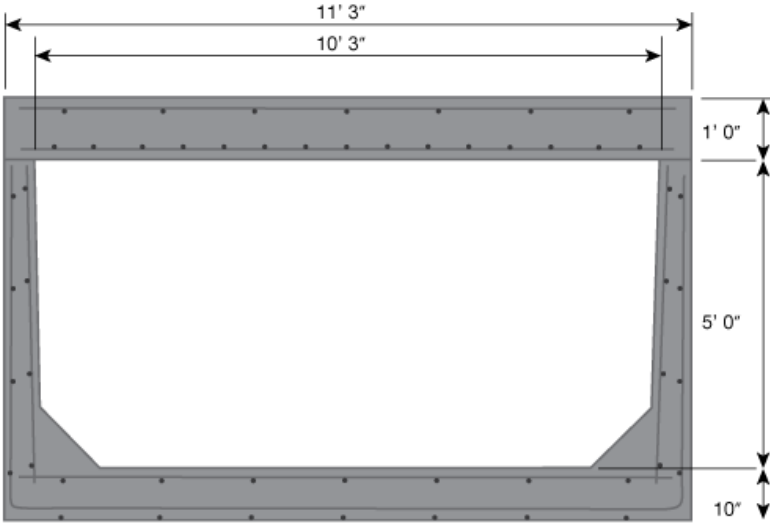


Ilustración 30. Box culvert prefabricado – FHWA⁸. Department of transportation



⁸ FHWA- Federal Highway Administration.

La instalación de este tipo de estructura prefabricada es muy similar a la instalación de una tubería de concreto, una gran ventaja comparada con una estructura fundida in situ. Se utiliza una grúa, una excavadora hidráulica o retroexcavadora para bajar los cajones a la zanja.

Ilustración 31. Instalación de un Box culvert prefabricado



8. ANALISIS DE COSTOS DE CONSTRUCCION

El presupuesto de construcción tiene como objetivo determinar por anticipado el costo de una obra. Para elaborarlo es necesario definir todas las actividades de obra o ítem de presupuesto.

El presupuesto se convierte en la base para fijar parámetros importantes como el capital a invertir, la mano de obra, los materiales a emplear, la cantidad de obra a ejecutar, el tiempo de ejecución y la entrega definitiva de la construcción.

Para la buena elaboración de un presupuesto es indispensable realizar una investigación preliminar utilizando ayudas, memorias, informes, diseños y todo tipo de información sobre proyectos previos similares, de manera que se tenga un amplio conocimiento sobre el manejo de los precios de los materiales, la mano de obra y la disponibilidad de los equipos de construcción requeridos. De igual manera se hace importante conocer con anterioridad el sitio donde se va a realizar

la obra con el fin de definir las vías y maneras de acceso además de los costos de acarreo de materiales.

Los costos de construcción de un proyecto generalmente se presentan en costos directos y costos indirectos, su análisis se lleva a cabo por medio de análisis de precios unitarios.

8.1. COSTOS DIRECTOS.

Como su nombre lo indica, son todos aquellos costos que se generan directamente por la construcción de la obra, entre estos se tienen los costos de materiales, Mano de obra, Herramienta y Equipo

8.1.1. COSTOS DE MATERIALES.

Los precios de materiales necesarios para la construcción se definen directamente por cotizaciones que se realicen en el mercado. Es importante anotar que según sea la localización geográfica del sitio de la obra, los materiales serán más o menos costosos dependiendo de las vías de acceso y las distancias de transporte del material al sitio de la obra, ya que la mayoría de los costos de materiales se definen puestos en obra.

Generalmente en los análisis de los costos de los materiales se aplica un 5% al costo de cada material como un estimativo del posible desperdicio.

8.1.2 COSTOS DE MANO DE OBRA

El costo de la mano de obra es uno de los más complicados de analizar, ya que se debe definir muy bien el número de personas que se necesitan para una determinada actividad y los respectivos rendimientos. Estos últimos toman gran importancia ya que dependen de factores climáticos y situaciones anormales que puedan ocurrir en obra, sin embargo a lo largo de la historia de las obras civiles se han tomado muchos datos sobre rendimientos de mano de obra en las distintas actividades de construcción, los cuales pueden ser utilizados en nuevos proyectos. Por esta razón se necesita de una investigación preliminar para establecer un buen costo de mano de obra.

El análisis de costo de la mano de obra se realiza con el salario por día (jornal) o el salario por hora definido con base en el salario mínimo legal vigente, de cada una de las personas encargadas de las tareas de construcción y teniendo en cuenta cada una las prestaciones sociales y obligaciones laborales que estipula la ley.

8.1.2.1. PRESTACIONES SOCIALES

Las prestaciones sociales son beneficios legales que el empleador debe pagar a sus trabajadores adicionalmente al salario ordinario, para atender necesidades o cubrir riesgos originados durante el desarrollo de su actividad laboral.

Seguridad Social:

El sistema de seguridad social comprende pensiones, salud y riesgos profesionales.

Pensiones:

El sistema cubre los riesgos de invalidez, vejez y muerte por causa común, y tiene dos regímenes independientes. Uno administrado por el Instituto de Seguros Sociales - ISS- que maneja un fondo común y otro de capitalización individual a cargo de las administradoras de fondos de pensiones.

La contribución a cualquiera de estos regímenes es del 15,5% del salario mensual del empleado, de las cuales tres cuartas partes están a cargo del empleador, y una cuarta parte le corresponde al trabajador.

Salud:

El sistema cubre las contingencias que afectan la salud del trabajador y de su familia que están establecidas en el programa de atención denominado Plan Obligatorio de Salud -POS- y la maternidad. El empleador debe consignar el 12,5% del salario mensual del trabajador, del cual el 8,5% está a cargo del empleador y el 4% restante a cargo del empleado. Este monto es deducido del salario mensual del trabajador.

Riesgos Profesionales:

Este sistema cubre las contingencias que afectan la salud del trabajador por causa de accidentes de trabajo o enfermedades profesionales, e igualmente las pensiones por invalidez y muerte generadas por tales enfermedades.

La totalidad del aporte por este concepto está a cargo del empleador y su monto depende del grado de riesgo laboral generado en la actividad de la empresa y del cumplimiento de las normas de seguridad industrial. El rango de cotización va desde el 0,5% hasta el 8,7% del valor total de la nómina mensual de salarios.

Prima de servicios:

Equivalente a 15 días de salario por el tiempo laborado durante el semestre, correspondiente al 8.33% del salario mensual. Esta prestación se paga el 30 de junio y el 20 de diciembre, o a la terminación del contrato de trabajo

Vacaciones:

Las vacaciones consisten en el descanso remunerado que debe el empleador al trabajador, equivalente a 15 días hábiles de vacaciones por cada año de servicio equivalentes al 4.17% del salario mensual. La mitad de las vacaciones puede ser compensada en dinero durante la vigencia del contrato, previo permiso del Ministerio de Protección Social

Si el contrato termina sin que el empleado haya disfrutado de su período de vacaciones, es obligatorio compensar en dinero (sin necesidad de permiso) y de manera proporcional al tiempo trabajado.

Cesantías:

Este beneficio tiene como fin brindarle al trabajador un medio de subsistencia a la terminación del contrato de trabajo como un ahorro equivalente a 8.33% del salario mensual o a un salario por año, siempre que se haya trabajado un periodo superior a tres meses. Existen dos regímenes para la liquidación y pago de las cesantías: los trabajadores vinculados con anterioridad al primero de enero de 1991 están sujetos al régimen de retroactividad de las cesantías, de acuerdo con el cual éstas se liquidan en su totalidad a la terminación del contrato de trabajo; y los trabajadores vinculados con posterioridad al primero de enero de 1991, y aquellos que, habiéndose vinculado con anterioridad a esta fecha, se hayan acogido al régimen de esta ley, están sujetos a la liquidación anual de las cesantías.

En este sistema el empleador liquida las cesantías el 31 de diciembre de cada año y las deposita a más tardar el 15 de febrero del siguiente año en las cuentas individuales de cada trabajador. Estas cuentas son manejadas por las sociedades administradoras de fondos de cesantías.

Intereses de cesantía:

En enero de cada año, el empleador debe pagar directamente al trabajador intereses sobre las cesantías a una tasa del 12% anual.

Subsidio familiar:

Todas las empresas deben inscribirse en una caja de compensación familiar. Esta inscripción otorga al trabajador el derecho a obtener subsidios en efectivo para sus hijos menores de edad, así como servicios de capacitación, vivienda y recreación. De igual manera, los afiliados tendrán derecho a un subsidio de desempleo, manejado por las mismas cajas de compensación familiar, pero regulado y controlado por el gobierno. El empleador debe pagar, dentro de los 10 primeros días de cada mes, una suma equivalente al 9% del monto de la nómina a la caja de compensación que haya seleccionado (SENA = 2%, Caja de Compensación = 4%, ICBF = 3%. Del salario mensual).

Dotación:

Los trabajadores que devenguen hasta dos salarios mínimos legales mensuales y hayan trabajado al menos tres meses continuos en el respectivo periodo calendario, tienen derecho a dotación. Además es obligación del trabajador usar la dotación en el periodo calendario inmediatamente siguiente, de no hacerlo, perderá el derecho a la siguiente dotación.

Auxilio de transporte:

Los trabajadores que devenguen hasta dos salarios mínimos legales mensuales tienen derecho al pago del auxilio de transporte fijado por el Gobierno Nacional. Para 2009, el valor del auxilio es de \$ 59.300 mensual.

8.1.3. COSTOS DE HERRAMIENTA Y EQUIPO

8.1.3.1. HERRAMIENTA MENOR

Toda actividad que involucre mano de obra, requiere el uso de herramienta menor, aquellas de uso manual y practico como palas, picas, bugís, etc. Usualmente el costo de la herramienta menor se calcula como el 5% del costo de la mano de obra.

8.1.3.2. EQUIPOS DE CONSTRUCCION

El costo del equipo de construcción se analiza como costos de propiedad, aquellos generados por el solo hecho de poseer el equipo (Depreciación, impuestos, Seguros, bodegaje) mas costos de operación, que se generan con la operación o utilización del equipo (Operario, combustible, mantenimiento, repuestos).

A continuación se presenta el proceso para estimar el costo de un equipo por cada hora de trabajo (tarifa horaria).

- **Conversión del valor del equipo**

Para analizar la tarifa horaria de un equipo y este es adquirido en dólares, primero debemos pasar su costo total en dólares a pesos Colombianos utilizando un factor de conversión calculado de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Fc = \frac{Tc}{100} [165.95 + 1.308.k + 0.113.k.v + 1.334.v]$$

Donde:

Fc: Factor de conversión.

Tc: Tasa de cambio.

k: impuesto aduanero.

v: impuesto a las ventas.

- **Vida económica útil**

Es el tiempo durante el cual el equipo trabaja con un rendimiento justificable. El fabricante suministra esa información.

La vida económica útil del equipo se puede manejar como 2000 horas por cada año, así si la vida económica útil de un equipo es de 5 años su equivalente en horas será 10000 horas.

- **Tarifa horaria**

Como sabemos el costo de un equipo depende de los costos de propiedad y los costos de operación.

Empíricamente los costos de propiedad pueden calcularse mediante la siguiente expresión:

$$CP = \frac{vlr\ depreciabile}{1000} * C$$

$$vlr\ depreciabile = vlr\ Total - vlr\ llantas - vlr\ salvamento$$

Donde:

CP: Costos de propiedad.

Vlr salvamento: Puede tomarse como el 10% del vlr. Total.

