



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**MEJORAMIENTO CONSTRUCTIVO PARA REDES DE
ALCANTARILLADO EN VIAS DE SERVICIO.**

Autor(es)

Gabriel Jaime Barrientos Rodríguez.

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento (Escuela Ambiental)

Medellín, Colombia

2020



Mejoramiento constructivo para redes de alcantarillado en vías de servicio.

Gabriel Jaime Barrientos Rodríguez.

Informe de práctica
como requisito para optar al título de:
Ingeniero Civil.

Asesores (a).

Astrid Helena Ortiz Guardia, Ingeniera Sanitaria.

Juan Carlos Obando Fuertes, Ingeniero Civil.

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental.
Medellín, Colombia
2020.

1. Resumen.

Las obras de construcción de redes de alcantarillado en vías públicas por lo general presentan grandes inconvenientes, ya que estas vías (dependiendo de su importancia) no se pueden cerrar en la medida de lo posible por todo el tiempo que dure una intervención civil, puesto que afectaría gravemente el tránsito, debido a que el aplicativo se enfoca en niveles de tránsito tres por lo que en el desarrollo de los PMT (planes de manejo de tránsito), se fijan los periodos por jornada a intervenir la vía esto es muy importante al evaluar la mayor cantidad de variables que comprende una actividad para poder agilizar la obra. A partir de lo anterior, se construyó un programa con la capacidad de resolver de acuerdo con ciertos parámetros unas problemáticas que se presentan en una obra al realizar la actividad de instalación de redes de alcantarillado; algunas de estas situaciones son: malas planificaciones, sobrecostos, bajos rendimientos, entre otras cosas. Con el aplicativo, se busca solucionar estos inconvenientes y dar cumplimiento eficaz a cada actividad, ya que una manera de ayudar en estos aspectos es ilustrar rápidamente a los ingenieros encargados de la obra ¿qué cantidad de obra van a ejecutar? pues lo necesitarán para realizar planificaciones, conocer muy bien el sitio de trabajo y los planos, esto con el fin de saber cuáles equipos requerirán para ejecutar la actividad, presentar y dar cumplimiento a las programaciones que le exija la obra, además de esto el ingeniero deberá tener conocimiento de cuánto durará en ejecutar cada una de esas subactividades que posee el alcantarillado. Por último, es muy importante destacar que como empresa se deben conocer y reconocer los costos de cada actividad para saber si es viable o no, es por eso por lo que el aplicativo se convierte en una gran herramienta para los ingenieros encargados, proporcionándoles los resultados de las actividades a un sólo clic, mejorando así las dificultades expuestas anteriormente de una manera clara y rápida.

2. Introducción.

La idea del proyecto es poder establecer los procedimientos más adecuados para la instalación de redes de alcantarillado para así presentar una mejor calidad, rendimiento y economía en las actividades con el fin de cumplir las pautas que presentan los PMT (“planes de manejo de tránsito que permiten las intervenciones en las vías de servicio estableciendo los lineamientos de ejecución ante la intervención de la vía) y además los parámetros que se requieren ya hablando de la instalación de red como tal de alcantarillado para la entrega de esta a EPM”)

Inicialmente se debe tener claro las condiciones de trabajo y para eso es importante conocer el sitio de trabajo previamente y tener claro las condiciones de trabajo clara para evitar imprevistos y sobre costos, en el aspecto de planificación donde contar con todos los equipos, materiales, mano de obra y transportes para la correcta ejecución es lo importante para evitar inconvenientes y sobre costos.

Lo siguiente es tener bien coordinados las subactividades que conlleva la instalación de redes como demolición de pavimento, excavación, instalación de tubería, llenos y más para controlar los rendimientos previstos. Debido a que son labores nocturnas (“ya que son en vías de servicio de tránsito tres donde por lo general se debe intervenir en horarios nocturno y restablecer servicio a la hora que establezca el PMT”), donde la capacidad de reacción para permitirse errores es mínima.

Añadido se busca una variable adicional que hay que tener en cuenta si se quiere llevar un control de los costos del proyecto, como lo son el personal requerido para las actividades y cuanto costara la mano de obra globalmente y en términos costos que cantidad de recargos y tiempo extra propondrá la obra para la ejecución, e incluso no es solo llevar un control del costo de la mano de obra si no que adicionalmente y por términos de facilidad en el proyecto se contemplara que todos los equipos requeridos para las actividades será tipo alquilados y de este modo conocer claramente y controlar los costos de estos equipos en las actividades ejecutados con el fin de tomar decisiones de si la actividad es o no rentable de acuerdo al precio de la actividad por su unidad de medida contratada.

Ya conocidos los lineamientos para ejecución de estas actividades lo que se busca es crear un programa que, una vez establecidos los parámetros de la obra específica, estos arrojen como resultado el mejor procedimiento constructivo con el fin de evitar malas programaciones y planificaciones.

Además de contar con buenas planificaciones y programaciones se debe tener en cuenta la norma que rige la instalación de redes de alcantarillado en el territorio antioqueño que es la norma EPM, donde el programa debe basarse y cumplir los requisitos necesarios para que EPM reciba las redes instaladas.

3. Objetivos

a. General

- Mejorar los métodos de ejecución y calidad de las actividades de instalación de redes de alcantarillado en vías de servicio con nivel de tránsito tres o dos.

b. Específicos

- Mejoramiento de planificación de las actividades.
- Mejorar el rendimiento en la ejecución de las subactividades.
- Conocer los costos de obra con precios reales para llevar el control de los sobre costos o utilidades de las actividades.
- Llevar control de los rendimientos del personal operativo.

4. MARCO TEORICO

Las normas que rigen el proceso constructivo de las redes de alcantarillado son la NEGC (normas y especificaciones generales de construcción) proveniente de la norma epm, donde se muestra como establecen los procedimientos a ejecutar para la instalación de redes para esclarecer conceptos técnicos claros y evitar faltas en la norma.

Primero que todo hay que tener claro cuáles son las actividades que comprenden la instalación de redes por lo que se presentan a continuación:

- Corte, demolición y retiro de pavimentos rígidos o flexibles y andenes.
 - Excavaciones manuales o mecánicas a diferentes profundidades.
 - Entibados metálicos o de madera de ser necesario según la norma.
 - Colocación de materiales para cimentación de la tubería ya sean arenillas o triturados.
 - Instalación de tubería con su correspondiente nivel y alineamiento.
 - Llenos compactados.
 - Cargue, retiro y botada de material de excavación.
 - Disposición temporal y final del material selecto de excavación.
-
- El protocolo NC-MN-OC05-01, del año 2018 establecido por epm, señala las especificaciones que debe cumplir el corte de pavimento de las vías donde el corte:
 - Debe quedar vertical.
 - Debe quedar en línea recta o formando figuras geométricas definidas.
 - Se debe realizar con un equipo especializado como una cortadora de pavimento.

 - La NC-MN-OC02-01 del año 2018 en la norma epm, es un documento que consiste en la reducción de masas de material que deben ser retirados de las áreas que dictamine el proyecto y los planos, estos materiales susceptibles al aprovechamiento de los que deben ser depositados en los sitios aceptados por la autoridad ambiental y dichas dimensiones de demolición deben ser mínimas para la ejecución de los trabajos dentro de los límites establecidos por epm.

Además de pavimento la red hidrosanitaria puede ir localizada por un andén existente por lo que este deberá independiente de su material cortado con una cortadora mecánica y ejecutarse de igual manera que un pavimento.

La reconstrucción de estas demoliciones ya sea de pavimento o de andén deberá ejecutarse según lo establezca el diseño de la obra o deberá dejarse en las condiciones en las que se encontró antes de intervenir.

- Capitulo II especificación epm 201 (excavaciones) del año 2018, Para las excavaciones ya sean manuales o mecánicas en brechas para redes hidrosanitarias la forma y profundidad dependen de los diseños establecidos como al igual que pendientes y líneas.

Pero estas profundidades no siempre son las de diseño debido a que posiblemente a estas cotas los materiales a apoyar la tubería no sean óptimos por lo que se

profundizara más hasta encontrar un material óptimo. Pero hay que tener cuidado con esto debido a que sobre excavaciones no autorizadas por la interventoría del proyecto no serán reconocidas, estas excavaciones deben ir de la mano de llevar un control de aguas lluvias e infiltraciones donde el contratista deberá contar con un equipo de manejo de aguas y será el responsable de disponer de estas aguas de manera controlada ya que estas aguas no deberán depositarse en las vías o en sistemas de desagüe de aguas lluvias por lo que el contratista cubrirá con cualquier de los daños que esta disposición de aguas ocasiona.

Las excavaciones en zanjas poseen una normativa ya que las dimensiones de ancho son controladas ya que:

Diámetro de la tubería	Ancho de zanja (m)
75 a 200 mm (3" a 8")	0,60
250 y 300 mm (10" y 12")	0,70
375 y 400 mm (15" y 16")	0,80
450 mm (18")	0,90
500 y 525 mm (20" y 21")	1,00
600 mm (24")	1,10
675 mm (27")	1,20
750 mm (30")	1,30
825 mm (33")	1,40
900 mm (36")	1,50
1000 mm (40")	1,80

Tabla 1. Normas epm capítulo II (Excavaciones, clasificación de excavaciones)

Para diámetros superiores a los de la tabla simplemente se añadirá 40 cm a cada lado más el diámetro de la tubería.

- En la norma NC-MN-OC03-02 que entró en vigencia en el año 2018 definido de empresas públicas de Medellín, se explica cómo trabajar con estructuras temporales de contención para la construcción de alcantarillados donde en una brecha de más de 1.5 m de profundidad, en caso de que el terreno a trabajar no posea cohesión es decir suelos gravosos o arenosos desde los primeros 50 cm ya se debe contar con una estructura temporal de contención, estos elementos de contención deben diseñarse de acuerdo a los empuje a resistir, reacciones codales, puntales y laminas donde de ser necesario deberán reforzarse las excavaciones adyacentes.

Los entibados temporales se componen de paredes verticales y largueros con puntales donde dichos elementos se encargarán de distribuir, transmitir y soportar las cargas generadas por el empuje del suelo. Estos entibados pueden ser de madera, aluminio, acero y otros materiales donde dependiendo de los empujes del suelo se elegirá ese tipo de entibado.

Donde este deberá comprender toda la altura de excavación y se irá retirando a medida que avanza el proceso de compactación.
- En la norma NC-AS-IL01-34 del año 2019 en la norma epm, la estructura de cimentación es la primera capa de lleno para la instalación de alcantarillado

dado que es la base de contacto con el suelo natural o también llamado cama.

Cimentación clase C: Es la cama de la tubería que se apoya sobre un material granular compactado este encamado no superará $1/6$ el diámetro externo de la tubería en su altura.

Cimentación clase B: Es la cama de la tubería que se apoya sobre un material granular cuidadosamente compactado este encamado no superará $1/8$ el diámetro externo de la tubería en su altura y no será menor a 4 pulgadas o mayor a 6 pulgadas.

Cimentación clase A: La tubería apoyada estará sobre una estructura de concreto con un grosor igual a $1/4$ " del diámetro de la tubería donde esta cuna deberá tener 7 mínimo el ancho de la tubería o en su defecto que cubra todo el ancho de la brecha, si la cuna es reforzada esta deberá cumplir condiciones de cuantía.