C: Coeficiente en función de la vida útil.

Tabla 6. Coeficiente C según la vida económica útil del equipo

Años	C
3	0.31167
4	0.26094
5	0.23050
6	0.21021
7	0.19571

Los costos de operación dependen de:

Los costos de mano de obra (salario del operario más prestaciones sociales por hora) si se necesita un ayudante en la operación del equipo, el costo se incluye en los costos de mano de obra.

El consumo de combustible y lubricantes por hora (ACPM, gasolina, aceite de motor, aceite hidráulico, aceite de transmisión, grasa). El fabricante suministra esta información.

Los costos de filtros, tanqueos y lubricación, los cuales pueden estimarse como el 20% de los costos de combustible y lubricantes.

El costo del gasto de las llantas, calculado con la siguiente expresión:

$$llantas = \frac{vlr\ llantas}{vida\ economica\ util\ llantas}$$

El costo de las reparaciones, calculado con la siguiente ecuación:

$$\text{reparaciones} = \frac{10\% (\text{vlr depreciable})}{\text{vida economica util equipo}}$$

Así la tarifa horaria del equipo será la suma de los costos de propiedad mas los costos de operación.

Es muy importante tener un buen dato de rendimiento del equipo para realizar un excelente análisis de presupuesto, el manual técnico de GECOLSA⁹ define el proceso para estimar el rendimiento de un equipo, partiendo del rendimiento inicial (suministrado por el fabricante) modificado por algunos factores que dependen de las circunstancias y exigencias en obra y en función del tipo de suelo.

Así mismo en el análisis de rendimiento de un equipo en actividades de movimiento de tierra, se debe tener presente el estado del suelo:

EN BANCO: El terreno en su estado natural.

SUELTO: aplicando un 30% de expansión.

COMPACTADO: Aplicando un 0.75% de compresibilidad.

A continuación se presenta el análisis de rendimiento de una excavadora de 1-1/4 yd³ (1 m³) de capacidad y 60° de arco de oscilación del cucharón, cortando tierra común a 3.10 m. de profundidad. Para realizar el proceso es necesario remitirse al manual técnico de GECOLSA.

- Primero debemos tener presente el ciclo de excavación de una excavadora hidráulica, el cual consta de cuatro partes: Carga del cucharón, oscilación con carga, descarga del cucharón y oscilación sin carga.
- La producción por hora máxima en función del tipo de suelo a cortar y la capacidad del cucharón de la excavadora es de 161 m³/h.
- La profundidad óptima de excavación de la excavadora es de 2.59 m. en función del tipo de suelo y la capacidad de la excavadora. Así el porcentaje optimo de excavación será:

$$\frac{3.1 * 100}{2.59} = 120\%$$

⁹ GECOLSA- General de Equipos de Colombia - principios básicos del movimiento de tierra

- El factor de corrección según la profundidad de excavación y en función del porcentaje óptimo de excavación y el ángulo de oscilación es de 1.11
- El factor de acarreo de la excavadora es de 0.85, en función del tipo de suelo
- La eficiencia en el trabajo para condiciones de trabajo buenas y administración excelente, es de 0.78

Siguiendo el proceso anterior y aplicando los factores indicados, el rendimiento de la excavadora con una eficiencia del 100% será:

$$\text{Rendimiento} = 161 * 1.11 * 0.85 = 152 \text{ m}^3\text{/h}$$

El rendimiento estimado aplicando un factor de eficiencia del 84% es:

$$\text{Rendimiento} = 152 * 0.78 = 119 \text{ m}^3\text{/h}$$

Todos los factores utilizados en la estimación del rendimiento de la excavadora son tomados de las tablas del manual técnico de GECOLSA – Principios básicos de movimiento de tierra.

8.2 COSTOS INDIRECTOS

Son todos aquellos costos especiales diferentes a los inherentes a la construcción como son administración, gastos generales, imprevistos, legalización, utilidad. Los costos indirectos son expresados como porcentaje referido al costo directo.

8.2.1 COSTOS ADMINISTRATIVOS

Constituidos por los costos de operación, aquellos que se generan por el funcionamiento de las oficinas durante el plazo del proyecto y los costos de campo, generados por las labores de control, vigilancia y funcionamiento de la obra (Ing. director, Ing. Residentes, almacenistas, celadores, vehículos, campamento y otros). Generalmente el costo de administración fluctúa entre el 10% y 15% del costo directo.

8.2.2. COSTO DE LEGALIZACION.

En toda obra civil se debe hacer efectivo el pago de legalización, impuestos y seguros. Generalmente estos gastos fluctúan entre el 1% y 2% del costo directo.

8.2.3. POLIZAS Y GARANTIAS

Según las leyes vigentes toda obra civil debe cumplir con el pago de algunas pólizas y garantías. Generalmente este costo varía entre el 1.5% y 2.5% del costo directo.

8.2.4. IMPREVISTOS

En todo presupuesto de obra y estrictamente en el análisis del costo indirecto se debe incluir un porcentaje del costo directo como costo de imprevistos, previendo algunas pérdidas de tiempo de ejecución y problemas que surjan en obra que se traducen en pérdidas económicas. Generalmente los imprevistos fluctúan entre el 1% y 4% del costo directo.

8.2.5. UTILIDAD

Todo proyecto de obra civil genera un porcentaje de utilidades representadas en dinero para el constructor, este porcentaje del costo directo se incluye en el análisis del costo indirecto. Generalmente la utilidad fluctúa entre el 6% y 10% del costo directo.

8.3. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Los análisis unitarios son todos aquellos análisis de costos que se realizan por unidad de medida de cada actividad de obra, por ejemplo, si se desea crear un análisis unitario de la actividad de instalación de tubería pvc Novafort de 10", se calcula el costo directo por cada metro lineal de tubería que se instale, de esta manera el presupuesto se genera al multiplicar el análisis unitario por la cantidad de obra a ejecutar.

El análisis de costo unitario se realiza estimando el valor de los materiales necesarios para la actividad, el costo de la mano de obra necesaria para ejecutarla, el costo de la herramienta y equipo que sea necesario y otros costos directos que se incluyan dentro de la actividad.

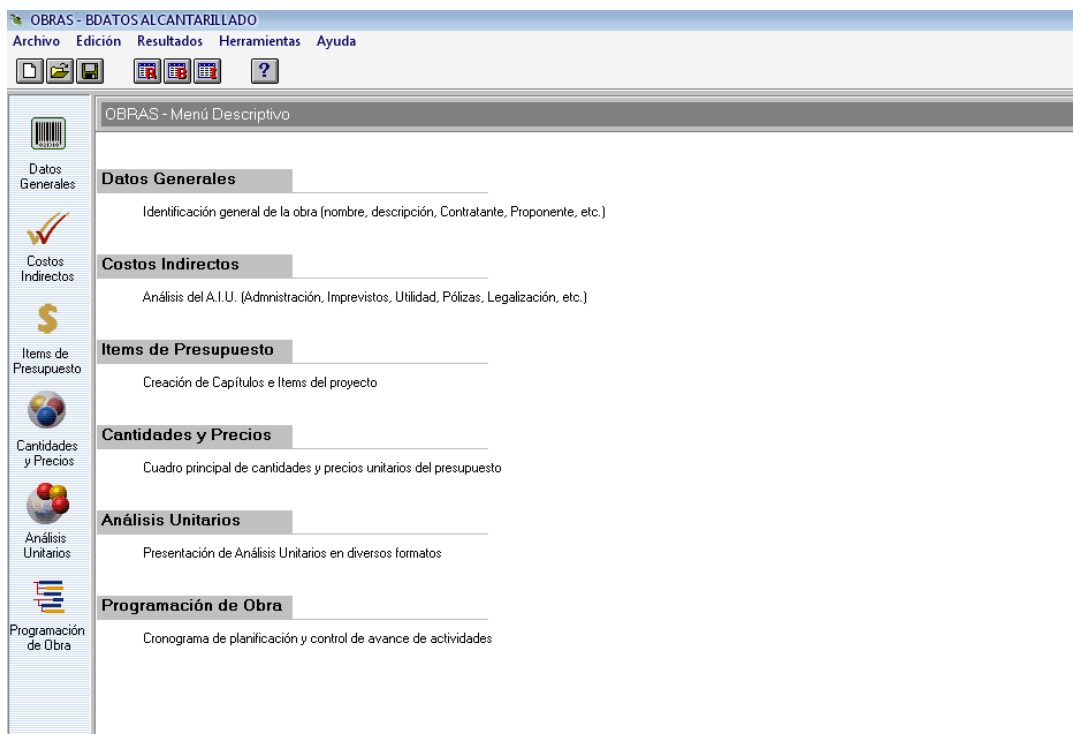
9. MANEJO Y ELABORACION DE UN PRESUPUESTO EN EL SOFTWARE OBRAS VERSION 1.5.

OBRAS es una herramienta eficaz en el manejo de presupuestos para construcción de obras civiles, el programa posee numerosas ventajas que facilitan el análisis de los costos directos e indirectos de las obras. El software plantea una línea operativa que se aproxima en lo posible a la mecánica que utiliza el ingeniero al elaborar una propuesta manualmente, a la vez que establece mecanismos particulares que agilizan la conformación y evaluación de cada proyecto. Los pasos a seguir para elaborar un presupuesto, en términos generales, son los siguientes:

9.1. PANTALLA PRINCIPAL

Es la presentación del programa, en ella se encuentran todos los iconos necesarios para la buena elaboración de un presupuesto; en la parte superior se observan los iconos de proyecto nuevo, abrir, guardar, recursos básicos, análisis básicos, ítems, ayuda. En el costado izquierdo se encuentran los iconos de datos generales, costos indirectos, ítems de presupuesto, cantidades y precios, análisis unitarios y programación de obra.

Ilustración 32. Pantalla Principal



9.2. DATOS GENERALES.

Se ingresan los datos generales del proyecto. La pantalla de datos generales recoge la información descriptiva del proyecto. Aquí se registra el Nombre de la Obra, del Contratante y del Proponente, la fecha de presentación de la propuesta, la Fecha de modificación (este dato no se digita, ya que el sistema lo mantiene, presentando la última fecha en que se modificó el presupuesto) y Comentarios sobre el proyecto. Esta pantalla permite especificar tres valores (en porcentaje) que el programa utiliza para automatizar el cálculo del presupuesto: el porcentaje de Herramienta Menor, el de Desperdicio de Materiales, y el de Prestaciones Sociales.