La norma de empresas públicas específicamente la NC-AS-IL01-34 del año 2019, para la instalación de tuberías prosigue varios procedimientos a cumplir para su adecuado fin como lo es el mismo transporte de la tubería ya que se debe ser bien cuidadoso para evitar daños en el revestimiento tanto interior como exterior y así una vez a su instalación se debe revisar bien para evitar cualquier daño donde adicionalmente se deben limpiar muy bien tanto en campana como en espigo. No se debe realizar ningún cambio de nivel, alineamiento o pendiente establecidos en diseño sin la autorización expresa y por escrito de epm.

Además, se debe tener presente que no se pueden apoyar las tuberías sobre materiales rocosos o contaminados y cada tubo instalado la boca libre será cubierta con el fin de evitar la infiltración de materiales o roedores cuando se realice la tarea de acoplar el tubo siguiente el acople debe estar completamente limpio y se debe contar con un material que reduzca la fricción entre las bocas de los tubos y este entre en su totalidad en su longitud de desarrollo de acople.

- La norma epm NC-MN-OC04-01 del 2018, es la norma que rige los llenos compactados en las zanjas de alcantarillado y estos llenos pueden ser realizados de manera manual o mecánica, cualquiera que sea el método las capas de deben compactar máximo cada 15 cm con el fin de proteger las construcciones existentes y donde los equipos de compactación deben cumplir ciertas condiciones particulares de acuerdo con cada obra por lo que se debe tener en cuenta lo siguiente:
 - Dimensiones de la excavación.
 - Espesor total del lleno.
 - Volumen total del lleno.
 - Características del suelo del lleno.
 - Resultados de los ensayos de compactación y del CBR.

En el proceso de compactación la densidad seca debe ser mayor o igual al 95% del grado de compactación con respecto a la densidad del Proctor del ensayo del Proctor modificado y se acepta solo materiales de lleno para vías tipo limo, arenilla, suelo-cemento o base granular. Si el lleno a compactar debe ir sobre una estructura de concreto, el lleno debe

realizarse por lo menos 14 días después del vaciado o hasta que haya alcanzado el 50% de su resistencia, estas son las propiedades que deben cumplir los materiales de lleno:

Característica	Suelos seleccionados	Suelos adecuados	Suelos tolerables
Tamaño máximo (mm)	75	100	150
Porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm	≤ 80% en peso	≤ 80% en peso	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 μm	≤ 25% en peso	≤ 35% en peso	≤ 35% en peso
Contenido de materia orgánica	0%	1%	1%
Limite líquido	≤ 30	≤ 40	≤ 40
Índice de plasticidad	≤ 10	≤ 15	-
C.B.R. de laboratorio	≥ 10%	≥ 5%	≥ 3%
Expansión en prueba C.B.R.	0	≤ 2%	≤ 2%
Índice de colapso	≤ 2%	≤ 2%	≤ 2%
Contenido de sales solubles	≤ 2%	≤ 2%	-

Tabla 2. (Requisitos de materiales aptos para llenos norma EPM “capítulo de llenos compactados”)

Y para el caso de llenos de materiales granulares triturados se deben cumplir la siguiente granulometría:

	Tamiz		Porcentaje que pasa		
	Normal	Alterno	RE-1	RE-2	RE-3
150 mm	6"		100	-	-
100 mm	4"		90 - 100	-	-
75 mm	3"		80 - 100	100	-
50 mm	2"		70 - 95	-	100
25.0 mm	1"		60 - 80	91 - 97	70 - 90
12.5 mm	1/2"		40 - 70	-	55 - 80
9.5 mm	3/8"		-	79 - 90	-
4.75 mm	N° 4		10 - 20	66 - 80	35 - 65
2.00 mm	N° 10		0	-	25 - 50
600 μm	N° 30		-	0 - 40	15 - 30
150 μm	N° 100		-	0 - 8	0 - 3
75 μm	N° 200		-	-	0 - 2

Tabla 3. (Franja granulométrico de material filtrante para llenos norma EPM “capítulo de llenos compactados”)

Los ensayos de densidad que muestran la calidad de los llenos en la actividad no son el único ensayo que se debe presentar por concepto de calidad, a continuación, se muestran los ensayos que se le deben realizar a los materiales y con la prioridad que deben realizar.

Ensayos	Lote	Frecuencia (Muestra por Lote)
Densidad	El menor entre 40 m de zanja o 40 m ³ de lleno o lo realizado en una jornada de trabajo, lo que primero se cumpla)	1 por cada capa de 0,75 m
Granulometría	Semanal	1
Límites de consistencia	Semanal	1
Proctor Modificado	Semanal	1
Impurezas (sobretamaños, basura, etc.)	Jornada	Inspección visual
CBR de laboratorio	Mensual	1

Tabla 4. (Tabla de ensayos para el material de llenos norma EPM “capítulo de llenos compactados”)

- La norma epm NC-MN-OC01-04 del año 2016, que es la norma que se encarga de controlar los cargues, transporte y botadas del material proveniente de la excavación y así destinarlos a un punto de acopio autorizado, esta actividad aplica en los siguientes casos:
 - Para llevar los materiales de excavación o demolición a los botaderos o zonas del proyecto donde se usaran.
 - Para llevar los materiales de excavación o demolición a los puntos de almacenamiento.
 - Para llevar los materiales almacenados a los puntos donde se darán uso.
 - Para llevar los materiales obtenidos de excavación de derrumbes a botaderos.

La idea es mejorar constructivamente estas subactividades y optimizar rendimientos y costos respetando las normas, cada proyecto cuenta con especificaciones diferentes por lo que es necesario evaluar los métodos de ejecución de esas actividades según se requiera y sea óptimo, ya que existen métodos de excavación como las excavaciones de zanjas y apiques, excavaciones tipo túnel, extracción de roca, excavación sin zanja que definen y brindan posibilidades que el mismo proyecto imponga.

La instalación de la tubería es un tema de más trato ya que epm es estricta al recibir las redes instaladas en el área metropolitana por lo que el personal de topografía juega un papel muy importante donde la precisión en niveles y alineamiento de las tuberías deben ser milimétricos con el objetivo de cumplir las especificaciones dadas por el diseño y uno de los objetivos más importantes que es la pendiente de esta misma cumpla adecuadamente.

los llenos compactados deben cumplir las especificaciones establecidas en el diseño ya sea en materiales tipo arenilla, sub base o base granular donde además si la intervención de la actividad se presenta en una vía de servicio esta debe presentar una estructura de pavimento que cumpla con las especificaciones de esta para que independientemente de la intervención el servicio de la vía no se vea afectado, donde para esto además se debe repavimentar y este es otra actividad adicional que debe cumplir ciertas especificaciones estipuladas por la norma del instituto nacional de INVIAS CAP 4 donde Sobre la base debidamente compactada y tratada se debe construir una capa de rodadura de concreto asfáltico de la misma clase, dimensiones, calidad y normas de la existente, a menos que epm con previo acuerdo con la Secretaría de Obras Públicas Municipales ordene cambios en cualquiera de las características del pavimento.

5. METODOLOGIA.

De acuerdo al objetivo general del proyecto la idea principalmente se basa en encontrar el método más adecuado para ejecutar, controlar, medir y economizar en las actividades de instalación de redes de alcantarillado en vías de servicio de nivel de tránsito tres, de acuerdo a unas series de parámetros que serán la guía para obtener los resultados deseados como claros ejemplos se tendrá como qué tipo de pavimento enfrenta la actividad, de qué espesor es, que cimentación tendrá la tubería, que diámetro tiene la tubería, que condiciones espaciales presenta la obra, que condiciones de jornales presentara la obra etc..

Todos estos parámetros se obtendrán de acuerdo con las condiciones establecidas por la obra en campo, los diseños, las normas e incluso imprevistos de decisiones inmediatas en obra.

En primera instancia como se nombró inicialmente se recolectará información de la obra, como diámetros tubería a instalar, que tipo de redes, pendientes y todos esos aspectos de diseño, además de que tipo de pavimento se tiene, espesor de pavimento, tipo de suelo, localización del proyecto (con el fin de conocer por medio del Geo portal EPM que redes existentes puedan obstruir el proyecto y además nos ayuda a identificar el proveedor de materiales que más efectividad y rapidez de entrega proporcione.)

La idea es implantar la mayor cantidad de parámetros y situaciones que se puedan presentar en este tipo de actividades con el fin de que el programa facilite la ejecución con la mayor cantidad de situaciones posibles presentadas y de igual manera arroje un resultado acertado y que sea útil para la mayor condición de diferentes obras que se presenten.

Para trabajar con costos en ítems como lo son la mano de obra y el alquiler de los equipos requeridos se debe ser claro con los costos que conlleva la mano de obra y controlar los rendimientos individuales del personal para que el programa sea lo más aproximado posible en esta variable, además de debe mantener actualizados los costos de mano de obra en obras civiles en el país y los costos de alquiler del proveedor de la maquinaria y equipos a requerir en la obra.

|

6. Cronograma de actividades

Las actividades que se realizarán en el periodo de tiempo que comprenden las prácticas académicas (6 meses) para llevar a cabo el proyecto se muestran a continuación:

Actividades	Semanas.																							
	mes 1				mes 2				mes 3				mes 4				mes 5				mes 6			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Búsqueda de información	■	■	■																					
investigación Norma EPM.		■	■	■																				
recopilación de información de obra.					■	■	■																	
Evaluación de métodos de trabajo.									■	■	■	■												
parametrización según la recopilación.													■	■	■	■								
programación.																	■	■	■	■	■	■	■	■
Análisis de resultados.																								■
presentación del proyecto.																								■

Tabla 5. (Cronograma de actividades, elaboración propia)

7. Resultados y análisis.

Lo que se espera con los resultados y análisis del proyecto como se ha propuesto en los objetivos es poder conocer mediante unos parámetros de obra que se conocerán por medio de los planos y visitas técnicas de obra unos resultados como lo es poder conocer los equipos y algunos procedimientos con los que se desarrollaran cada una de las sub actividades en la instalación de alcantarillado, conocer que duración tendrá cada una de las sub actividades de la obra con el fin de realizar programaciones de obra teóricas y los costos que tendrá cada una de estas sub actividades para estimar cuanto costara la obra y esto es un factor importante a la hora de realizar los contratos de obra.

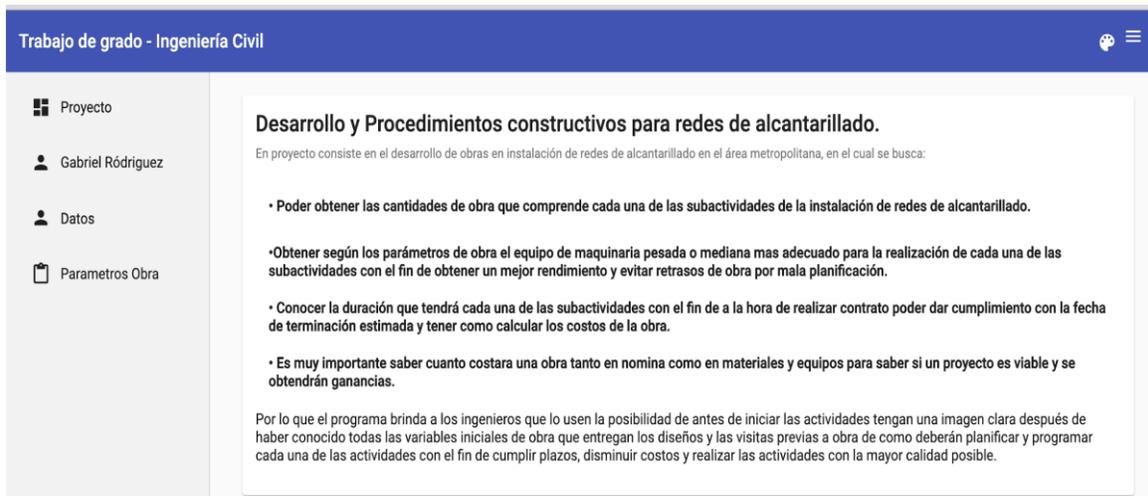


Imagen 1. (interfaz de la ventana inicial “**PROYECTO**” del programa, elaboración propia)

El pantallazo que se presenta en figura 1 es una breve descripción del proyecto que busca al ingresar en el aplicativo dar una definición clara de lo que se busca con el y que ventajas ofrece. Esto en la pestaña superior izquierda definida como “proyecto”.

En la pestaña Gabriel Rodríguez se hace alusión al nombre de la persona que desarrollo el aplicativo.

En la pestaña “Datos” tenemos una información importante como lo es el mismo código con el que se desarrolló el aplicativo, aunque este código no pueda modificarse desde aquí si no desde una aplicación que explicaremos más adelante llamada **Visual Studio Code**, esta pestaña nos permite una visualización previa de cómo se encuentra el programa.



Imagen 2. (interfaz de la ventana inicial “**DATOS**” del programa, elaboración propia)

Además cuenta con una pestaña denominada “view” la cual nos muestra cada una de las variables que tiene por defecto el aplicativo, esta opción es muy importante y útil ya que es la que contiene variables internas del programa que lo más probable es que en cada proyecto a desarrollar con el Angular Material toque modificar, pero aquí puedes conocer previamente que valores tiene por defecto en los salarios del personal tanto como el valor de sus recargos ya sean dominicales o nocturnos o extras, el costo de alquiler de los equipos por día, el costo de los materiales necesarios en la instalación de alcantarillado y la definición de todas las variables que hacen parte del cálculo de los resultados buscados.

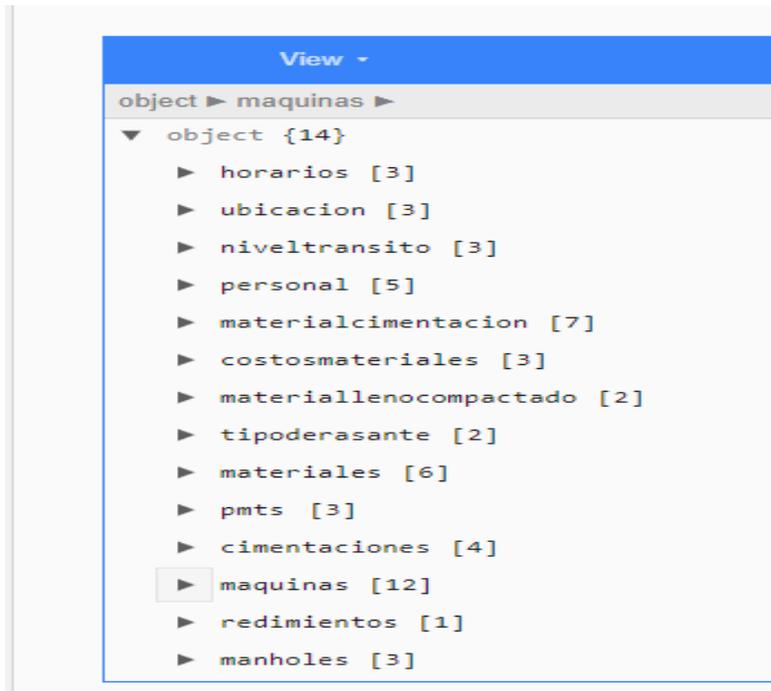


Imagen 3. (interfaz de la ventana inicial “DATOS” del programa, elaboración propia)

Por último se va a la pestaña de la interfaz ubicado en la parte izquierda del aplicativo que se llama “**parámetros de obra**” esta es la pestaña principal de trabajo ya que aquí es donde se desarrolla el programa, en donde ingresaremos las variables iniciales que se conocerán por los diseños y por las visitas a obra y aquí mismo se conocerán los resultados que buscamos con el software que se calcularan inmediatamente se llene la información en la sub pestaña de “parámetros de obra” esta y las otras subpestañas de parámetros de obra se definirán a continuación.

“Parámetros de obra” en esta sub pestaña se debe tener mucho cuidado ya que es la ventana más importante del aplicativo puesto que según lo cuidadosos y lo seguro que estemos de estas variables a ingresar de acuerdo a esto se arrojaran los resultados, se tuvieron en cuenta todas las variables necesarias para poder arrojar un resultado completo pero si se llega a trabajar en una obra con condiciones especiales, por eso se entrega el programa **Visual Studio Code** que permitirá agregarle y modificarle variables a su antojo pero esto lo deberá hacer un personal con conocimientos básicos en

programación ya que una mala modificación afectaría gravemente el desarrollo del aplicativo, a continuación, se mostrará un pantallazo de cómo se muestran cada una de las variables y como se debe valorar ya que hay variables que se calculan automáticamente una vez se ingresen otras como lo son: el espesor de la arenilla, espesor del triturado, espesor de arenilla + triturado, el radio de tubería, espesor material de lleno compactado. (estas variables no hay que introducirlas ya que se calculan automáticamente una vez se ingresan las otras variables)

Parametros de la obra	Cantidades de Obra	Equipo de trabajo	Duración	Costos
Ubicación Pavimento Flexible	Espesor pavimento(mi) * 0.5	Nivel de tránsito Nivel de tránsito 1	Prof prom de excavación(mi) * 2	
Ancho brecha(mi) * 1	Longitud tubería a excavar(mi) * 100	Número de ayudantes * 1	Número de oficiales * 1	
Número de maestros * 1	Número de SST * 1	Número de Ingenieros * 1	Material de cimentación Arenilla	
Espesor Arenilla(mi) * 1.08	Radio de tubería(mi) * 0.34	Material de lleno compactado Sub base	Espesor Mat de lleno compactado(mi) * 0.82	
Diametro de tubería(pul) * 27	Tipo de rasante provisional Fresado	Horarios de trabajo Díurnos	Jornadas (Horas) * 1	
Pmt Cierres Parciales	Carriles permitidos a intervenir * 1	Cama de cimentación (ml) * 0.15	Espesor suelo-cemento (ml) * 0.1	

Imagen 4. (interfaz de la ventana inicial "PARAMETROS DE OBRA" del programa, elaboración propia)

❖ **Parámetros de la obra.**

Es muy importante que se esté muy seguro de las variables que se estén modificando desde el código como de las variables que se ingresan desde el aplicativo para un correcto calculo y certeza de los resultados arrojados.

Con el programa se busca básicamente es poder contar con el acceso a un sistema que según los parámetros presentados en las diferentes obras que se intervengan este me pueda proporcionar el método más eficiente para esas actividades específicas y obtener a satisfacción el resultado deseado.

Estos resultados no solo facilitan la ejecución de la instalación de redes en vías de servicio si no que adicional pueden brindar el rendimiento que se obtienen de las metodologías

arrojadas e incluso una programación de obra que se ajuste al resultado sin incluir imprevistos que se puedan presentar ya que la instalación de redes en áreas urbanas es un trabajo de cuidado debido a que se pueden presentar daños a redes existentes que retrasen programación, donde además también puedan presentarse otro tipo de obstáculos.

Como se observa en la ventana de parámetros de obra lo primero que debemos ingresar son las siguientes variables que ya debemos conocer antes de iniciar los trabajos como lo son:

Ubicación: Esta pestaña es importante porque nos definirá si la actividad tendrá la actividad de demolición de pavimento o no ya que esta es una de las actividades más costosas y si no se tiene en cuenta se puede sufrir grandes dificultades ya que si no se escoge el equipo de demolición adecuado para el espesor presentado o para el tipo de pavimento que se tiene ya sea rígido o flexible se pueden presentar problemas en rendimiento. Por lo que esta pestaña nos brinda la oportunidad de definir si la ubicación de la red de alcantarillado se presenta en un pavimento rígido, flexible o en una zona verde.

Espesor del pavimento: Aquí el espesor del pavimento que se conocerá realizando visitas técnicas a la obra definirá en gran medida con que equipo se debe realizar la actividad de demolición.

Por lo que se observa el tipo de pavimento y el espesor del pavimento son las variables que definen la actividad de demolición de pavimento y muy importante con que equipo se realizara esta actividad.

Nivel de tránsito: Para este proyecto es importante destacar que nivel de tránsito posee la localización del proyecto ya que inicialmente en la propuesta se destacó que se trabajaría con niveles de tránsito tres, pero como el aplicativo será de uso para la empresa que tendrá diferentes obras se dejaron los tres niveles de tránsito que presentan las vías en el país, esta notación es importante porque nos permite definir qué tanta libertad o prioridad de ejecución tiene la actividad.

Profundidad promedio de excavación: Este parámetro es uno de los más importantes ya que define en gran parte la cantidad de material a excavar, a llenar, costos de estas subactividades y equipos que son óptimos para estas actividades. Este parámetro se introduce manualmente y se conoce de los planos de diseño que entrega el contratista además cabe destacar que el valor debe introducirse un promedio debido a que las tuberías llevan cierta pendiente y esta se la damos con el nivel de excavación por lo que en cualquier punto de esta no se posee la misma altura.

Ancho de brecha: Se introduce manualmente y este valor por norma se establece como el diámetro de la tubería + 40 cm, pero también puede denotarse por el ancho que tenga el valde del equipo a excavar o un ancho que se defina en conjunto con la interventoría por diferentes motivos que se puedan presentar.

Longitud tramo tubería: Este valor se introduce manualmente y también es denotado por los planos, es muy importante tener exactitud con este valor ya que influye directamente y de gran manera en las cantidades de obra, duración de la actividad y costos de esta.

Numero de ayudantes: De acuerdo con el plazo que se tenga para ejecutar la actividad y la magnitud de esta desde la experiencia del ingeniero y la exigencia de la obra se debe conocer el número de ayudantes a contratar para la actividad, cantidad que se ingresara manualmente.

Numero de oficiales: De acuerdo con la cantidad de ayudantes que se contraten y la experiencia del ingeniero se debe conocer el número de oficiales a contratar para la actividad, cantidad que se ingresara manualmente.

Numero de maestros: De acuerdo con la cantidad de ayudantes y oficiales que se contraten, la magnitud de la actividad y la experiencia del ingeniero se debe conocer el número de maestros a contratar para la actividad (por lo general con uno solo es suficiente), cantidad que se ingresara manualmente.

Numero de SST: De acuerdo con la cantidad de ayudantes y oficiales que se contraten, el riesgo de la actividad y la magnitud de la obra se debe conocer el número de personal de seguridad en el trabajo a contratar para la actividad, cantidad que se ingresara manualmente.

Numero de ingenieros: De acuerdo con el plazo que se tenga para ejecutar la actividad y la magnitud de esta y la exigencia de la obra se debe conocer el número de ingenieros a contratar para la actividad, cantidad que se ingresara manualmente.