Ilustración 33. Datos Generales del Proyecto

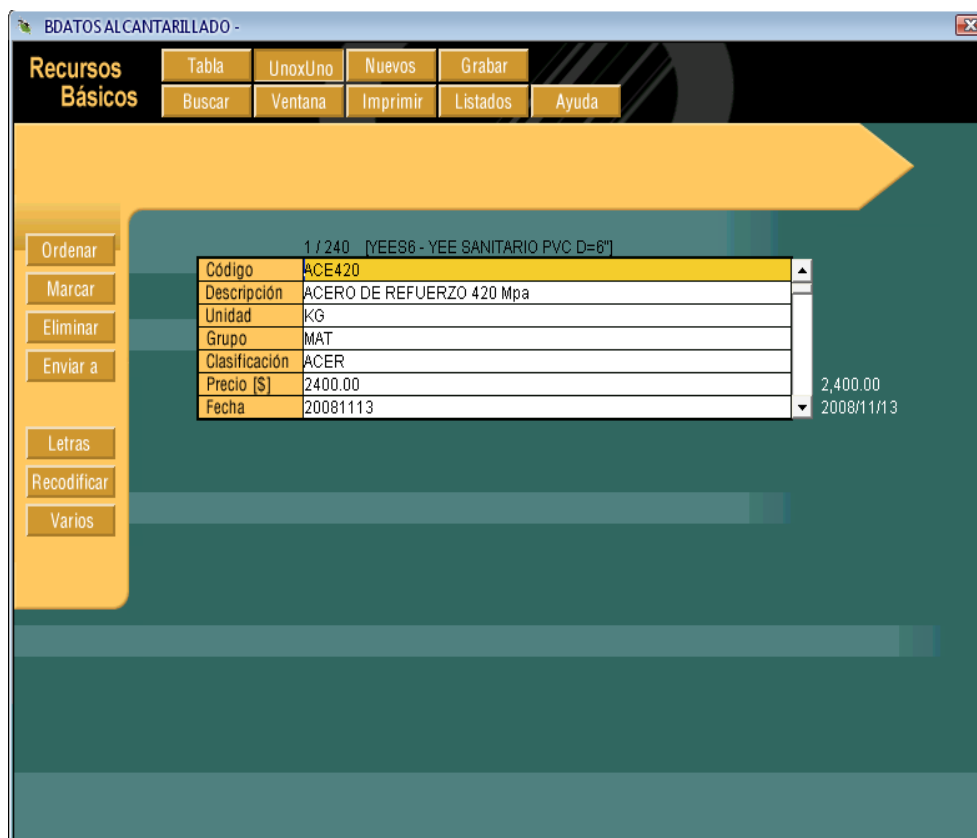
Grupo	Abreviatura	Descripción
MAT	MAT	Materiales
M.O	M.O	Mano de Obra
EQU	EQU	Herramienta y Equipo
DTR	DTR	Otros

9.3. RECURSOS BÁSICOS.

En la ventana de recursos básicos, se crean o se importan desde la base de datos los insumos necesarios, clasificándolos y registrando los precios respectivos. Para

crearlos se digita el código del insumo (definido por el usuario) la descripción, unidad, grupo (material, equipo o mano de obra) precio y la fecha la presenta automáticamente el programa. Para importarlo se abre el icono ventana en la parte superior y se busca el insumo necesario de la base de datos.

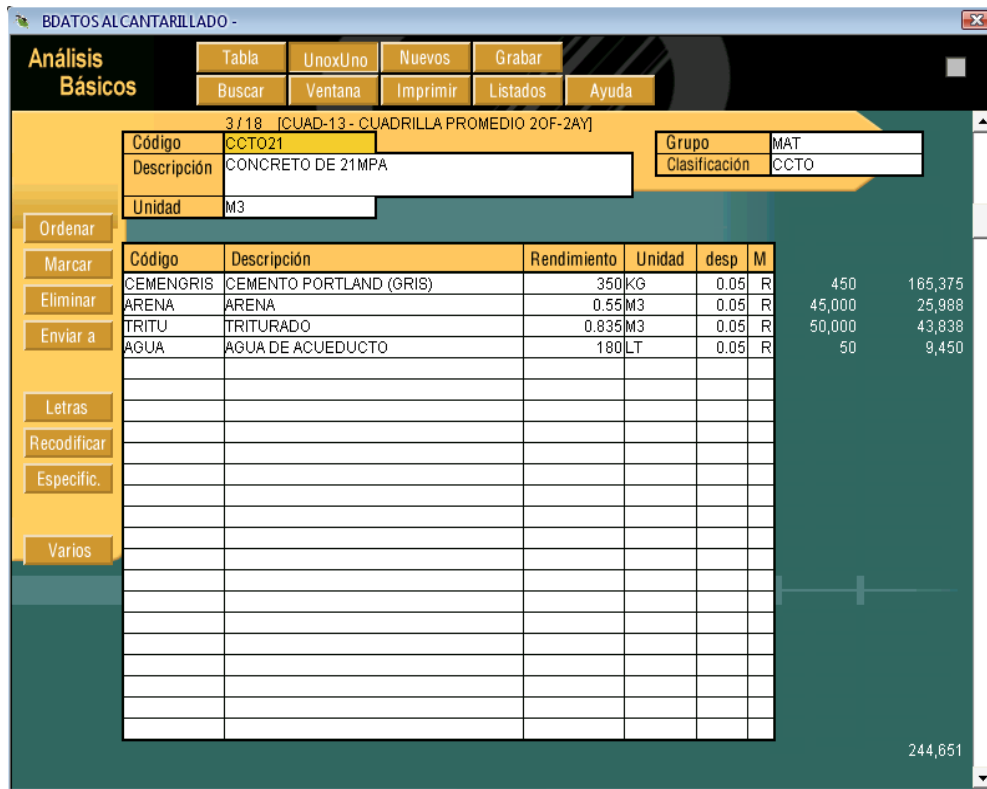
Ilustración 34. Recursos Básicos



9.4. ANÁLISIS BÁSICOS.

En la ventana de análisis básicos, se crean o importan desde la base de datos todos los análisis básicos necesarios, los cuales son todos aquellos análisis unitarios que se manejan frecuentemente dentro de las actividades de obra o ítems. El proceso de creación de un análisis básico se realiza digitando el código (definido por el usuario), la descripción, unidad, grupo, clasificación y se utilizan los recursos básicos ya creados.

Ilustración 35. Ventana de Análisis Básicos



9.5. ÍTEMS DE PRESUPUESTO.

Se crean o importan desde la base de datos los ítems de presupuesto indicando los rendimientos necesarios. Para crear un ítem se utilizan los datos creados en recursos básicos y análisis básicos. De igual manera que se maneja la creación de recursos básicos y análisis básicos, se crea un ítem de presupuesto, digitando el código, descripción, unidad y se utilizan los insumos y análisis básicos ya creados para conformarlo. Cuando se importa un ítem desde la base de datos es importante mencionar que todos los recursos básicos y análisis básicos que contiene, son importados automáticamente junto a él.

Ilustración 37. Costos de Administración.

Componentes de los Costos Indirectos

Descripción: Administración

Porcentaje: 14

Aplicar

← → ↑ ↓ Eliminar Insertar

BDATOS ALCANTARILLADO

- Administración - 14 % --> [...]
- Legalización - 3 % --> [...]
- Polizas - 2 % --> [...]
- Imprevistos - 4 % --> [...]
- Utilidad - 6 % --> [...]
- IVA sobre Utilidad - 16 % --> [...]

AIU = 29.96 %

Costo Directo: ...

Costo Indirecto: ...

Costo Total: ...

Calcular último sobre Costo Total

Predeterminar Aceptar Cancelar

9.7. CANTIDADES DE OBRA.

Se determinan las cantidades de obra y se digitan en la ventana de los ítems de presupuesto.

9.8. RESULTADOS.

Una vez ingresados todos estos datos, el programa genera el cuadro principal de cantidades y precios del presupuesto, presenta el cuadro de análisis unitarios y crea el cronograma de planificación de obra, mostrados respectivamente:

Ilustración 38. Cuadro de Cantidades y Precios.

El cuadro de cantidades y precios presenta el presupuesto general del proyecto.

Item	Descripción Actividad	Unidad	Cantidad	Valor Unit.	Valor Parcial	Aporte %
1 PRELIMINARES						
1.1	LOCALIZACION Y REPLANTEO	M2	7,324	13	95,212	0.060
1.2	DESCAPOTE Y LIMPIEZA	M2	7,324	987	7,228,788	4.529
1.3	MEJORAMIENTO DEL SUELO	M3	879	20,738	18,228,702	11.421
					25,552,702	16.010
2 FILTROS						
2.1	EXCAVACION DE ZANJAS	M3	1,032	7,020	7,244,640	4.539
2.2	FILTRO	ML	1,296	27,998	36,285,408	22.735
2.3	COLECTOR PRINCIPAL 8"	ML	282	56,315	15,880,830	9.950
2.4	ADECUACION DEL SUELO SOBRE FILTRO	M2	950	540	513,000	0.321
2.5	CAMARA DE INSPECCION	UND	2	510,611	1,021,222	0.640
2.6	DESAGUE	ML	89	91,569	8,149,641	5.106
					69,094,741	43.291
3 EMPRADIZACION						
3.1	COLOCACION DE M. ORGANICA	M2	7,324	1,191	8,722,884	5.465
3.2	COLOCACION GRAMA	M2	7,324	7,562	55,384,088	34.701
3.3	DEMARCAACION CANCHA	GL	1	849,140	849,140	0.532
					64,956,112	40.698
COSTO DIRECTO					159,603,555	
COSTO INDIRECTO (A.I.U. = 30.28%)					48,327,956	
COSTO TOTAL					207,931,511	

Ilustración 39. Cuadro de Análisis Unitarios.

En el cuadro de análisis unitarios se encuentran todos los análisis unitarios utilizados en un presupuesto, el software los presenta uno a uno y calcula el costo indirecto individualmente, siendo esto una ventaja para el usuario.

Ver...	Items	A. Básicos	A. I. U.	C. Directo	C. Total	Clásico	Condens.	Consolida	Desperdicio
CAMARA CILINDRICA EN CCTO (FUNDIDA III-SITU) HAS 2.0 M DE ALTURA									
MATERIALES									
DESCRIPCION									
CAMARA CILINDRICA EN CCTO (FUNDIDA III-SITU) HAS 2.0 M DE ALTURA									
CARGUE Y RETIRO DE SOBRESANTES CON...									
CERRAMIENTO POSTES CCTO. DE 0.10									
CERRAMIENTO POSTES CCTO. DE 0.10									
COMPACTACION CONGLOMERADO CON...									
COMPACTACION DE MATERIAL COMUN...									
CORTE DE PAVIMENTO ASFALTICO...									
CANTIDAD VALOR UNIT									
CONCRETO DE 21MPA 2,709 862,760									
ACERO DE REFUERZO 420 Mpa KG 2,400 33.6 80,640									
ESCALONES EN VARILLA DE 3/4 UNID 3,468 4.2 14,566									
TAPA CON ARO METALICO PARA CAMARA UNID 42,125 1.05 44,231									
FORMALETAS EN MADERA PARA ESTRUCTURAS DE CONCRET M2 15,566 2.1 32,689									
ALQUILER DE FORMALETA METALICA PARA RECAMARA DIA 20,000 1.05 21,000									
MAHO DE OBRA									
DESCRIPCION UNIDAD JORNAL/SALARIO RENDIMIENTO VALOR UNIT									
CUADRILLA PROMEDIO 1MST-1 OF-4AY DIA 143,970 1 143,970									
PRESTACIONES SOCIALES (80%) PESOS 1 115176.001 115,176									
HERRAMIENTA Y EQUIPO									
DESCRIPCION UNIDAD TARIFA RENDIMIENTO VALOR UNIT									
HERRAMIENTA MENOR (5% M.O) PESOS 1 7198.5001 7,199									
ALQUILER DE MEZCLADORA DE UN SACO DIA 45,000 1 45,000									
COSTO DIRECTO 1,167,231									
COSTO INDIRECTO (A.I.U. = 29.96%) 349,702									
COSTO TOTAL 1,516,933									

Ilustración 40. Cuadro de Programación de Obra.

La programación de obra se genera una vez se asigne un orden específico a las actividades de obra o ítems, utilizando el icono “actividad” en la parte superior de la ventana de ítems de presupuesto. El periodo de tiempo se puede modificar directamente en el cuadro de programación de obra.