Material de cimentación: La norma establece que para los materiales de cimentación de las tuberías estos deben ser en tipo “arenilla” o “triturado” estos pueden establecerse de diferentes propiedades o granulometrías por lo que esta pestaña brinda inicialmente que las cimentaciones sean en material tipo arenilla, triturado o mixtas que es una mezcla entre triturado y arenilla. se dejan materiales adicionales como subbase, base granular, suelo-cemento o fresado por si existe la posibilidad que se realice esta capa del lleno con estos materiales es decir si la obra o permite o las condiciones lo exigen, pero la norma no contempla el lleno con estos materiales.

Espesor de material de cimentación: En esta pestaña se tiene un caso particular ya que este valor se calcula automáticamente se ingresen los valores de “diámetro de tubería”, “material de cimentación”, y “cama de cimentación”. Dependiendo del tipo de material de cimentación que se ingrese aparecerá ya sea una pestaña de espesor arenilla, espesor triturado o una pestaña de espesor arenilla y espesor de triturado con su respectivo valor de espesor, este valor nos ayudara con el cálculo del costo de la cimentación donde ira apoyada la tubería.

Radio de tubería: El valor de esta pestaña es calculado una vez se ingrese el “diámetro de tubería” que se instalará en la obra, hay que tener en cuenta que el programa solo calcula tramos de tubería con el mismo diámetro de tubería por lo que si la actividad completa de

alcantarillado posee varios tramos de diferentes diámetros, se deberá calcular tramo por tramo en el programa y sumarse para obtener las cantidades totales de obra, duración y costos de la obra

Material de lleno compactado: Aquí solo se presentan dos tipos de variables “subbase” y “base granular” ya que la norma solo presenta dos tipos de llenos compactados ya que son los óptimos para suplir condiciones de servicio en vías y tener la capacidad de soportar las cargas siendo la “base granular” mucho más óptimo eso si dependiendo de sus características, para vías la norma pide base granular BG-40.

Espesor del material de lleno compactado: Este valor también se calculará automáticamente ya que este depende de “profundidad de excavación”, “espesor suelo-cemento” y “espesor cimentación”. Este espesor será ya sea de material tipo “subbase” o tipo “base granular”.

Diámetro de tubería: Este valor se ingresa manualmente y está en unidades de pulgada que es donde indicamos el diámetro de la tubería con la que se va a trabajar, esta variable es importante porque nos ayudara a indicar si son tuberías demasiado grandes que equipo debemos utilizar para instalarla y además en los llenos hay que tener en cuenta los desalojos de esta tubería.

Tipo de rasante provisional: Este material por lo general por ser provisional y por ser muy efectivo es el fresado y el suelo-cemento, este tipo de lleno se escogerá de acuerdo con el nivel de tránsito que se tenga o de acuerdo con las recomendaciones de la obra.

Horarios de trabajo: Aquí solo se plantearon tres jornadas laborales las cuales fueron diurnas, nocturnas y dominicales. Establecer estas jornadas es importante para tener claro como se le pagara al personal de la actividad y poder conocer el valor más exacto de cuanto costara en personal ejecutar la obra, claro que esto también dependerá de la cantidad de personal con el que se cuente y de la duración de las actividades.

Jornadas: Esta pestaña indicara de cuantas horas serán las jornadas de trabajo y esto generalmente serán 8 horas, pero si se intervienen vías muy transitadas estas jornadas dependerán únicamente del plan de manejo de tránsito que tenga aprobado la obra.

PMT: Aquí radicaremos según lo establezca el plan de manejo de tránsito aprobado para la obra si se podrá intervenir toda la vía o solo se podrán intervenir ciertos carriles es decir por medio de cierres parciales, la idea aquí es poder tener claro qué tipo de cierres se pueden realizar ya que de esto depende que tipo de maquinaria se pueden utilizar y mejorar así el rendimiento de la actividad como por ejemplo si solo podemos intervenir un carril no es buena idea trabajar con una retro excavadora 320 ya que es un equipo muy grande y el rendimiento se vería gravemente afectado por no decir que podría no hacerse la actividad con este equipo.

Carriles permitidos a intervenir: ejemplo si solo podemos intervenir un carril no es buena idea trabajar con una retro excavadora 320 ya que es un equipo muy grande y el rendimiento se vería gravemente afectado por no decir que podría no hacerse la actividad con este equipo o si podemos intervenir tres o más carriles sería mucho más útil utilizar grandes equipos para mayor rendimiento.

Cama de cimentación: Esta pestaña se ingresa manualmente y se conoce puesto que los diseños establecerán de que espesor se tendrá la cama donde ira apoyada la tubería.

Espesor suelo-cemento: Esta rasante la definirá la obra ya que esta es provisional pero su espesor dependerá de cuanto se quiere que dure esta capa y de cuanto estaría dispuesto a pagar la interventoría ya que esta capa es mucho más costosa que el material de lleno a compactar ya sea si es en suelo cemento o si es en fresado.

Manhole a construir: Aquí se pondrá manualmente la cantidad de manhole que tiene la actividad por diseño esta variable esta por unidades ya que hay que tener en cuenta que un tramo no puede tener más de 80 metros sin un manhole, esta variable también influye en los costos de la obra y la duración por eso se incluyó y además porque hace parte de la instalación de redes de alcantarillado.

A continuación, una vez tengamos toda la información de los parámetros que se requieren para la ejecución del programa, este calculara simultáneamente los resultados que se presentaran a continuación:

❖ **Cantidades de obra:**

Aquí se presentan los resultados de los cálculos de las cantidades de obra esta es un factor importante en las obras ya que se necesita conocer antes de realizar un contrato cuáles serán las cantidades contractuales a ejecutar para conocer el valor del contrato y poder así estimar presupuestos e incluso definir el anticipo que se le dará al sub contratista por ejecutar la actividad, además conocer las cantidades de obra nos permite dimensionar la magnitud de la actividad y estimar que personal se requerirá más o menos para la misma.

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos de los parámetros que el programa tiene por defecto ilustrado en la **imagen 4** y explicaremos el cálculo de estos resultados.

Trabajo de grado - Ingeniería Civil					
Proyecto	Parametros de la obra	Cantidades de Obra	Equipo de trabajo	Duración	Costos
Gabriel Rodríguez	Corte de pavimento (ml) 200.00	Demolición del pavimento (m3) 50.00		Excavación mecánica(ml) 200.00	Instalación de tubería(ml) 100.00
Datos	Lleno compactado (m3) 82.00	Rasante temporal (m3) 10.00		Cimentación (m3) 71.68	Botada de material(m3) 335.00
Parametros Obra	Manhole(und) 1.00	Cantidad de volquetas(und) 22			

Imagen 5. (interfaz de la pestaña de parámetros de obra “**CANTIDADES DE OBRA**” del programa, elaboración propia)

El primer resultado es el de la subactividad corte de pavimento: si la red de alcantarillado está localizada sobre algún tipo de pavimento lo primero que se deberá hacer es definir un corte sobre la brecha donde se instalara la red, esto con el fin de definir la demolición y no superar el ancho de la brecha para no generar sobre excavaciones ya que la brecha de la demolición define la línea de excavación.

Este cálculo es muy sencillo debido a que el corte se hará a lo largo de toda longitud de la tubería que se instalara por lo que al ingresar el valor de esta longitud a instalar que se conoce este valor ya que solo es multiplicarlo por dos debido a que el corte se hace a ambos costados de la brecha.

$$\text{corte de pavimento} = \text{longitud tubería} * 2$$

$$\text{corte de pavimento} = 100 \text{ ml} * 2 = 200 \text{ ml}$$

Ecuación 1. ("cálculo de corte de pavimento", elaboración propia)

La siguiente es demolición de pavimento el cálculo de esta operación involucra a los parámetros de longitud de tubería, ancho de brecha y espesor de pavimento, ya que lo que se busca es cubicar el volumen de pavimento que se va a retirar si hay que retirarlo para iniciar labores de excavación. Este cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$\text{demolicion de pavimento} = \text{longitud tubería} * \text{ancho de brecha} * \text{espesor pavimento}$$

$$\text{demolicion de pavimento} = 100 \text{ ml} * 1 \text{ ml} * 0.50 \text{ ml} = 50 \text{ m}^3$$

Ecuación 2. ("cálculo de demolición de pavimento", elaboración propia)

Para la excavación mecánica este cálculo también se representa en unidades de m³ ya que lo que se busca es obtener el cubicaje de la excavación del material que se posee, este cálculo comprende las variables de longitud de tubería, ancho de brecha y profundidad promedio de excavación.

$$\text{Excavacion mecanica}$$

$$= \text{longitud tubería} * \text{ancho de brecha}$$

$$* \text{profundidad promedio de excavacion}$$

$$\text{Excavacion mecanica} = 100 \text{ ml} * 1 \text{ ml} * 2 \text{ ml} = 200 \text{ m}^3$$

Ecuación 3. ("cálculo de excavación mecánica", elaboración propia)

Para el siguiente calculo que es la instalación de tubería en realidad no es un cálculo, pero es un valor muy importante que se quiso resaltar ya que uno de los materiales más costosos puede ser la tubería eso si dependiendo del diámetro por lo que se refleja la cantidad exacta en ml de tubería que se instalara que es un parámetro introducido anteriormente.

$$\text{longitud de tubería: } 100 \text{ ml}$$

El lleno compactado es una variable importante ya que es importante tener claridad cuanto material granular se requerirá para llenar la brecha y saber con qué espacio se cuenta en obra depositar estos materiales ya que son los que más volumen ocupan.

Lleno compactado

$$= \text{longitud de tubería} * \text{ancho de brecha} \\ * \text{espesor de material de lleno compactado}$$

$$\text{Lleno compactado} = 100 \text{ ml} * 1 \text{ ml} * 0.82 \text{ ml} = 82 \text{ m}^3$$

Ecuación 4. ("cálculo de lleno compactado", elaboración propia)

El cálculo de la rasante temporal lo que busca también es cubicar el volumen de ese material que soportara en la rasante la carga de los vehículos por lo que es una capa pequeña que maneja otras especificaciones a las del lleno compactado y se calcula de la siguiente manera.

*Rasante temporal = longitud de tubería * ancho de brecha * espesor suelo – cemento*

$$\text{Rasante temporal} = 100 \text{ ml} * 1 \text{ ml} * 0.10 \text{ ml} = 10 \text{ m}^3$$

Ecuación 5. ("cálculo de rasante temporal", elaboración propia)

Para el lleno en la cimentación se deben tener en cuenta varias posibilidades, ya que la cimentación de una red de alcantarillado puede realizarse con un solo tipo de material o con dos y es importante diferenciarlos ya que estos materiales no tendrán el mismo costo y donde además para cubicarla hay que tener en cuenta que hay que deducir el volumen que ocupe la tubería ya que es material que no se requerirá. A continuación, se muestra el cálculo del lleno de cimentación.

Cimentacion

$$= (\text{longitud de tubería} * \text{ancho de brecha} * (\text{espesor arenilla o triturado}))$$

$$- (\pi * (\text{radio de tubería})^2 * \text{longitud de tubería})$$

» ESTO PARA EL CASO QUE LA CIMENTACION SEA EN ARENILLA O TRITURADO

$$\text{Cimentacion} = (\text{longitud de tubería} * \text{ancho de brecha} * (\text{espesor arenilla} \\ + \text{espesor triturado}))$$

$$- (\pi * (\text{radio de tubería})^2 * \text{longitud de tubería})$$

» ESTO PARA EL CASO QUE LA CIMENTACION SEA EN ARENILLA + TRITURADO

$$\text{CIMENTACION} = (100 \text{ ml} * 1 \text{ ml} * 1.08 \text{ ml}) - (\pi * (0.34 \text{ ml})^2 * 100 \text{ ml}) = 71.68 \text{ m}^3$$

Ecuación 6. ("cálculo cimentación de tubería", elaboración propia)

Botar los materiales es un sub actividad muy importante ya que se debe tener claro cuantas volquetas se requieren para darle destino final a este material porque si no se pueden incurrir a gastos adicionales, hay que tener en cuenta que el material que se va a botar es tanto el material de excavación como el material que se va a retirar de las demoliciones y que estos materiales una vez se retiran de la brecha ocupan más volumen que cuando están compactados por lo que a los materiales de excavación se les aplica un factor de expansión del 1.3 en promedio y a los desechos del pavimento se les aplica un factor del 1.5 en promedio según la norma epm.

Un detalle a tener en cuenta es que el cálculo de este resultado no se realiza con los parámetros introducidos si no con el resultado de excavación mecánica y demolición de pavimento.

$$\begin{aligned} & \textit{Botada de material} \\ & = \textit{excavacion mecanica} * 1.3 + \textit{demolicion de pavimento} * 1.5 \\ \textit{Botada de material} & = 200\text{m}^3 * 1.3 + 50\text{m}^3 * 1.5 = 335\text{m}^3 \end{aligned}$$

Ecuación 7. ("cálculo de botada de material", elaboración propia)

Una vez se obtenga este cubicaje del material que se botara es fácil calcular cuantas volquetas se requerirán para esa actividad ya que se tomó un promedio del cubicaje de las volquetas entre sencillas y doble troques que poseen un cubicaje aproximado de 15 m³ por lo que el cálculo del número de volquetas se presenta de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \# \textit{ de volquetas} & = \textit{ botada de material} / 15\text{m}^3 \\ \# \textit{ de volquetas} & = \frac{335\text{m}^3}{15\text{m}^3} = 22 \textit{ volquetas} \end{aligned}$$

Ecuación 8. ("cálculo de cantidad de volquetas a usar", elaboración propia)

Por último, se tiene el cálculo de la cantidad de manhole que la obra pide ejecutar por el diseño, pero este no es un cálculo ya que es un parámetro que se introduce desde el comienzo solo que se consideró pertinente mostrarlo en los resultados ya que en si es una cantidad de obra más.

Estas son las cantidades de obra que deben calcularse en la actividad de instalación de redes de alcantarillado por lo que lo siguiente será conocer con que equipos es necesario contar para realizar cada una de esas subactividades, resultado que se conoce en la siguiente ventana conocida en la pestaña de parámetros como equipos de trabajo que se ilustra a continuación:



Imagen 6. (interfaz de la pestaña de parámetros de obra “EQUIPO DE TRABAJO” del programa, elaboración propia)

En equipos de trabajo lo que se busca es mostrarle al usuario que equipos e incluso de que manera debe realizar los procedimientos según la condición introducida en los parámetros de la obra como por ejemplo como debe compactar la cimentación de la red dependiendo de su tipo de cimentación o cuantas actividades simultaneas se pueden realizar dependiendo de las horas que se tenga en el jornal establecido por la obra.

En la actividad de demolición como se había explicado esta la definen las variables de tipo de pavimento y espesor del pavimento por lo que mediante ciertos condicionales se pudo establecer que equipos dependiendo de estos parámetros se debería utilizar, condiciones que se presentan a continuación:

- SI "ubicación" es "pavimento flexible" y "espesor de pavimento"= (> 0 m y ≤ 0.20 m) entonces se deberá utilizar equipo tipo "martillo neumático".
- SI "ubicación" es "pavimento flexible" y "espesor de pavimento"= (>0.20 m y ≤ 0.30 m) entonces se deberá utilizar equipo tipo "minicargador" o "mini retro".
- SI "ubicación" es "pavimento flexible" y "espesor de pavimento"= (>0.30 m) entonces se deberá utilizar equipo tipo "retro excavadora 120" o "retro excavadora 320".
- SI "ubicación" es "pavimento rígido" y "espesor de pavimento"= (> 0 m y ≤ 0.20 m) entonces se deberá utilizar equipo tipo "minicargador" o "mini retro".
- SI "ubicación" es "pavimento y rígido" y "espesor de pavimento"= ($>0,20$ m) \Rightarrow se deberá utilizar equipo tipo "retro excavadora 120" o "retro excavadora 320".

Una vez definidas estas condiciones el programa arrojará inmediatamente el equipo a utilizar para la demolición donde debido a que se está trabajando con un pavimento flexible y con espesor de 50 cm se requiere un equipo de gran potencia como lo es una retro excavadora 320 o una retro excavadora 120 que según la experiencia para este tipo de espesores es la más adecuada para esta actividad.

En la actividad de excavación mecánica es importante tener claro que maquinaria se utilizara para excavar ya que existen diferentes variables que dificulten la realización de la actividad y que incluso si se escoge el equipo inadecuado no sea posible realizarse la

actividad, por lo que es importante tener claro si el proyecto queda en una vía, si se podrá cerrar toda la vía o con cuantos carriles se cuenta para trabajar, que diámetro tendrá la tubería, que profundidad tendrá la tubería, estas variables son clave para definir el equipo de trabajo por lo que para definirlo se establecieron las siguientes condiciones basadas en las variables ya ingresadas en los parámetros de la obra:

- ❖ SI "PMT" tiene "cierres parciales" y se pueden intervenir " ≤ 3 carriles" además "diámetro de tubería" <40 " y "profundidad promedio de excavación" $<2.5m$ " entonces se deberá utilizar equipo tipo "mini retro" o " minicargador"
- ❖ SI "PMT" tiene "cierres parciales" y se pueden intervenir " ≥ 3 carriles" además "diámetro de tubería" <40 " y " profundidad promedio de excavación" $< 2.5m$ " entonces se deberá utilizar equipo tipo "retro excavadora 312" o " retro excavadora 320"
- ❖ SI "PMT" tiene "cierres parciales" y se pueden intervenir " ≤ 3 carriles" además "diámetro de tubería" >40 " y " profundidad promedio de excavación" $< 2.5m$ " entonces se deberá utilizar equipo tipo "minicargador o pajarita"
- ❖ SI "PMT" tiene "cierres parciales" y se pueden intervenir " ≥ 3 carriles" además "diámetro de tubería" >40 " y " profundidad promedio de excavación" $<2.5m$ " entonces se deberá utilizar equipo tipo "retro excavadora 312" o " retro excavadora 320"
- ❖ SI "PMT" tiene "cierre total" además "diámetro de tubería" <40 " y " profundidad promedio de excavación" $<2.5m$ " entonces se deberá utilizar equipo tipo "minicargador O Pajarita"
- ❖ SI "PMT" tiene "cierre total" además "diámetro de tubería" >40 " y " profundidad promedio de excavación" $<2.5m$ " entonces se deberá utilizar equipo tipo "retro excavadora 120" o "retro excavadora 320"

Después de introducir las variables involucradas y definidas las condicionales, por ejemplo, para el ejemplo que se está tomando que es el que se tendrá por defecto siempre que se inicie el aplicativo se tiene que:

- Profundidad promedio de excavación: $2m < 2.5m$
- PMT: cierres parciales
- Carriles permitidos a intervenir: ≤ 3
- Diámetro de tubería: 27 pulgadas < 40 pulgadas

Dadas estas variables el aplicativo arrojará como resultado que el equipo más conveniente para realizar las actividades de excavación mecánica es con una mini retro o un minicargador, por economía y facilidades dadas las condiciones de trabajo.

Para la cimentación de tubería no es necesario utilizar un equipo pesado, pero se quiso hacer referencia a de acuerdo el tipo de cimentación que se tenga como se debe instalar.

- ❖ Si la cimentación es toda en arenilla, la cama de cimentación debe ser toda compactada mecánicamente y compactada 15 cm por encima del tubo manualmente si el plano no especifica hasta dónde va el lleno si lo especifica donde sea que llegue el lleno deberá hacerse manualmente con el fin de no comprometer la calidad del tubo.
- ❖ Si la cimentación es mixta es decir arenilla+triturado entonces la capa en arenilla debe ser compactada manualmente para no comprometer la calidad del tubo y el triturado sirva como capa filtrante.

Para muestra del resultado en el ejemplo que se está trabajando se tiene que la cimentación será solo en arenilla por lo que se toma la primera opción dada.

El resultado de actividad por jornal tampoco denota un resultado de un equipo pero se consideró que es importante aclarar que de acuerdo a las horas de jornadas permitidas por el PMT que tenga la obra aprobado no es buena idea realizar muchas actividades simultáneamente ya que una vez se cumpla la jornada se debe re abrir la vía en su totalidad para prestar servicio, aunque si se pueden hacer actividades simultaneas dependiendo de las horas por jornal como se estableció en las siguientes condiciones:

- ❖ Si "jornadas" esta entre 0 y 5 horas entonces se deben realizar solo actividades únicas como (corte de pavimentos, demolición de pavimento, instalación de tubería o manhole) solo una actividad por jornal.
- ❖ Si "jornadas" esta entre 5 y 8 horas entonces se deben realizar solo actividades combinadas como (corte de pavimento con demolición de pavimento, demolición de pavimento con instalación de tubería, demolición de pavimento con construcción de manhole) solo dos actividades por jornal.

or lo que se ve este resultado solo depende de las horas que se introduzcan en la variable jornadas, donde por el ejercicio que se trabaja tenemos que los jornales serán de 1 hora por lo que se obtiene en la ventana de equipo de trabajo para la actividad por jornal que se deben hacer actividades únicas como corte de pavimentos, demolición de pavimento, instalación de tubería o manhole.

Una vez se instala la tubería y se tiene instalada la cimentación de la misma se procede con el lleno compactado y ya que este por lo general posee mayor altura en las capas de lleno de una red de alcantarillado ya que esta capa es la que soportara las cargas de servicio y debido a que esta capa debe cumplir unos porcentajes de grados de compactación donde si es una capa intermedia y se trabaja en una vía este porcentaje debe cumplir un 98% de compactación, si es una capa rasante y se trabaja en una vía esta debe cumplir un 100% de compactación y si es una zona verde se exige un 95% de compactación.

En la busca de cumplir con estos porcentajes es necesario contar con buenos equipos de compactación y al mismo tiempo contar con un buen rendimiento ya que esta es una de las actividades más demoradas debido a la compactación por lo que se presentan las siguientes condiciones que según ellas se recomienda que se utilicen los siguientes equipos de compactación:

- ❖ SI "profundidad promedio de excavación"<1.50m entonces se recomienda compactar por lo menos con dos canguros.
- ❖ SI "profundidad promedio de excavación">1.50m entonces se recomienda compactar por lo menos con 1 canguro y 1 rodillo compactador.

Ya que en el ejercicio que se trabaja se tiene que la profundidad promedio de excavación supera los 1.5 m de profundidad entonces el aplicativo recomienda como se muestra en el resultado que se compacte mínimamente con un canguro y un rodillo compactador.

Para la actividad de botar material se tienen también unas recomendaciones ya que dependiendo de la cantidad de material que se vaya a botar y la condición que establezca el PMT de la obra se establecen las siguientes condiciones:

- ❖ SI "PMT" es con "Cierres parciales" => utilizar volquetas sencillas.
- ❖ SI "PMT" con "cierres totales" => utilizar volquetas doble troque.

Para el ejemplo que se toma se nota que el pmt de la obra establece que se trabajara por medio de cierres parciales por lo que el aplicativo recomienda que se utilicen volquetas sencillas de mínimo 10 m3 de cubicaje para botar el material sobrante.