Programación de Obra				
Opciones		Duraciones	Inversión	Detallado
Avances		<input type="checkbox"/> Costo Total	<input type="checkbox"/> Fechas	<input type="checkbox"/> Tiempos
Grabar		Imprimir	Fuentes	Ayuda
Valores		<input checked="" type="checkbox"/> Cantidades	<input type="checkbox"/> Aportes	<input checked="" type="checkbox"/> M.D.O.
			<input type="checkbox"/> Línea Act.	<input type="checkbox"/>
Inicio: Noviembre 6 de 2003		Mes		
			1	2
ACTIVIDAD	Costo Directo	% Aporte		
LOCALIZACION Y REPLANTEO	95,212	0.060	2	
DESCAPOTE Y LIMPIEZA	7,228,788	4.529	2	6
MEJORAMIENTO DEL SUELO	18,228,702	11.421	6	11
EXCAVACION DE ZANJAS	7,244,640	4.539	6	13
FILTRO	36,285,408	22.735	13	21
COLECTOR PRINCIPAL 8"	15,880,830	9.950	13	22
ADECUACION DEL SUELO SOBRE FIL	513,000	0.321	18	27
CAMARA DE INSPECCION	1,021,222	0.640	13	17
DESAGUE	8,149,641	5.106	14	22
COLOCACION DE M. ORGANICA	8,722,884	5.465	27	37
COLOCACION GRAMA	55,384,088	34.701	37	50
DEMARCAION CANCHA	849,140	0.532	50	54
>> COSTO DIRECTO	159,603,555	100.000	97,264,308	62,339,247

9.9. EXPORTACIÓN DE LOS DATOS A EXCEL.

Todos estos cuadros de resultados pueden imprimirse directamente desde OBRAS. Sin embargo, una ventaja del software es que los resultados pueden ser exportados a Excel y modificarlos o manejarlos según disponga el usuario. El programa exporta los resultados solamente a Excel, una vez en este, el usuario puede disponer los datos en cualquier programa compatible con Excel.

Ilustración 41. Exportación de los datos a Excel.

The screenshot shows the 'ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS' application window. At the top, there are tabs for 'A.I.U.', 'C.Directo', and 'C.Total', along with 'Clásico' and 'Condens.' views. Below these are buttons for 'Imprimir', 'Fuentes', and 'Ayuda'. The main window displays a table with columns for 'DESCRIPCION', 'UNIDAD', 'PRECIO UNIT', 'CANTIDAD', and 'VALOR UNIT'. The table lists various construction materials and their costs. A dialog box titled 'Imprimir Análisis Unitarios' is open in the foreground, showing options to print or export the data. The dialog includes a 'Papel 20.99 x 29.69' label, radio buttons for 'Todos' (selected) and 'Marcados', a 'Ampliación (%)' field set to 100, and checkboxes for 'Sombreado', 'Lineas', 'Repetir Cabeceras', 'Uno por hoja', and 'Totales Eijos'. Buttons for 'Imprimir', 'Preview', 'Exportar', 'Configurar', and 'Márgenes' are also visible.

DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNIT	CANTIDAD	VALOR UNIT
CONCRETO DE 21MPA	M3	244,651	2,709	662,760
ACERO DE REFUERZO 420 Mpa	KG	2,400	33.6	80,640
ESCALONES EN VARILLA DE 3/4	UND	3,400	4.2	14,568
TAPA CON ARO METALICO PARA CAMA			1.05	44,231
FORMALETAS EN MADERA PARA ESTRU			2.1	32,689
ALQUILER DE FORMALETA METALICA PA			1.05	21,000
TOTAL MATERIALES				855,886
MAHO DE OBRA				
CUADRILLA PROMEDIO 1MST-1OF-4AY			1	143,970
PRESTACIONES SOCIALES (80%)			15176.001	115,176
TOTAL MAHO DE OBRA				259,146
HERRAMIENTA Y EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR (5% M.O)			7198.5001	7,199
ALQUILER DE MEZCLADORA DE UN SAC			1	45,000
TOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO				52,199
COSTO DIRECTO				1,167,231
COSTO INDIRECTO (A.I.U. = 29.96%)				349,702
COSTO TOTAL				1,516,933

10. DESARROLLO DE LA BASE DE DATOS EN EL PROGRAMA OBRAS VERSION 1.5 PARA LA ELABORACION DE PRESUPUESTOS DE ALCANTARILLADOS

10.1. DEFINICION DE RECURSOS BASICOS

Los recursos básicos son todos aquellos materiales o insumos necesarios dentro de la construcción de cualquier obra civil, para conformar una lista de recursos básicos para la construcción de alcantarillados, es necesario revisar y cotizar todos los materiales disponibles en el mercado local, fabricantes departamentales y nacionales con el propósito de conformar la lista de recursos básicos (insumos) dentro del programa.

Para conformar la base de datos para presupuestos de alcantarillados en el programa Obras Versión 1.5, se consultaron listas de precios de los insumos dentro del mercado local visitando distribuidores como: Construcauca, Construnorte, Ferretería Mundial, Ferretería Maracaibo, entre otros; también se consultaron listas de precios nacionales de tuberías, accesorios y materiales suministradas por PVC GERFOR S.A, COLEMPAQUES, COVAL, INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO (IDU). Además se revisaron todos los listados de precios de insumos que manejan los ingenieros de la CRC.

10.2. ELABORACION DE ANALISIS UNITARIOS BASICOS

los análisis unitarios básicos son todos aquellos análisis unitarios intermedios que se manejan frecuentemente en otros análisis unitarios, actividades de obras o ítems requeridos en la elaboración de un presupuesto, dentro de estos se encuentran los morteros, concretos, cuadrillas, etc. para la conformación eficaz de estos análisis fue necesario definir las cantidades de materiales para cada análisis y para conformarlos se tomaron los recursos básicos necesarios, los cuales ya habían sido creados. En las tablas (6,7) se presentan las proporciones y dosificaciones de los concretos y morteros más utilizados, tomados del libro Concreto Simple de Gerardo A Rivera¹⁰.

Tabla 7. Proporciones en volumen de concretos

PROPORCION (VOL)	CEMENTO (Kg)	A. FINO (M3)	A. GRUESO (M3)	AGUA (Lt)	Resistencia a la compresión f'c	
					psi	Mpa
* 1:2:2	420	0.67	0.67	250	3300	23
* 1:2:3	350	0.56	0.84	170	3000	21
* 1:2:4	300	0.48	0.95	160	2400	17
** 1:3:3	300	0.72	0.72	150	1400	10
** 1:3:4	260	0.63	0.84	140	1250	9
** 1:3:5	230	0.56	0.92	130	1000	7
** 1:3:6	210	0.5	1	120		
*** 1:4:7	175	0.56	0.98	110		
*** 1:4:8	160	0.52	1.03	100		

*. Concretos de resistencia alta, utilizados como concretos estructurales.

** . Concretos de resistencia intermedia

¹⁰ Gerardo A. Rivera – Ing. Civil profesor de la Universidad del Cauca.

***. Concretos de resistencia baja

Tabla 8. Proporciones en volumen de Morteros

PROPORCION (VOL)	CEMENTO (Kg)	A. FINO (M3)	AGUA (Lt)	resistencia a la compresión	
				psi	Mpa
*1:1	900	0.72	405	3600	25
* 1:2	600	0.96	300	3000	21
* 1:3	450	1.08	260	2350	17
* 1:4	360	1.15	240	1950	14
* 1:5	300	1.2	225	1850	13
** 1:6	260	1.23	210	1700	12
** 1:7	225	1.26	195	1450	10
** 1:8	200	1.28	185	1250	9
** 1:10	165	1.31	165	1000	7

*. Morteros de alta y media resistencia utilizados en mampostería estructural y en pañetes.

** . Morteros de baja resistencia.

Tabla 9. Pesos de varillas de refuerzo por metro

NUMERO	DIAMETRO (Pulg)	PESO (Kg)
2	1/4	0.25
3	3/8	0.56
4	1/2	1
5	5/8	1.55
6	3/4	2.24
7	7/8	3.04
8	1	3.97
9	1-1/8	5.06
10	1-1/4	6.41
11	1-3/8	7.91
14	1-3/4	11.38
18	2-1/4	20.24

10.3. ACTIVIDADES DE OBRA, ITEMS Y RENDIMIENTOS.

Los análisis unitarios generales conforman los ítems de presupuestos de la base de datos en el programa obras versión 1.5 para elaborar presupuestos de alcantarillados. En la elaboración de cada análisis se hace necesario trabajar directamente sobre algunos planos de diseño de alcantarillados ejecutados en la entidad previamente, con el fin de obtener las cantidades de obra de cada actividad o ítem. Además es necesario consultar todos los rendimientos de la mano de obra y de los equipos indispensables, algunos de los cuales se tomaron de las listas que manejan los ingenieros de la CRC, se tomaron rendimientos de mano de obra en excavaciones definidos por el ingeniero Luis Orlando Muñoz Muñoz¹¹, rendimientos de excavaciones definidos por la Universidad la gran Colombia, rendimientos recomendados en el manual técnico PAVCO, se tomaron rendimientos de equipos suministrados por algunas tiendas de alquiler de equipos como Alkiequipos del Cauca, Equicauca, se estimaron rendimientos con el manual técnico de GECOLSA, otros fueron consultados a algunos maestros de obra e ingenieros constructores con experiencia en proyectos similares previos y algunos se midieron directamente en campo durante observaciones realizadas en el municipio de Miranda (Cauca) obteniendo el rendimiento de corte de pavimento asfáltico y rendimiento de excavación a mano en conglomerado con altura entre 0.0 y 2.0 m (tabla3, tabla4), en Santander de Quilichao (Cauca) en donde se obtuvo el rendimiento de instalación de tubería pvc novafort de 10" y el rendimiento de rellenos a mano con material del sitio.

Es muy importante en la elaboración de un análisis unitario la definición de los rendimientos de la mano de obra y de equipo para la elaboración eficaz de un presupuesto, sin embargo estos dependen de muchos factores y circunstancias según sea el tipo de obra, la ubicación geográfica, el clima, etc. En la base de datos para la elaboración de presupuestos de alcantarillados se trabajó con los rendimientos manejados usualmente y en condiciones normales de obra.

10.3.1 TABLAS DE RENDIMIENTOS UTILIZADAS PARA LA BASE DE DATOS

A continuación se presentan las tablas de rendimientos y resultados nombrados anteriormente.

¹¹ Luis Orlando Muñoz Muñoz. Ingeniero civil, Universidad del Cauca. Autor libro Costos de la construcción. Referencia disponible en la biblioteca general de la universidad del Cauca.

Tabla 10. Rendimientos de excavación de un ayudante de construcción, tomados de la revista de la Universidad EAFIT

Revista edición N°128 de oct.2002

ITEM	Und.	Rendimiento (M3/Día)
EXCAVACION EN MATERIAL COMUN HASTA 1.0 M DE PROF.	M3	3.15
EXCAVACION EN CONGLOMERADO HASTA 1.0 M. DE PROF	M3	2.93

Tabla 11. Rendimientos de excavación de un ayudante de construcción, definidos por el Ingeniero Luis Orlando Muñoz Muñoz.

Esta tabla es resultado de la experiencia profesional del ingeniero Luis Orlando Muñoz Muñoz y los estudios que realizó durante su vida como profesor de la Universidad del Cauca, tiempo durante el cual escribió el libro Costos de la construcción.