Por último, en la rasante de la vía se quiere denotar que según el nivel de transito que tenga la vía sobre la cual se está realizando la intervención como se debe construir la rasante temporal que tenga la vía en la brecha para prestar adecuadamente el mejor servicio posible, por lo que según este nivel de transito se muestran las siguientes condiciones:

- ❖ SI "nivel de transito 3" => utilizar pavimentadora.
- ❖ SI "nivel de transito 2 o 1" => utilizar 2 canguros.

Para el ejemplo sobre el que se trabaja se estableció en parámetros de la obra que la obra tiene un nivel de transito 1 por lo que sobre la rasante temporal que será suelo-cemento se deberán utilizar 2 canguros para actividad de un adecuado compactado.

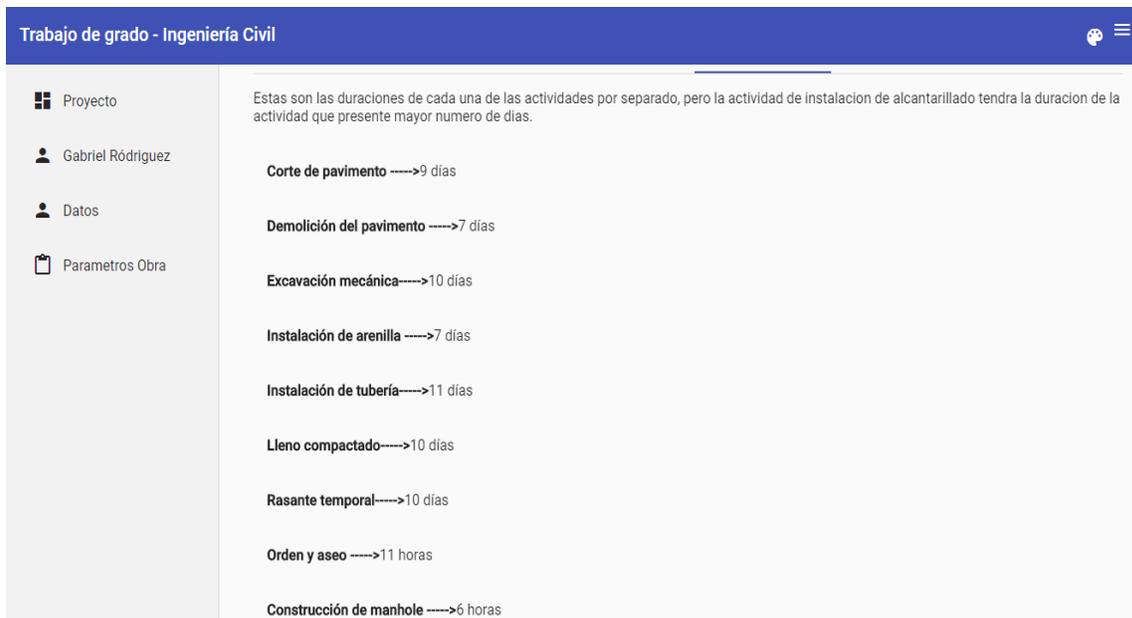


Imagen 7. (interfaz de la pestaña de parámetros de obra “DURACION” del programa, elaboración propia)

Como ya se ha mencionado anteriormente otro de los objetivos del aplicativo es poder mostrarle al usuario que de acuerdo con las características y parámetros que el ingreso se le podrá mostrar cuanto tiempo teóricamente tomara llevar a cabo cada una de las subactividades, esto con el fin de que los ingenieros tengan una idea de en cuanto tiempo podrán realizar la instalación de alcantarillado y poder realizar programaciones de obra.

A continuación de acuerdo con los parámetros por defecto que tiene el programa se calcularan las duraciones de cada una de las actividades como se muestra a continuación:

El cálculo de la duración de estas actividades se realizó mediante a cuanta cantidad de esa actividad debía ejecutarse dividido el rendimiento de cada una de esas actividades por día, En la ventana de duración se muestran las duraciones teóricas de estas actividades como:

- ❖ **Corte de pavimento:** La actividad de corte del pavimento se realiza con un equipo llamado cortadora de pavimentos y estos equipos poseen unos rendimientos que fueron estimados en campo de acuerdo con la experiencia donde se pudo determinar que esta actividad solo se puede realizar máximo 2 hora por jornal, debido a que hay otras actividades que se deben ejecutar al tiempo como demolición. Además, se establece en estos rendimientos un factor de imprevistos que es del 30%
- **Rendimiento de corte de pavimento: 30ml/día**
- **Metros lineales de pavimento a cortar: 200 ml**

$$\text{duracion corte de pavimento: } \frac{200 \text{ ml}}{30 \frac{\text{ml}}{\text{día}}} * 1,3 = 9 \text{ dias}$$

Ecuación 9. (“cálculo de duración de corte de pavimento”, elaboración propia)

❖ **Demolición de pavimento:** esta actividad se realiza con un equipo de maquinaria pesada, como se vio en la ventana de resultados dependiendo de la máquina que se utilice se presentan los siguientes rendimientos teóricos según la experiencia:

- **sí el pavimento es flexible <20cm=> martillo neumático: 2.31 m³/día**
- **sí el pavimento es flexible y esta entre 20 y 30 cm => bocat o mini retro: 3.30 m³/día**
- **sí el pavimento es flexible > 30cm=> retro excavadora 320: 8.80 m³/día**
- **sí el pavimento es rígido <20cm=> bocat o mini retro: 2.2 m³/día**
- **sí el pavimento es rígido >20cm=> retro excavadora 320: 5.78 m³/día**

de acuerdo con estos rendimientos con los espesores, tipo de pavimento, maquinaria y cantidad de pavimento a demoler se calcula cuanto tiempo tomara realizar la actividad de demolición de pavimento con los valores ingresados en este caso los que aparecen en parámetros de la obra:

- **tipo de pavimento: flexible**
- **espesor de pavimento: 0.50 m**
- **equipo para demoler: retro excavadora 320 o 120**
- **pavimento para demoler: 50 m³**
- **rendimiento: 8.80 m³/día**

De acuerdo con estas variables se calcula la duración de esta actividad. Además, se establece en estos rendimientos un factor de imprevistos que es del 30%

$$\text{duracion demolicion de pavimento: } \frac{50 \text{ m}^3}{8.80 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} * 1.3 = 7 \text{ dias}$$

Ecuación 10. ("cálculo de duración de demolición de pavimento", elaboración propia)

❖ **Excavación mecánica:** La actividad de excavación mecánica se realiza con un equipo de excavación y estos equipos poseen unos rendimientos que fueron estimados en campo de acuerdo con la experiencia donde se pudo determinar que esta actividad solo se puede realizar máximo 2 hora por jornal, debido a que hay otras actividades que se deben ejecutar al tiempo como demolición o cortar pavimento. Además, se establece en estos rendimientos un factor de imprevistos que es del 30%

- **Rendimiento de excavación mecánica: 26.4 m³/día**
- **Cantidad de material a excavar: 200 m³**

$$\text{duracion excavacion mecanica: } \frac{200 \text{ m}^3}{26.4 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} * 1.3 = 10 \text{ dias}$$

Ecuación 11. ("cálculo de duración de excavación mecánica", elaboración propia)

❖ **Instalación en arenilla:** La actividad de instalación de arenilla se realiza con un equipo que realice llenos y estos equipos poseen unos rendimientos que fueron estimados en campo de acuerdo con la experiencia donde se pudo determinar que esta actividad solo se puede realizar máximo 1 hora por jornal, debido a que hay otras actividades que se deben ejecutar al tiempo como demolición o cortar pavimento. Además, se establece en estos rendimientos un factor de imprevistos que es del 30%

- **Rendimiento de instalación de arenilla: 13,72 m³/día**
- **Cantidad de material de cimentación: 71,68 m³**

$$\text{duracion instalacion de arenilla: } \frac{71.68 \text{ m}^3}{13.72 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} * 1.3 = 7 \text{ dias}$$

Ecuación 12. ("cálculo de duración de cimentación", elaboración propia)

❖ **Instalación de tubería:** La actividad de instalación de tubería se realiza dependiendo del diámetro ya sea manualmente si es un diámetro menor a 40" si es superior a esto lo recomendable es hacerlo con el equipo con el que se excavo, además esta actividad debe cumplir un alineamiento y unas cotas de diseños apoyados con un personal de topografía donde los rendimientos que fueron estimados en campo de acuerdo con la experiencia donde se pudo determinar que esta actividad solo se puede realizar máximo 30 minutos por jornal, debido a que hay otras actividades que se deben ejecutar al tiempo como la excavación, cimentación y lleno a rasante. Además, se establece en estos rendimientos un factor de imprevistos que es del 30%

- **Rendimiento de instalación de tubería: 12 ml/día**
- **Metros lineales de tubería: 100 ml**

$$\text{duracion instalacion de tuberia: } \frac{100 \text{ m}^3}{12 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} * 1.3 = 11 \text{ dias}$$

Ecuación 13. ("cálculo de duración de instalación de tubería", elaboración propia)

❖ **Lleno compactado:** La actividad de lleno compactado se realiza con un equipo que realice llenos y estos equipos poseen unos rendimientos que fueron estimados en campo de acuerdo con la experiencia donde se pudo determinar que esta actividad solo se puede realizar máximo 2 hora por jornal, debido a que hay otras actividades que se deben ejecutar al tiempo como demolición o cortar pavimento. Además, se establece en estos rendimientos un factor de imprevistos que es del 30%

- **Rendimiento de lleno compactado: 10.43 m³/día**
- **Cantidad de lleno compactado: 82 m³**

$$\text{duracion instalacion de arenilla: } \frac{82 \text{ m}^3}{10.43 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} * 1.3 = 10 \text{ dias}$$

Ecuación 14. ("cálculo de duración de lleno compactado", elaboración propia)

- ❖ **Rasante temporal:** La actividad de rasante temporal se realiza manualmente y con equipos medianos de compactación como canguros y rodillos compactadores y estos equipos poseen unos rendimientos que fueron estimados en campo de acuerdo con la experiencia donde se pudo determinar que esta actividad solo se puede realizar máximo 30 minutos por jornal, debido a que hay otras actividades que se deben ejecutar previamente con cimentación, instalación de tubería y llenos compactados. Además, se establece en estos rendimientos un factor de imprevistos que es del 30%

- **Rendimiento de rasante temporal: 1.32 m³/día**
- **Cantidad de material en rasante temporal: 10 m³**

$$\text{duracion instalacion de arenilla: } \frac{10\text{m}^3}{1.32 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} * 1.3 = 10 \text{ dias}$$

Ecuación 15. ("cálculo de duración de rasante temporal", elaboración propia)

- ❖ **Orden y aseo:** Esta actividad no requiere equipos, solo personal ya que una tarea importante es dejar la zona de trabajo lo más impecable posible ya que esta zona prestara servicio vial una vez se acabe el jornal y esta actividad solo tomara 1 hora por jornal por lo que la duración será en horas lo que dure la mayor actividad en la instalación de redes de alcantarillado:

duracion orden y aseo: duracion de la mayor actividad = 11 horas

- ❖ **Construcción de manhole:** Un manhole dependiendo de la altura que tenga se le estimo por la experiencia en obra ya que a mayor profundidad llevara más elementos prefabricados o cantidad de concreto lo que se produce a mayor tiempo, por lo que:
 - **Si la profundidad del manhole es menor a 1.5 m entonces se tardará alrededor de 4 horas construirlo.**
 - **Si la profundidad del manhole varía entre 1.5 m y 2.5 m entonces se tardará alrededor de 6 horas construirlo.**
 - **Si la profundidad del manhole es mayor a 2.5 m entonces se tardará alrededor de 8 horas construirlo.**

Estos son todas las actividades que comprenden la actividad de instalación de redes de alcantarillado con sus respectivas duraciones que se calculan de acuerdo con la cantidad de obra que se va a ejecutar con respecto a unos rendimientos de obras medidos con la experiencia. Por último, se mostrará como resultado final y posiblemente más importante

como lo es cuanto costara cada una de esas subactividades a realizar donde este costo dependerá de los equipos que se utilicen y la duración de esas actividades.