ITEM	Und.	Rendimiento (M3/Día)
EXCAV. A MANO EN SECO EN TIERRA HASTA 1.0 M. DE PROF.	M3	3
EXCAV. A MANO EN SECO EN TIERRA, H <= 2.00 m.	M3	2.2
EXCAV. A MANO EN SECO EN TIERRA, ENTRE 2.0 Y 3.0 M. DE PROF.	M3	2
EXCAV. A MANO EN SECO EN TIERRA, ENTRE 3.0 Y 4.0 M. DE PROF.	M3	1.3
EXCAV. A MANO EN SECO EN TIERRA, ENTRE 4.0 Y 5.0 M. DE PROF.	M3	1
EXCAV. A MANO BAJO AGUA EN TIERRA HASTA 2.0 M. DE PROF.	M3	1.6
EXCAV. A MANO BAJO AGUA EN TIERRA ENTRE 2.0 A 3.0 M. DE PROF.	M3	1.14
EXCAV. A MANO BAJO AGUA EN TIERRA ENTRE 3.0 A 4.0 M. DE PROF.	M3	0.89
EXCAV. A MANO EN SECO CONGLOMERADO ENTRE 0 Y 2.0 M. DE PROF.	M3	2
EXCAV. A MANO EN SECO EN CONGLOMERADO ENTRE 2.0 Y 3.0 M. DE PROF.	M3	1.3
EXCAV. A MANO EN SECO EN CONGLOMERADO ENTRE 3.0 Y 4.0 M. DE PROF.	M3	1
EXCAV. A MANO EN SECO EN CONGLOMERADO ENTRE 4.0 Y 5.0 M. DE PROF.	M3	0.91
EXCAV. A MANO BAJO AGUA EN CONGLOMERADO HASTA 2.0 M. DE PROF.	M3	1.14
EXCAV. A MANO BAJO AGUA EN CONGLOMERADO ENTRE 2.0 Y 3.0 M. DE PROF.	M3	0.89
EXCAV. A MANO BAJO AGUA EN CONGLOMERADO ENTRE 3.0 Y 4.0 M. DE PROF.	M3	0.67
EXCAV. A MANO EN PIEDRA HASTA 2.0 M. DE PROFUNDIDAD	M3	1.44
EXCAV. A MANO EN PIEDRA ENTRE 2.0 Y 3.0 M. DE PROFUNDIDAD	M3	1
EXCAV. A MANO EN PIEDRA ENTRE 3.0 Y 4.0 M. DE PROFUNDIDAD	M3	0.71

Tabla 12. Rendimientos de excavación de un ayudante de construcción, tomada de la guía de autoconstrucción

Esta tabla ha sido tomada de la guía de autoconstrucción elaborada por la Universidad la gran Colombia para la división de autoconstrucción del Instituto de Crédito Territorial

ITEM	Und.	Rendimiento (M3/Día)
EXCAV. A MANO EN SECO EN TIERRA HASTA 1.0 M. DE PROF.	M3	3.2
EXCAV. A MANO EN SECO EN TIERRA, ENTRE 1.0 Y 2.0 M. DE PROF.	M3	2.12
EXCAV. A MANO EN SECO EN TIERRA, ENTRE 2.0 Y 3.0 M. DE PROF.	M3	2
EXCAV. A MANO EN SECO EN TIERRA, ENTRE 3.0 Y 4.0. M. DE PROF.	M3	1.3
EXCAV. A MANO EN SECO EN TIERRA, ENTRE 4.0 Y 5.0 M. DE PROF.	M3	0.96
EXCAV. A MANO EN SECO EN CONGLOMERADO HASTA 1.0 M. DE PROF.	M3	2.4
EXCAV. A MANO EN SECO EN CONGLOMERADO ENTRE 1.0 Y 2.0 M. DE PROF.	M3	2.1
EXCAV. A MANO EN SECO EN CONGLOMERADO ENTRE 2.0 Y 3.0 M. DE PROF.	M3	1.2
EXCAV. A MANO EN SECO EN CONGLOMERADO ENTRE 3.0 Y 4.0 M. DE PROF.	M3	0.96
EXCAV. A MANO EN SECO EN CONGLOMERADO, ENTRE 4.0 Y 5.0 M. DE PROF.	M3	0.8

Las tablas de rendimientos que se presentan a continuación (tablas 13, 14, 15, 16, 17), están calculadas en base a las recomendaciones y tablas del manual técnico de GECOLSA, para la estimación de rendimientos en excavación de distintos tipos de suelo y a diferentes profundidades, de las excavadoras hidráulicas, teniendo como supuesto un ángulo de oscilación de 90° y un factor de eficiencia de 84%, correspondiente a las condiciones de trabajo y administración excelentes. Los rendimientos se presentan en metros cúbicos en banco por hora (m3b/h).

Tabla 13. Rendimientos de excavadoras hidráulicas en excavación de tierra común

La siguiente tabla está calculada con un factor de acarreo de 85% correspondiente a excavación en tierra común.

CAPACIDAD yd3 (m3)	PROFUNDIDAD DE EXCAVACION (m.)			
	1.0	2.0	3.0	4.0
3/4 (0,57)	65,45	73,54	66,19	-----
1 (0,75)	84,19	93,76	90,89	-----
1-1/4 (0,94)	100,01	111,51	112,65	100

1-1/2 (1,13)	113,68	124,13	129,36	117,6
1-3/4 (1,32)	126,49	138,26	147,08	135,32
2 (1,57)	140,62	152,06	160,24	153,7
2-1/2 (1,87)	164,47	176,08	191,56	187,69

Tabla 14. Rendimientos de excavadoras hidráulicas en excavación de Tierra común con rocas (conglomerado).

La siguiente tabla está calculada con un factor de acarreo de 85% correspondiente a excavación en tierra común con rocas.

CAPACIDAD yd3 (m3)	PROFUNDIDAD DE EXCAVACION (m.)			
	1.0	2.0	3.0	4.0
3/4 (0,57)	38,33	42,68	41,8	-----
1 (0,75)	49,69	54,84	56,55	50,84
1-1/4 (0,94)	60,79	65,74	70,69	65,74
1-1/2 (1,13)	73,07	77,32	84,12	81,57
1-3/4 (1,32)	83,75	88,68	97,55	96,56
2 (1,57)	92,86	98,32	107,06	108,15
2-1/2 (1,87)	113,49	118,83	128,18	133,52

Tabla 15. Rendimientos de excavadoras hidráulicas en excavación de Arena y Grava.

La siguiente tabla está calculada con un factor de acarreo de 95% correspondiente a excavación en Arena y Grava.

CAPACIDAD yd3 (m3)	PROFUNDIDAD DE EXCAVACION (m.)			
	1.0	2.0	3.0	4.0
3/4 (0,57)	87,37	91,6	-----	-----
1 (0,75)	111,11	120,87	-----	-----
1-1/4 (0,94)	125	140,45	123,59	-----
1-1/2 (1,13)	146,31	162,74	149,59	-----
1-3/4 (1,32)	160,81	180,91	169,95	-----
2 (1,57)	176,96	197,07	191,04	-----
2-1/2 (1,87)	206,89	230,67	230,67	204,51

Tabla 16. Rendimientos de excavadoras hidráulicas en excavación de Arcilla dura y pegajosa.

La siguiente tabla está calculada con un factor de acarreo de 70% correspondiente a excavación en Arcilla dura y pegajosa.

CAPACIDAD yd3 (m3)	PROFUNDIDAD DE EXCAVACION (m.)			
	1.0	2.0	3.0	4.0
3/4 (0,57)	43,46	48,4	47,42	
1 (0,75)	56,78	62,66	64,62	58,09
1-1/4 (0,94)	71,41	75,46	81,14	75,46
1-1/2 (1,13)	81,41	86,15	93,72	90,88
1-3/4 (1,32)	89,96	95,26	104,78	103,72
2 (1,57)	101,46	107,43	116,98	118,17
2-1/2 (1,87)	118,45	124,03	133,78	139,36

Tabla 17. Rendimientos de excavadoras hidráulicas en excavación de Arcilla mojada y pegajosa.

La siguiente tabla está calculada con un factor de acarreo de 60% correspondiente a excavación en Arcilla mojada y pegajosa.

CAPACIDAD yd3 (m3)	PROFUNDIDAD DE EXCAVACION (m.)			
	1.0	2.0	3.0	4.0
3/4 (0,57)	23,95	26,67	26,13	
1 (0,75)	32,01	35,32	36,42	32,75
1-1/4 (0,94)	39,88	43,12	46,37	43,12
1-1/2 (1,13)	48,11	50,91	55,38	53,70
1-3/4 (1,32)	53,98	57,16	62,87	62,23
2 (1,57)	60,40	63,96	64,67	70,36
2-1/2 (1,87)	75,40	78,95	85,16	88,70

Tabla 18. Rendimientos de microtuneladoras de 16" 24" y 36" de diametro

La siguiente tabla es resultado de la construcción del túnel colector Fontibon – Soacha en Bogotá, Colombia, en el 2009.

EQUIPO	Rendimiento (ml/h)
Microtuneladora D=16"	0,54
Microtuneladora D=24"	0,39
Microtuneladora D=36"	0,29

Tabla 19. Rendimientos de algunas actividades manejadas comúnmente en los alcantarillados

La siguiente tabla es una recolección de datos empíricos que manejan los ingenieros de la Subdirección de Defensa del Patrimonio Ambiental de la CRC, estos datos han sido manejados mediante muchos proyectos ejecutados en la entidad en los últimos años en el departamento del Cauca.

ITEM	Und.	Cuadrilla	Rend. (Und/Dia)
BOX CULVERT (0.60x0.50)m.	ML	1Mst+1Of+2Ay	2
BOX CULVERT (1.0x1.0)m.	ML	1Mst+1Of+2Ay	1.5
BOX CULVERT (2.0x2.0)m.	ML	1Mst+1Of+2Ay	1
CAMARA INSPECCION EN CCTO DE 1.5 m A 2.0 m. DE ALTURA	UND	1Mst+1Of+2Ay	0.3
CAMARA INSPECCION EN CCTO DE 1.5 m DE ALTURA	UND	1Mst+1Of+2Ay	0.5
CAMARA INSPECCION EN CCTO DE 2.0 m A 3.0 m. DE ALTURA	UND	1Mst+1Of+4Ay	0.2
CARGUE A MANO Y RETIRO DE SOBRANTES	M3	1Ayu	5
COMPACTACION CONGLOMERADO CON SALTARIN	M3	2Ayu	6
COMPACTACION DE MATERIAL COMUN CON SALTARIN	M3	2Ayu	8
CUNETA RECTANGULAR DE (0.4x0.4)m (CON TAPA)	ML	1Of+2Ay	5
DEMOLICION DE PAVIMENTO ASFALTICO A MANO E=10cm	M2	2Ayu	5
DEMOLICION DE PAVIMENTO RIGIDO A MANO E=10cm	M2	2Ayu	3
ENTIBADO EN MADERA	M2	1Of+2Ay	150
INST. ACERO DE REFUERZO (INCLUYE FIGURACION)	Kg	1Of+1Ay	160
INST. DE GRAVILLA PARA CIMENTACION DE TUBERIA	M3	4Ayu	9.6
INSTALACION DE ENTIBADO EN ESTRUCTURA METALICA	M2	1Of+2Ay	180
RECUBRIMIENTO DE TUBERIA EN CONCRETO DE 14 Mpa	M3	1Of+2Ay	2.9
RELLENO A MANO CON MATERIAL DEL SITIO	M3	1Ayu	5
RELLENO A MANO CON MATERIAL SELECCIONADO	M3	1Ayu	4.2
RELLENO A MANO CON ROCA MUERTA	M3	1Ayu	3.8
RETIRO DE ENTIBADO	M2	1Of+2Ay	200
SUMIDERO DE REJA EN CALZADA	ML	1Of+1Ay	3
SUMIDERO EN CUNETA (0.95x0.45)m CON REJILLA	UND	1Of+1Ay	2
SUMIDERO EN CUNETA (0.95x0.45)m CON TAPA EN CCTO	UND	1Of+1Ay	2
SUMIDERO TIPO VENTANA (0.95x0.45)m	UND	1Of+1AY	2
CORTE DE PAVIMENTO ASFALTICO CON CORTADORA	ML	EQU	50
CORTE DE PAVIMENTO ASFALTICO CON CORTADORA	ML	EQU	50
CORTE Y CARGUE CONGLOMERADO CON RETRO DE 1M3	M3	EQU	60
CORTE Y CARGUE MATERIAL COMUN CON RETRO DE 1M3	M3	EQU	80
DEMOLICION DE PAVIMENTO ASFALTICO CON COMPRESOR	M2	EQU	150
DEMOLICION DE PAVIMENTO RIGIDO CON COMPRESOR	M2	EQU	120
RELLENO CON BULLDOZER CON MATERIAL DEL SITIO	M3	EQU	60

Tabla 20. (a-b) Rendimientos de instalación de tubería pvc Novafort y Novaloc, concreto clase I y clase II, del manual técnico de PAVCO S.A.

RENDIMIENTOS DE INSTALACION						
TUBERIA NOVAFORT					TUBERIA CONCRETO CLASE 1	
Diámetro Nominal	Rendimiento Instalación		Peso		Tipo Cuadrilla y Equipo	
	Tubos/día	m/día	kg/m	kg/Tubo 6m		
110	20	120	0.96	5.76		
160	20	120	1.84	11.04		
200	15	90	2.66	15.96		
250	15	90	3.87	23.22		
315	15	90	5.69	34.14		
400	10	60	8.82	52.92		
450	10	60	11.82	70.92		
500	10	60	14.27	85.62		
pulg.	Tubos/día	m/día	kg/m	kg/Tubo 1.25m		
4	20	25				
6	20	25	35.20	44	1	
8	15	19	62.40	78	1	
10	10	13	78.40	98	1	
12	10	13	97.60	122	2	
16	6	8	149.60	187	2	
18	6	8	200.80	251	2	
20	6	8	260.00	325	2	

Cuadrilla NOVAFORT: 1 Oficial Tubero + 1 Ayudante

Cuadrilla 1 Concreto: 1 Oficial Tubero + 1 Ayudante
 Cuadrilla 2 Concreto: 1 Oficial Tubero + 2 Ayudantes
 Equipo 2 Concreto: Grúa o Retro < 1 tonelada

RENDIMIENTOS DE INSTALACION					
TUBERIA NOVALOC-NOVAFORT				TUBERIA CONCRETO CLASE II	
Diámetro Nominal	Rendimiento Instalación		Peso	Tipo Equipo	
	Tubos/día	m/día	kg/tubo 6.5m		
24**	6	39.00	102-109		
27**	6	39.00	137-130		
30**	6	39.00	161-162		
33	6	39.00	176		
36	5	32.50	250		
39	5	32.50	357		
42	5	32.50	383		
45	4	24.00	378 *		
48	4	24.00	508 *		
51	3	18.00	545 *		
54	3	18.00	569 *		
60	3	18.00	630 *		
pulg	Tubo/día	m/día	kg/tubo 2.5m		
24	6	15.00	980	3	
27	6	15.00	1270	3	
30	6	15.00	1590	3	
36	5	12.50	1980	3	
40	5	12.50	2490	3	
44	4	10.00	2790	4	
48	4	10.00	3280	4	
52	3	7.50	3640	4	
56	3	7.50	3890	4	
60	3	7.50	4460	4	

Cuadrilla NOVALOC: 1 Oficial Tubero + 2 Ayudantes
 Equipo: Grúa o Retro < 1 ton
 *Peso Kg/tubo 6.0 m
 ** También NOVAFORT

Cuadrilla: 1 Oficial Tubero + 2 Ayudantes
 Equipo 3 Concreto: Grúa o Retro 1 ton - 3 ton
 Equipo 4 Concreto: Grúa o Retro 3 ton - 5 ton

Tabla 21. (a, b, c) Rendimientos de lubricante, adhesivo y acondicionador de superficie utilizados en la instalación de uniones, sillas tee e yee, del manual técnico de PAVCO S.A.

Lubricante NOVAFORT UNI-Z Y UNI-SAFE



Nota: El lubricante Novafort Uni-Z y Uni-Safe vienen en presentación única de 500 grs.

Referencia	Diámetro Nominal	Nº de uniones por 500 grs.
	mm	Mm
0530000001	110	100
	160	45
	200	30
	250	20
	315	15
	400	7
	450	6
	500	5

Adhesivo NOVAFORT



Nota: El diámetro corresponde al diámetro del colector. Este dato es válido para Sillas Yee y Tee, con salidas en 110 y 160 mms. El tarro contiene 310 ml. De Adhesivo Novafort.

Referencia	Diámetro Nominal	Rendimiento Sillas/Tarro
	mm	Mm
0540000001	200	3
	250	2
	315	1.2

Acondicionador de Superficie NOVAFORT



Nota: El diámetro corresponde al diámetro del colector. Este dato es válido para Sillas Yee y Tee, con salidas en 119 y 160 mms. El tarro contiene 250 c.c. de acondicionador de superficie Novafort

Referencia	Diámetro Nominal	Rendimiento Sillas / Tarro
0540000002	200	90+/- 10 sillas
	250	85+/- 10 sillas
	315	80+/- 10 sillas

10.3.2 RESULTADOS DE OBSERVACIONES DIRECTAS

Con el fin de comparar algunos de los rendimientos de las tablas anteriores se realizaron algunas observaciones durante un periodo de tres días en el municipio de Miranda (Cauca) y en el municipio de Santander de Quilichao (Cauca), donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 22. Resultados de las medidas tomadas en Miranda, Cauca, en la actividad de corte de pavimento flexible.

Ro. 1 AYUDANTE DE CONSTRUCCION		
CORTE PAVIMENTO FLEXIBLE		
DIA	ML	ML/DIA
1	48	48
2	55	53
3	50	49
	PROM.=	50.0

Tabla 23. Resultados de las medidas tomadas en Miranda, Cauca, en la actividad de excavación a mano en conglomerado altura entre 0.0 y 2.0 m.

Ro. 1 AYUDANTE DE CONSTRUCCION		
EXCAVACION A MANO EN CONGLOMERADO		
ALTURA ENTRE 0.0 Y 2.0 M.		
DIA	M3	M3/DIA
1	1.7	1.7
2	2.3	2.3
3	2	2
	PROM.=	2

Los resultados de las observaciones de excavación a mano en conglomerado (tabla 22) son consecuentes con los rendimientos que propone el ingeniero Orlando Muñoz (tabla 11) y los rendimientos propuestos por la universidad la gran Colombia. (Tabla 12).

Tabla 24. Resultados de las medidas tomadas en Santander de Quilichao, Cauca, en la actividad de suministro e instalación de tubería pvc Novafort D=10”.

Ro. CUADRILLA 1 OFICIAL + 2 AYUDANTES		
SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA		
PVC NOVAFORT D=10"		
DIA	ML	ML/DIA
1	85	86
2	98	97
	PROM.=	91.5

Los resultados de la tabla 23 fueron comparados con los rendimientos que propone el manual técnico de PAVCO y se concluyó que los valores son consecuentes, PAVCO propone un rendimiento de 90 ML/DIA mientras que las medidas arrojaron 91.5 ML/DIA. Se opta por el menor valor siendo una elección conservadora y tomando como referencia un estudio más detallado.

Tabla 25. Resultados de las medidas tomadas en Santander de Quilichao, Cauca.

Ro. AYUDANTE DE CONSTRUCCION		
RELLENOS CON MATERIAL DEL SITIO		
DIA	M3	M3/DIA
1	5.1	5.1
2	4.3	4.3
	PROM.=	4.7

Las medidas tomadas básicamente se resumen en cantidad de obra ejecutada Vs tiempo gastado, estas sirven como una referencia para la elaboración de los presupuestos.

En la fase final del trabajo, se terminaron de conformar los ítems faltantes y se actualizaron las listas de precios consultando listados del INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, COVAL, PVC GERFOR S.A. actualizados a enero de 2009.

10.4 LISTA DE ANALISIS UNITARIOS CREADOS

A continuación se presenta un resumen de todos los análisis unitarios creados en la base de datos en el programa Obras versión 1.5 para la elaboración de presupuestos de alcantarillados.

Tabla 26. Lista resumen de los análisis unitarios de la base de datos

	ITEM	UNIDAD
1	PRELIMINARES	
	Localización y replanteo (cuadrilla)	ml
	Localización y replanteo (comisión topografía)	m2
	Descapote manual (e= 0.05m.)	m2
	Descapote manual (e= 0.10m.)	m2
	Descapote con maquinaria (e=0.10m.)	m2
	Corte pavimento asfaltico	ml
	Corte pavimento rígido	ml
	Demolición de Pavimento asfaltico (e=0.10m.) a mano	m2
	Demolición de Pavimento asfaltico (e=0.10m.) compresor	m2
	Demolición de pavimento rígido (e=0.15m.) a mano	m2
	Demolición de pavimento rígido (e=0.15m.) compresor	m2
2	MOVIMIENTO DE TIERRA	
2.1	A MANO	
	Excavación a mano bajo agua en conglomerado hasta 2.0 m de prof.	m3
	Excavación a mano bajo agua en conglomerado entre 2.0 y 3,0 m de prof.	m3
	Excavación a mano bajo agua en conglomerado entre 3.0 y 4,0 m de prof.	m3
	Excavación a mano bajo agua en tierra común hasta 2.0 m de prof.	m3
	Excavación a mano bajo agua en tierra común entre 2.0 y 3.0 m de prof.	m3
	Excavación a mano bajo agua en tierra común entre 3.0 y 4.0 m de prof.	m3
	Excavación a mano bajo agua en material común para cámaras de 2.0 a 3.0 m de prof.	m3
	Excavación a mano bajo agua en conglomerado para cámaras de 2.0 a 3.0 m de prof.	m3
	Excavación a mano en seco en conglomerado entre 0 y 2.0 m de prof.	m3
	Excavación a mano en seco en conglomerado entre 2.0 y 3.0 m de prof.	m3
	Excavación a mano en seco en conglomerado entre 3.0 y 4.0 m de prof.	m3
	Excavación a mano en seco en tierra común hasta 1.0 m de prof.	m3
	Excavación a mano en seco en tierra común hasta 2.0 m de prof.	m3
	Excavación a mano en seco en tierra común entre 2.0 y 3.0 m de prof.	m3
	Excavación a mano en seco en tierra común entre 3.0 y 4.0 m de prof.	m3