A continuación, se muestra un pantallazo de estos resultados que presenta la ventana costos:

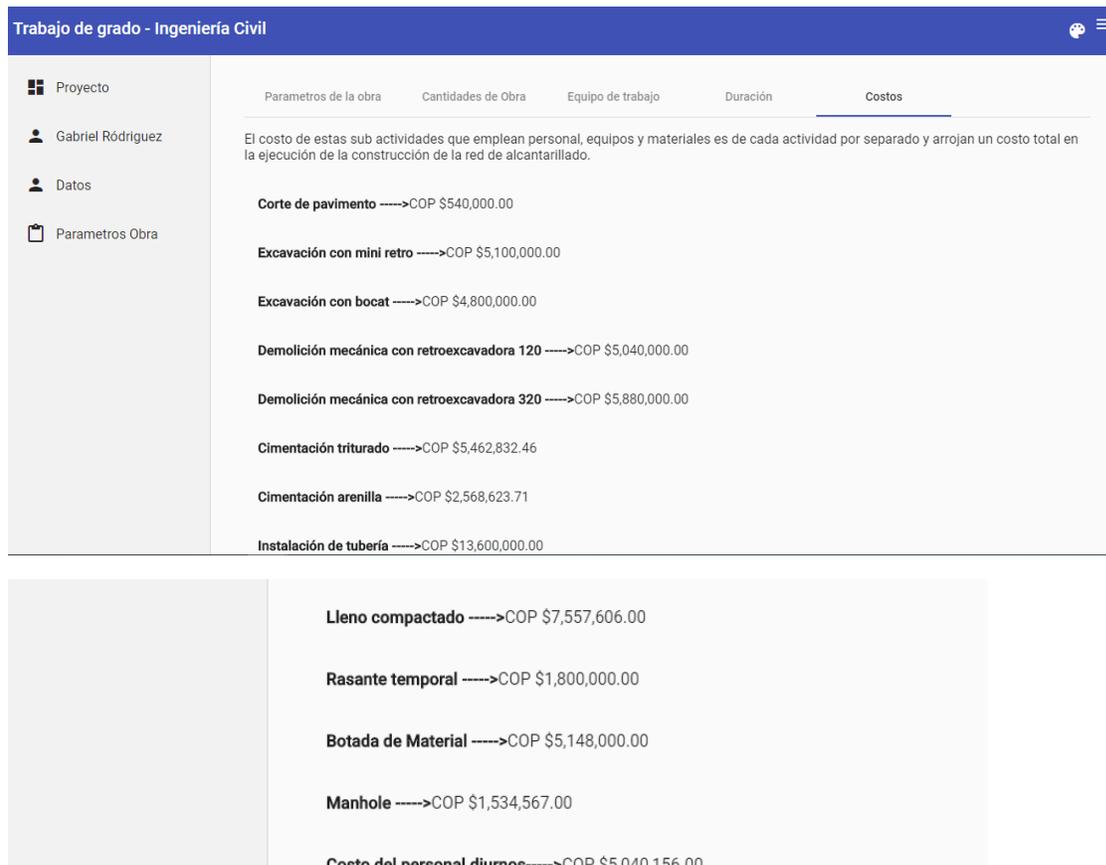


Imagen 8. (interfaz de la pestaña de parámetros de obra “**COSTOS**” del programa, elaboración propia)

Previamente en el código de programación que se mostrara más adelante se mostrara como se podrán ingresar valores como alquiler diario de equipos, costos de materiales, salarios del personal ya que de acuerdo con esto se calculan los costos de obra y por supuesto cuanto duren esas actividades y cuanto material se requiera por lo que se mostrara a continuación.

❖ **Corte de pavimento:**

- Duración de actividad: 9 días.
- Costo alquiler cortadora de pavimento: 53.550\$

$$\text{costo actividad corte de pavimento: duracion actividad * alquiler cortadora} \\ = 9 \text{ dias} * 53.550\$ = 540.000\$$$

Ecuación 16. (“cálculo del costo de corte de pavimento”, elaboración propia)

❖ **Excavación con mini retro:**

- Duración de actividad: 10 días.
- Costo alquiler mini retro: 510.000\$

$$\begin{aligned} \text{costo excavacion con miniretro: duracion actividad} * \text{alquiler miniretro} \\ = 10 \text{ dias} * 510.000\$ = 5.100.000\$ \end{aligned}$$

Ecuación 17. ("cálculo del costo de excavación mecánica", elaboración propia)

❖ **Excavación con bocat:**

- Duración de actividad: 10 días.
- Costo alquiler bocat: 480.000\$

$$\begin{aligned} \text{costo excavacion con bocat: duracion actividad} * \text{alquiler bocat} = 10 \text{ dias} * 480.000\$ \\ = 4.800.000\$ \end{aligned}$$

Ecuación 18. ("cálculo del costo de excavación mecánica", elaboración propia)

❖ **Demolición con retro excavadora 320:**

- Duración de actividad: 7 días.
- Costo alquiler retro excavadora 320: 840.000\$

$$\begin{aligned} \text{costo demolicion con retro 320: duracion actividad} * \text{alquiler retro 320} \\ = 7 \text{ dias} * 840.000\$ = 5.880.000\$ \end{aligned}$$

Ecuación 19. ("cálculo del costo de demolición de pavimento", elaboración propia)

❖ **Demolición con retro excavadora 120:**

- Duración de actividad: 7 días.
- Costo alquiler retro excavadora 120: 720.000\$

$$\begin{aligned} \text{costo demolicion con retro 120: duracion actividad} * \text{alquiler retro 120} \\ = 7 \text{ dias} * 720.000\$ = 5.040.000\$ \end{aligned}$$

Ecuación 20. ("cálculo del costo de demolición de pavimento", elaboración propia)

❖ **Cimentación en arenilla:**

- Costo arenilla: 35.000\$
- Cantidad de arenilla: 71.68 m³

$$\begin{aligned} \text{costo de cimentacion en arenilla: costo arenilla} * \text{cantidad de arenilla} \\ = 35.000\$ * 71.68\text{m}^3 = 2.568.623\$ \end{aligned}$$

Ecuación 21. ("cálculo del costo de cimentación", elaboración propia)

❖ **Instalación de tubería:**

- Costo tubería de 27": 816.000\$
- Cantidad de tubos: (metros lineales de tubería/ 6m) =(100m/6m) = 17 tubos

$$\begin{aligned} \text{costo de instalacion de tuberia: costo tuberia} * \text{cantidad de tubos} = 816.000\$ * 17 \text{ und} \\ = 13.600.000\$ \end{aligned}$$

Ecuación 22. ("cálculo del costo de instalación de tubería", elaboración propia)

❖ **Lleno compactado:**

- Costo subbase: 70.833\$
- Cantidad de subbase: 82 m³
- Costo alquiler canguro: 32.130 \$
- Costo rodillo compactador: 142.800 \$
- Duración actividad: 10 días

$$\begin{aligned} \text{costo de lleno compactado:} & \text{costo subbase} * \text{cantidad de subbase} + \text{costo canguro} \\ & * \text{duracion actividad} + \text{costo rodillo compactador} \\ & * \text{duracion de la actividad} \\ & = 70.833\$ * 82\text{m}^3 + 32.130\$ * 10 \text{ dias} + 142.800 * 10 \text{ dias} = 7.557.606\$ \end{aligned}$$

Ecuación 23. ("cálculo del costo de lleno compactado", elaboración propia)

❖ **Rasante temporal:**

- Costo fresado: 180.000\$
- Cantidad de suelo-cemento: 10 m³

$$\begin{aligned} \text{costo de rasante temporal:} & \text{costo de fresado} * \text{cantidad de fresado} = 180.000\$ * 10 \text{ m}^3 \\ & = 1.800.000\$ \end{aligned}$$

Ecuación 24. ("cálculo del costo de rasante temporal", elaboración propia)

❖ **Botada de material:**

- Costo viaje de volqueta: 234.000\$
- Cantidad de volquetas: 22 volquetas

$$\begin{aligned} \text{costo de botada de material:} & \text{costo viaje volqueta} * \text{cantidad de volquetas} \\ & = 234.000\$ * 22 \text{ und} = 5.148.000\$ \end{aligned}$$

Ecuación 25. ("cálculo del costo de botada de material", elaboración propia)

❖ **Manhole:**

- Costo manhole si altura es menor a 1.5m = 1.401.822 \$
- Costo manhole si altura esta entre 1.5m y 2.5 m= 1.534.567 \$
- Costo manhole si altura es menor a 1.5m = 1.789.938 \$

Para el caso de nuestro ejemplo se toma el segundo costo que es de 1.534.567\$

❖ **Costo de personal en jornada diurna:**

- Costo ayudante diario: 54.263\$
- Costo oficial diario: 77.467\$
- Costo SST diario: 88.533\$
- Costo maestro diario: 99.600\$
- Costo ingeniero diario: 138.333\$
- Cantidad de ayudantes:1
- Cantidad de oficiales:1
- Cantidad de SST:1
- Cantidad de maestros:1
- Cantidad de ingenieros:1
- Duración de la actividad de red de alcantarillado: 11 días

$$\begin{aligned}
& \text{Costo de personal: duracion de la actividad} \\
& * ((\text{costo ayudante} * \text{cantidad ayudante}) \\
& + (\text{costo oficial} * \text{cantidad oficiales}) + (\text{costo SST} * \text{cantidad SST}) \\
& + (\text{costo maestro} * \text{cantidad de maestros}) \\
& + (\text{costo ingeniero} * \text{cantidad de ingenieros})) \\
& = 11 \text{ dias} \\
& * ((54.263\$ * 1\text{und}) + (77.467\$ * 1\text{und}) + (88.533\$ * 1\text{und}) \\
& + (99.600 * 1\text{und}) + (138.333\$ * 1\text{und})) = 5.040.156\$
\end{aligned}$$

Ecuación 26. ("cálculo del costo del personal de obra", elaboración propia)