	Excavación a mano en seco en tierra común entre 4.0 y 5.0 m de prof.	m3
	Excavación a mano en roca entre 0 y 3.0 m de prof.	m3
	Cargue a mano y retiro de sobrantes a 5 Km	m3
	Rellenos a mano con material del sitio	m3
	Rellenos a mano con material seleccionado D = 3/4" (compactado con rana)	m3
	Rellenos a mano con roca muerta (compacto con rana)	m3
2.2	CON EQUIPO	
	Excavación a máquina en tierra común a 1.0 m de profundidad. Excavadora de 1-1/4 yd3 (1.0m3)	m3
	Excavación a máquina en tierra común a 2.0 m de profundidad. Excavadora de 1-1/4 yd3 (1.0m3)	m3
	Excavación a máquina en tierra común a 3.0 m de profundidad. Excavadora de 1-1/4 yd3 (1.0m3)	m3
	Excavación a máquina en tierra común a 4.0 m de profundidad. Excavadora de 1-1/4 yd3 (1.0m3)	m3
	Excavación a máquina en conglomerado a 1.0 m de profundidad. Excavadora de 1-1/4 yd3 (1.0m3)	m3
	Excavación a máquina en conglomerado a 2.0 m de profundidad. Excavadora de 1-1/4 yd3 (1.0m3)	m3
	Excavación a máquina en conglomerado a 3.0 m de profundidad. Excavadora de 1-1/4 yd3 (1.0m3)	m3
	Excavación a máquina en conglomerado a 4.0 m de profundidad. Excavadora de 1-1/4 yd3 (1.0m3)	m3
	Excavación a máquina en arcilla dura a 1.0 m de profundidad. Excavadora de 1-1/4 yd3 (1.0m3)	m3
	Excavación a máquina en arcilla dura a 2.0 m de profundidad. Excavadora de 1-1/4 yd3 (1.0m3)	m3
	Excavación a máquina en arcilla dura a 3.0 m de profundidad. Excavadora de 1-1/4 yd3 (1.0m3)	m3
	Excavación a máquina en arcilla dura a 4.0 m de profundidad. Excavadora de 1-1/4 yd3 (1.0m3)	m3
	Excavación a máquina en arcilla mojada a 1.0 m de profundidad. Excavadora de 1-1/4 yd3 (1.0m3)	m3
	Excavación a máquina en arcilla mojada a 2.0 m de profundidad. Excavadora de 1-1/4 yd3 (1.0m3)	m3
	Excavación a máquina en arcilla mojada a 3.0 m de profundidad. Excavadora de 1-1/4 yd3 (1.0m3)	m3
	Excavación a máquina en arcilla mojada a 4.0 m de profundidad. Excavadora de 1-1/4 yd3 (1.0m3)	m3
	Excavación de microtunel D = 16"	ml

	Excavación de microtúnel D = 24"	ml
	Excavación de microtúnel D = 36"	ml
	Corte y cargue de material común con retro	m3
	Corte y cargue de conglomerado con retro	m3
	Cargue y retiro de sobrantes con equipo	m3
	Relleno a máquina con material del sitio	m3
	Compactación de conglomerado con saltarín	m3
	Compactación de material común con saltarín	m3
3	ENTIBADOS Y TABLESTACA	
	Entibado en madera	m2
	Instalación de entibado en estructura metálica	m2
	Retiro de entibado	m2
	Tablestaca en madera (3x0.27x0.025)m	m2
	Instalación tablestaca metálica (tablestaca de 60 cm de ancho)	m2
	Instalación tablestaca metálica en Z (tablestaca de 35 cm de ancho)	m2
	Retiro de tablestaca	m2
4	ENCAMADOS	
	Sumi. E inst. de gravilla para cimentación de tubería	m3
	Recubrimiento de tubería en concreto de 14 Mpa	m3
	Encamado en concreto de 14 Mpa	m3
5	TUBERIAS DE GRES	
	Sumi. E inst de tubería de gres vitrificado D = 4"	ml
	Sumi. E inst de tubería de gres vitrificado D = 6"	ml
	Sumi. E inst de tubería de gres vitrificado D = 8"	ml
	Sumi. E inst de tubería de gres vitrificado D = 10"	ml
	Sumi. E inst de tubería de gres vitrificado D = 12"	ml
6	TUBERIAS DE POLICLORURO DE VINILO (PVC)	
	Sumi e inst de tubería PVC Novafort D = 6"	ml
	Sumi e inst de tubería PVC Novafort D = 8"	ml
	Sumi e inst de tubería PVC Novafort D = 10"	ml
	Sumi e inst de tubería PVC Novafort D = 12"	ml
	Sumi e inst de tubería PVC Novafort D = 16"	ml
	Sumi e inst de tubería PVC Novafort D = 20"	ml
	Sumi e inst de tubería PVC Novaloc D = 24"	ml
	Sumi e inst de tubería PVC Novaloc D = 27"	ml
	Sumi e inst de tubería PVC Novaloc D = 30"	ml
	Sumi e inst de tubería PVC Novaloc D = 33"	ml
	Sumi e inst de tubería PVC Novaloc D = 36"	ml
	Sumi e inst de tubería PVC Novaloc D = 42"	ml
	Sumi e inst de silla yee pvc 6"x4"	und

Sumi e inst de silla yee pvc 8"x4"	und
Sumi e inst de silla yee pvc 8"x6"	und
Sumi e inst de silla yee pvc 10"x4"	und
Sumi e inst de silla yee pvc 10"x6"	und
Sumi e inst de silla yee pvc 12"x4"	und
Sumi e inst de silla yee pvc 12"x6"	und
Sumi e inst de silla yee pvc 16"x4"	und
Sumi e inst de silla yee pvc 16"x6"	und
Sumi e inst de silla yee pvc 18"x6"	und
Sumi e inst de silla yee pvc 20"x6"	und
Sumi e inst de silla tee pvc 6"x4"	und
Sumi e inst de silla tee pvc 8"x4"	und
Sumi e inst de silla tee pvc 8"x6"	und
Sumi e inst de silla tee pvc 10"x4"	und
Sumi e inst de silla tee pvc 10"x6"	und
Sumi e inst de silla tee pvc 12"x4"	und
Sumi e inst de silla tee pvc 12"x6"	und
Sumi e inst de silla tee pvc 16"x4"	und
Sumi e inst de silla tee pvc 16"x6"	und
Sumi e inst de silla tee pvc 18"x6"	und
Sumi e inst de silla tee pvc 20"x6"	und
Sumi e inst de sello elastomeric D = 4"	und
Sumi e inst de sello elastomeric D = 6"	und
Sumi e inst de sello elastomeric D = 8"	und
Sumi e inst de sello elastomeric D = 10"	und
Sumi e inst de sello elastomeric D = 12"	und
Sumi e inst de sello elastomeric D = 16"	und
Sumi e inst de sello elastomeric D = 18"	und
Sumi e inst de sello elastomeric D = 20"	und
Sumi e inst de unión pvc Novafort D = 6"	ml
Sumi e inst de unión pvc Novafort D = 8"	ml
Sumi e inst de unión pvc Novafort D = 10"	ml
Sumi e inst de unión pvc Novafort D = 12"	ml
Sumi e inst de unión pvc Novafort D = 16"	ml
Sumi e inst de unión pvc Novafort D = 18"	ml
Sumi e inst de unión pvc Novafort D = 20"	ml
Sumi e inst de unión pvc Novaloc D = 24"	und
Sumi e inst de unión pvc Novaloc D = 27"	und
Sumi e inst de unión pvc Novaloc D = 30"	und
Sumi e inst de unión pvc Novaloc D = 33"	und

	Sumi e inst de unión pvc Novaloc D = 36"	und
	Sumi e inst de unión pvc Novaloc D = 39"	und
	Sumi e inst de unión pvc Novaloc D = 42"	und
7	TUBERIAS DE CONCRETO	
	Sumi. E inst tubería de concreto clase 1, D = 6"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto clase 1, D = 8"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto clase 1, D = 10"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto clase 1, D = 12"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto clase 1, D = 14"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto clase 1, D = 16"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto clase 1, D = 18"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto clase 1, D = 20"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto clase 1, D = 24"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 1, D = 24"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 1, D = 27"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 1, D = 30"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 1, D = 36"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 1, D = 40"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 1, D = 44"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 1, D = 48"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 1, D = 52"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 1, D = 56"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 1, D = 60"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 1, D = 64"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 1, D = 68"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 1, D = 72"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 1, D = 80"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 1, D = 86"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 1, D = 92"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto clase 2, D = 6"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto clase 2, D = 8"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto clase 2, D = 10"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto clase 2, D = 12"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto clase 2, D = 14"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto clase 2, D = 16"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto clase 2, D = 18"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto clase 2, D = 20"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto clase 2, D = 24"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 2, D = 24"	ml
	Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 2, D = 27"	ml

Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 2, D = 30"	ml
Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 2, D = 36"	ml
Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 2, D = 40"	ml
Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 2, D = 44"	ml
Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 2, D = 48"	ml
Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 2, D = 52"	ml
Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 2, D = 56"	ml
Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 2, D = 60"	ml
Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 2, D = 64"	ml
Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 2, D = 68"	ml
Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 2, D = 72"	ml
Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 2, D = 80"	ml
Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 2, D = 86"	ml
Sumi. E inst tubería de concreto reforzado clase 2, D = 92"	ml
Sumi. E inst yee de concreto 8"x6"x0.60m.	und
Sumi. E inst yee de concreto 10"x6"x1.25m.	und
Sumi. E inst yee de concreto 12"x6"x1.25m.	und
Sumi. E inst yee de concreto 14"x6"x1.25m.	und
Sumi. E inst yee de concreto 16"x6"x1.25m.	und
Sumi. E inst yee de concreto 18"x6"x1.25m.	und
Sumi. E inst yee de concreto 20"x6"x1.25m.	und
Sumi. E inst yee de concreto 24"x6"x1.25m.	und
7 ESTRUCTURAS DE CONCRETO	
Acero de refuerzo (incluye figuración)	Kg
Fundición de concreto ciclópeo (60% ccto simple 21 Mpa, 40% piedra)	m3
Fundición de concreto simple 14 Mpa para solado e = 0.05 m.	m2
Fundición de concreto simple 21 Mpa	m3
Fundición de concreto simple impermeable 21 Mpa para losas de fondo	m3
Fundición de concreto simple impermeable 21 Mpa para muros (elevaciones)	m3
Fundición de mortero 1:3 impermeable	m3
Cámara de inspección en concreto 21 Mpa hasta 1.5 m. de altura	und
Cámara de inspección en concreto 21 Mpa de 1.5 a 2.0 m. de altura	und
Cámara de inspección en concreto 21 Mpa de 2.0 a 3.0 m. de altura	und
cuneta rectangular de concreto (0.40x0.40)m. con tapa	ml
Cuneta triangular de concreto (0.60 m. de ancho libre x 0.60 m. de altura)	ml
Cuneta bordillo de concreto (1.0 m. de ancho libre x 0.40 m. de altura)	ml
Sumidero en concreto tipo ventana (0.95 x 0.45) m	und
Sumidero en concreto en cuneta (0.95 x 0.45) m con rejilla metálica	und
Sumidero en concreto de reja en calzada (0.95 x 0.45) m	ml
Sumidero en concreto en cuneta (0.95 x 0.45) m con tapa de concreto (tipo Emcali)	und

	Sumidero en rejilla (0.95 x 0.45)m.	ml
	Trampa de grasas	m3
	Tanque séptico en concreto (3.0x2.2x2.1) m.	und
	Tanque séptico en concreto (5.0x2.5x2.1) m.	und
	Tanque séptico en concreto (6.0x3.5x2.1) m.	und
	Box culvert en concreto (0.60x0.50) m.	ml
	Box culvert en concreto (1.0x1.0) m.	ml
	Box culvert en concreto (2.0x2.0) m.	ml
9	PAVIMENTOS	
	Sub base granular hasta 0.35 m. de espesor	m3
	Base granular hasta 0.30 m. de espesor	m3
	imprimación	m2
	Mezcla asfáltica en caliente para bacheo	m3
	Carpeta asfáltica e = 0.10 m.	m2
	Carpeta asfáltica e = 0.15 m.	m2
	Losa de concreto de 21 Mpa e = 0.15 m.	m2
10	OTROS	
	Sumi e inst de Cámara de inspección Novacam pvc	und
	Sumi e inst de tanque séptico cap 1000 Lt. pvc	und
	Cerramiento con postes de ccto (0.10x0.10x2.50) m cada 1.0m.	ml
	Cerramiento con postes de ccto (0.10x0.10x2.50) m cada 1.5m.	ml
	Sumi e inst de grama	m2

11. COMENTARIOS

Durante el transcurso del trabajo en la subdirección de defensa del patrimonio ambiental de la CRC, se siguió estrictamente cada uno de los objetivos específicos enmarcados en el proyecto de trabajo de grado y se actuó siguiendo los requerimientos de la CRC, logrando alcanzar dichos objetivos y de esa manera cumplir con el objetivo general. A continuación se presentan cada uno de los objetivos alcanzados:

Tabla 27. Cuadro de comparación de los objetivos específicos consignados en el proyecto de Trabajo de grado y los objetivos logrados al termino del mismo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS CONSIGNADOS EN EL PROYECTO	OBJETIVOS ALCANZADOS AL TERMINO DEL TRABAJO
Análisis de los Sistemas de alcantarillados y procesos de construcción.	Se estudiaron los sistemas de alcantarillados que se manejan comúnmente a nivel nacional y los procesos constructivos que se llevan a cabo. Adicionalmente se estudiaron las obras que se construyen frecuentemente para la conducción de las aguas residuales y los métodos de diseño, todo esto consignado en el presente documento.
Capacitación y Manejo óptimo del software OBRAS.	Se logró eficazmente la capacitación en el manejo óptimo del software, mediante el estudio del manual operativo, del mismo.
Establecer los recursos básicos (insumos, materiales) con sus respectivos precios, requeridos para la construcción, mejoramiento y adecuación de los alcantarillados.	Se creó un listado de precios de insumos y materiales necesarios para la elaboración de los presupuestos, conformando la lista de recursos básicos (insumos) en el programa, necesarios para la elaboración de los presupuestos de mejoramiento, adecuación y construcción de alcantarillados.

<p>Formular los análisis básicos para la realización eficaz de los presupuestos.</p>	<p>Se crearon los análisis básicos o análisis unitarios intermedios que se utilizan frecuentemente en la elaboración de otros análisis unitarios generales y conformar la lista de análisis básicos del programa.</p>
<p>Definir actividades de obra e ítems de construcción necesarios en los proyectos.</p>	<p>Se conformaron y crearon todos los análisis unitarios necesarios o ítems de construcción, trabajando con los ingenieros de la CRC y sobre los planos de alcantarillados existentes en la entidad, para definir la lista de ítems del programa.</p>
<p>Determinar los rendimientos de las distintas actividades de obra, basados en datos estadísticos, experiencia de proyectos previos y por medio de observación directa en visitas de obra.</p>	<p>Se consultaron, revisaron y organizaron todos los rendimientos de mano de obra y de equipo que hacen parte de las actividades de obra, basados en tablas de rendimientos existentes, experiencia de proyectos previos y por medio de observación directa en visitas de obra.</p>

Todos los resultados del presente trabajo se anexan en la parte final del documento como tablas de análisis unitarios, mostrados tal cual los imprime el programa Obras versión 1.5.

Los objetivos específicos logrados al término del trabajo, dieron lugar al alcance del objetivo general del proyecto. Mediante la elaboración de las listas de recursos básicos, la creación de análisis básicos e ítems de presupuesto, se conformó finalmente la base de datos en el programa Obras versión 1.5 la cual se utiliza en la elaboración de presupuestos de adecuación, mejoramiento y construcción de sistemas de alcantarillado en la Subdirección de Defensa del Patrimonio Ambiental de la CRC, cumpliendo finalmente con lo estipulado en el proyecto de trabajo de grado y con los requerimientos de la entidad. Dentro del proyecto no estaba contemplada la capacitación en el manejo óptimo del software por parte del estudiante a los ingenieros de la entidad, sin embargo se realizó una charla donde se presentó el resultado del trabajo y se realizó la capacitación con el objetivo de que los funcionarios pudieran manejar la base de datos y elaborar presupuestos utilizando el software eficazmente.

Inicialmente los datos obtenidos pueden ser utilizados en la elaboración de presupuestos para adecuación, mejoramiento y construcción de alcantarillados en el departamento del Cauca, ya que se trabaja con datos de precios de materiales del mercado de Popayán y rendimientos tomados de proyectos ejecutados previamente en municipios del departamento. Sabemos que los presupuestos dependen de factores tales como: rendimientos, circunstancias climáticas, situaciones anormales que se puedan presentar en la ejecución de la obra; por esta razón se dice que los presupuestos son específicos, dinámicos, inherentes a las condiciones de cada localidad. La base de datos elaborada está sujeta a todos estos factores, el usuario puede modificar y actualizar los datos según sea su conveniencia, puede actualizar precios de insumos, modificar los rendimientos según las condiciones en que se vaya a ejecutar la obra.

La parte más importante de la base de datos son los resultados de la elaboración de los análisis unitarios y la definición de los rendimientos. Esta base de datos se puede utilizar en el departamento del Cauca y cualquier parte de Colombia. Los precios de insumos y mano de obra son los más susceptibles a variaciones, los rendimientos de mano de obra son similares en casi todas las localidades, de tal manera que no requieren muchos cambios. La base de datos es creada para el manejo de proyectos en el municipio de Popayán (Cauca) y municipios del Cauca principalmente, en otras localidades los precios y rendimientos sirven como referencia, sabemos que en todos los lugares no existen las mismas condiciones, por tal razón el usuario determina si es necesaria la modificación de los datos consignados en la base de datos según las circunstancias en que se encuentre.

Para modificar la base de datos basta con actualizar precios y ajustar rendimientos, este proceso se realiza únicamente digitando los valores directamente en el archivo de la base de datos, de esta manera se puede utilizar en todo el territorio nacional y quien tenga acceso al software, el cual es distribuido por el ingeniero Francisco Zuluaga y Mastersoft (www.master-soft.net).

12. CONCLUSIONES

- ❖ Es muy importante conocer y estudiar con anterioridad los procesos constructivos de las diferentes actividades de obra que se requieran para la elaboración de un presupuesto, ya que es necesario estimar de una manera precisa la cantidad de los materiales, la mano de obra y los equipos de construcción que van a intervenir en dicha actividad. De esta manera se conforman eficazmente los análisis unitarios.
- ❖ El manejo de presupuestos de cualquier tipo de obra civil utilizando el software OBRAS versión 1.5 agiliza enormemente el desarrollo de los proyectos de construcción, adecuación y mejoramiento de las obras civiles, puesto que, una vez lograda la base de datos, la elaboración de un presupuesto se reduce únicamente a importar los ítems desde el archivo de base de datos y digitar cantidades de obra.
- ❖ La implementación de la base de datos dentro de la subdirección de defensa del patrimonio ambiental será de gran ayuda para el alcance de los objetivos trazados por la CRC, la elaboración de presupuestos tardará solo unos cuantos minutos y de esa manera la entidad logrará agilizar la elaboración de los presupuestos de los proyectos de construcción, adecuación y mejoramiento de alcantarillados que frecuentemente se requieren para suplir las necesidades básicas de la población general, con el fin de lograr una rápida y efectiva ejecución de los mismos beneficiando no solo a la CRC sino a toda la población del departamento.
- ❖ El documento elaborado, las tablas de rendimientos y las tablas de análisis unitarios que resultan del trabajo, son de gran ayuda para la comunidad académica de la Universidad del Cauca, puesto que, estas conforman una referencia importante para el manejo de los costos de construcción de alcantarillados.
- ❖ El aprendizaje obtenido dentro de las labores realizadas en la entidad, hace parte de los logros más importantes del trabajo, conociendo la vida profesional, aprendiendo a manejar muchas de las actividades de obra que se ejecutan dentro de los procesos de construcción, adecuación y mejoramiento de alcantarillados, y más precisamente el manejo de los costos desde una perspectiva más profunda, logrando el control óptimo del software que se manipuló y la elaboración eficaz y efectiva de los presupuestos de construcción, adecuación y mejoramiento de alcantarillados.

- ❖ El conocimiento adquirido en el transcurso de las labores académicas en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca gracias al alto potencial cognoscitivo de los docentes, son una base enorme para el desarrollo de las actividades de la vida profesional como ingeniero civil. El trabajo realizado en la Subdirección de Defensa del Patrimonio Ambiental es resultado de todos los conocimientos adquiridos por el estudiante en la Universidad del Cauca, específicamente en el área de los costos de construcción y alcantarillados, teniendo como educador al Ing. Luis Fernando Polanco y al Ing. John Calderón R. respectivamente. el aprendizaje obtenido es muy amplio. Los objetivos alcanzados son complemento al aprendizaje obtenido en la universidad. El manejo óptimo del programa Obras versión 1.5 es una ventaja importante para la agilización de la elaboración de presupuestos de cualquier tipo de obra civil.
- ❖ Es muy importante la experiencia adquirida durante el trabajo, ya que el proceso de adaptación y adquisición de labores y responsabilidades dentro de la vida profesional, alimenta el desarrollo cognoscitivo.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Asociación Española de fabricantes de tubos de Hormigón (ATHA)- Manual de diseño y Cálculo de tuberías de Hormigón. (www.atha.es)

Biblioteca electrónica de salud y seguridad ocupacional en la construcción (www.elcosh.org)

Deposito de documentos de la FAO (Food and Agriculture Organization of the Unite Nations)

Diccionario de arquitectura y construcción (www.parro.com)

Federal Highway administration. Department of Transportation (FHWA).

General de Equipos de Colombia (GECOLSA) – Principios básicos de movimiento de tierra.

Gerardo A. Rivera – Concreto simple, Universidad del Cauca.

Hugo Eduardo Muñoz M. – Principios generales de la construcción pesada – Universidad del Cauca.

Humberto Nieto Díaz – Presupuesto de obras.

Instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC)

Jhon Calderón Ramírez – Alcantarillados, Memorias de clase, Universidad del Cauca.

Keramo-Steinzeug - Manual técnico para tubos de gres vitrificado (www.keramo.net)

Luis Fernando Polanco – Costos de la Construcción, Memorias de clase, Universidad del Cauca.

Luis Ildemar Sanches – Legislación de la Construcción, memorias de clase, Universidad del Cauca.

Luis Orlando Muñoz M. – Costos de la construcción, Universidad del Cauca.

Manual operativo Obras Versión 1.5.

Manual técnico de PAVCO (www.coval.com)

Norma Sismo Resistente del 98 (NSR-98)

Reglamento técnico del sector Agua potable y Saneamiento básico (RAS 2000)

Sehir Gómez Escobar – Legislación laboral, teoría y practica

Simón Aroca R. – Cloacas y Drenajes. Teoría y diseño

Universidad la gran Colombia – Guía practica de Autoconstrucción

Wikipedia la enciclopedia libre (www.wikipedia.com)

www.entibado.com

www.inkatonsa.com

14. ANEXOS

14.1. ANEXO 1. ANALISIS UNITARIOS GENERALES O ITEMS DE PRESUPUESTO.

14.2. ANEXO 2. CARTA DE APROBACION DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO POR PARTE DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA.6.6.

14.3. ANEXO 3. CARTA DE ACEPTACION DEL TRABAJO DE PASANTIA POR PARTE DE LA SUBDIRECCION DE DEFENSA DEL PATRIMONIO AMBIENTAL.

14.4. ANEXO4. CONSTANCIA DEL TRABAJO REALIZADO Y LA CONFERENCIA DICTADA EN LA CRC.