Una vez finalizado como se realizó el programa y mostrado como se usa se presenta el programa **Visual Studio Code** que nos permitirá modificar el código del programa si el ingeniero usuario lo requiere, una de las ideas del proyecto es que si existe una obra en la cual se posean condiciones muy especiales y se requiera modificar el programa porque no cumple con estas condiciones especiales, este pueda ingresar al "code" y lo modifique donde incluso se modificaran los salarios, costos de los materiales, alquiler de los equipos ya que esto siempre será diferente para cada obra o circunstancias, este programa va en el manual de instalación del programa que deberá estar incluido en la carpeta del proyecto por lo que mostraremos únicamente a continuación unos pantallazos de donde se podrán modificar estos valores de salarios, materiales y alquileres.

```

1 export const schema = {
2   "horarios": [
3     { value: 'diurnos', name: 'Diurnos' },
4     { value: 'nocturnos', name: 'Nocturnos' },
5     { value: 'dominicales', name: 'Dominicales' },
6   ],
7   "ubicación": [
8     { value: 'pavimento_flexible', name: 'Pavimento Flexible' },
9     { value: 'pavimento_rigido', name: 'Pavimento Rigido' },
10    { value: 'zonaverde', name: 'Zona verde' },
11  ],
12  "niveltransito": [
13    { value: 'nivel_1', name: 'Nivel de transito 1' },
14    { value: 'nivel_2', name: 'Nivel de transito 2' },
15    { value: 'nivel_3', name: 'Nivel de transito 3' },
16  ],
17  "personal": [
18    { value: 'ayudantes', name: 'Ayudantes', hora_nocturna: 11440, salario_dia: 54263, recargo_dominical_hora: 16328, },
19    { value: 'oficiales', name: 'Oficiales', hora_nocturna: 18664, salario_dia: 77467, recargo_dominical_hora: 88533, },
20    { value: 'sst', name: 'SST', hora_nocturna: 18664, salario_dia: 88533, recargo_dominical_hora: 53320, },
21    { value: 'maestros', name: 'Maestros', hora_nocturna: 21000, salario_dia: 99600, recargo_dominical_hora: 138333, },
22    { value: 'ingenieros', name: 'Ingenieros', hora_nocturna: 29160, salario_dia: 138333, recargo_dominical_hora: 180000, },
23  ],
24  "materialcementacion": [
25    { value: 'arenilla', name: 'Arenilla', unidad: 'm3', precio: 35833 },
26    { value: 'triturado', name: 'Triturado', unidad: 'm3', precio: 76208 },
27    { value: 'arenilla_triturado', name: 'Arenilla + Triturado', precio: 0 },
28    { value: 'subbase', name: 'Sub Base', unidad: 'm3', precio: 78833 },
29    { value: 'basegranular', name: 'Base Granular', unidad: 'm3', precio: 82333 },
30    { value: 'suelo_cemento', name: 'Suelo Cemento', unidad: 'm3', precio: 97083 },
31    { value: 'fresado', name: 'Fresado', unidad: 'm3', precio: 180000 },
32  ],
33  "costosmateriales": [

```

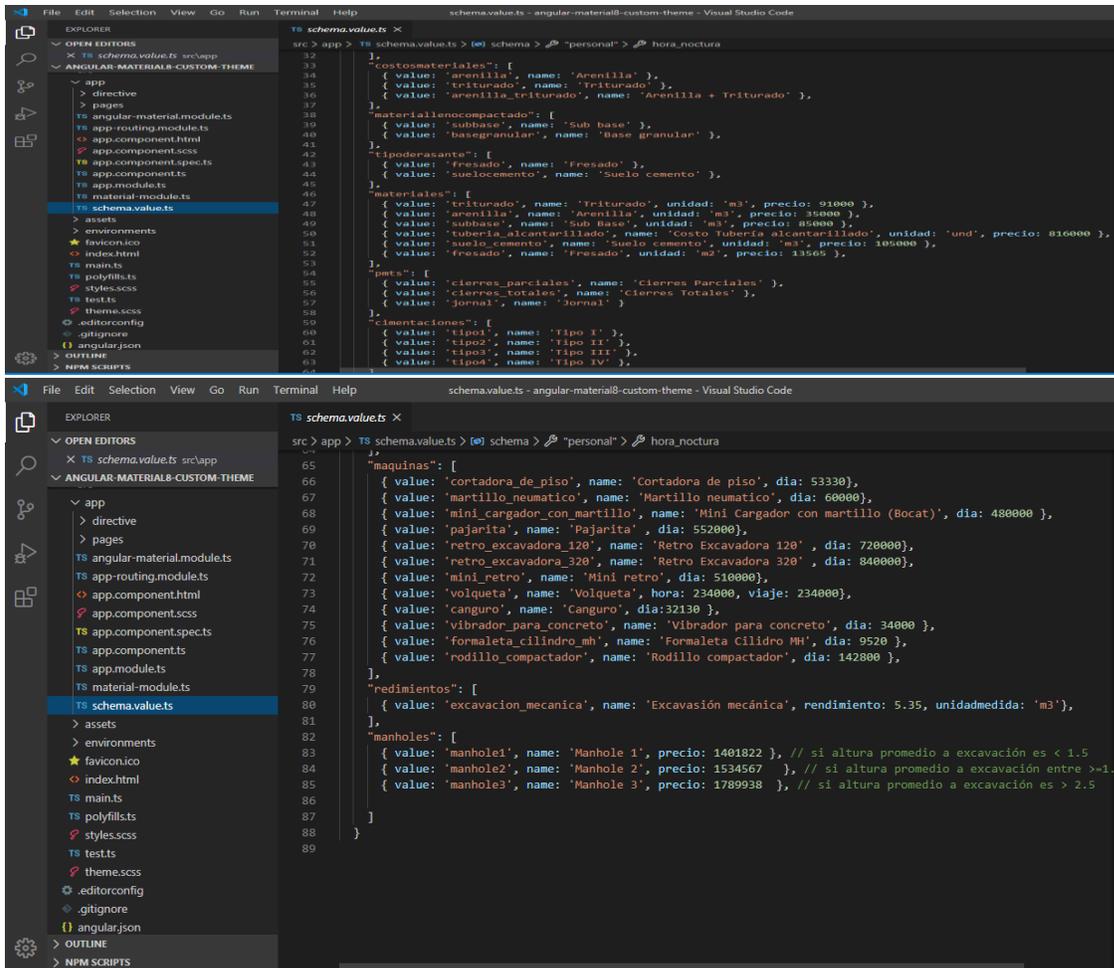


Imagen 9. (interfaz de la pestaña schema.value.ts en la ventana page “MODIFICACION DE VALORES DE OBRA” del programa Visual Studio Code, elaboración propia.)

El proyecto arrojó unos resultados favorecedores a las situaciones problematizadoras que se presentan en todas las obras de alcantarillado, pese a que a medida que se hacían los análisis desde la obra en la que se fundó la idea y después en las prácticas académicas, se notaban muchos errores de procedimientos constructivos, de planificación y pérdidas económicas, en donde con el fin de querer darle solución efectiva a éstos se crea un aplicativo que proporciona efectividad y eficacia en los resultados que se obtienen, siendo todo un éxito al tener en cuenta las condiciones que presenta la obra. Por consiguiente, el análisis de los resultados se lleva a cabo a partir de cada variable situacional para tener una mejor comprensión de éste, así:

Cantidades de obra: este resultado tiene como fin darle al usuario la posibilidad de conocer por medio de un clic cuánto material va a requerir comprar para ejecutar una actividad y tener una idea en unidades de medida de cada una de ellas. Esto también sirve para temas del contrato, ya que da una idea clara de las cantidades contractuales a la hora de realizar de arrojar el valor de un contrato. De acuerdo con esto, el aplicativo por su parte es de gran importancia para establecer un panorama previo de lo que será la ejecución de la actividad de una red de alcantarillado.

Equipos por usar: uno de los inconvenientes más grandes que se tuvieron cuando se inició la obra al no tener claridad de los parámetros que se daban, fue la mala planificación por la no utilización de los equipos adecuados, ya sea por la baja productividad del equipo o porque dicha actividad no se podía ejecutar con éste, perdiendo tiempo mientras se cambiaba lo que afectó gravemente los rendimientos, afectando y retrasando algunas intervenciones. De ahí que con el programa creado (en donde por medio de los parámetros iniciales) se resuelve la mejor opción del equipo a utilizar para las actividades a realizar, mejorando notablemente los rendimientos al no presentarse tantos inconvenientes, logrando a partir de ahora con la implementación del aplicativo una experiencia eficaz y adecuada para el desarrollo normal en la instalación de una red de alcantarillado.

Duración: la obra pide frecuentemente al contratista de redes húmedas una programación y el tiempo que durará cada una de las actividades, pactando fechas para tener un porcentaje de éstas listo y su totalidad. Teniendo en cuenta esas solicitudes, se pensó que el aplicativo podía arrojar un resultado frente a los días que se lleva ejecutar cierta cantidad porcentual de la actividad o en su totalidad, resolviendo el problema planteado y evitar así, incumplimientos de obra que le dan mala imagen a la empresa y al ingeniero encargado.

Costos: La empresa para la cual se trabaje realizando estas labores quiere saber cuánto le costará realizar la obra para así tener presupuestos, calcular utilidades y viabilidades, los cuales dependen de los precios aprobados por la obra. Este factor fue uno de los grandes inconvenientes, ya que los precios que fueron aprobados no estaban generando ganancias, debido a que el costo de la obra fue muy elevado con relación a lo que se cobró por realizar la actividad, provocando que el proyecto no fuera viable por la ganancia que no justificaba. Por esa razón el programa en este sentido se aplica para obtener una visión de lo que podrá costar la obra, tanto en materiales y equipos, como en el personal, puesto que son los aspectos en los que son mayores los gastos. La finalidad del aplicativo es que a la hora de establecer el valor de un contrato se realice adecuadamente para que la empresa pueda producir unas generosas ganancias o que por lo menos no se incurra a pérdidas.

8. Conclusiones.

El proyecto en general se toma como una buena herramienta para la ejecución de las redes de alcantarillado, en donde se genera utilidad a la hora de resolver dudas y dar solución a inconvenientes que se presenten a lo largo de la ejecución o incluso una vez terminada la misma, ya que se pueden determinar métodos que ayuden a mejorar la realización de las actividades, reduciendo al mínimo las improvisaciones, lo que proporciona una mejor calidad en éstas. Así pues, a la hora de implementar el aplicativo es importante contar con la mayor cantidad de variables de la obra para obtener resultados que mejoren la planificación de las actividades, indicando las máquinas más útiles y pertinentes para el método constructivo, las cuales den un mayor rendimiento a la obra. Además, conocer las cantidades de obra que facilitan el trabajo al ingeniero encargado, suministrando información en temas como la cantidad de material que debe pedir o el mínimo que debe cobrar, lo que da una idea clara de la magnitud del proyecto y lo que debe hacer para su correcto desarrollo.

En conclusión, el programa tiene como finalidad suministrar datos reales y ciertos frente a algunos contratiempos que se pueden presentar en las obras de construcción de redes de alcantarillado, propiciando una mejor estructuración a nivel empresarial que elimine gastos innecesarios, reprocesos en cuestiones de material y el bajo rendimiento del personal. Todo lo expuesto anteriormente implica al mismo tiempo una autoevaluación que le permite a la empresa retroalimentarse constantemente y cumplir en el tiempo oportuno con una obra de calidad.

9. Listado de referencias bibliográficas.

- **Norma EPM.**
- https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Aguas/NC_MN_OC05_04_Pavimento_asfaltico.pdf?ver=2018-06-13-133351-187
- https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/normatividad_y_legislacion/aqua/Norma_Diseño_Alcantarillado_2013.pdf
- <https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/proveedores/201.pdf>
- http://www.grupo-epm.com/site/Portals/17/contrataciones/procesos/2015/noviembre/30-11-2015_tr2015-0060_normas_y_especificaciones_particulares.pdf
- https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Aguas/NC_MN_OC05_01_Corte_y_fresado_de_pavimento.pdf?ver=2018-06-13-133405-483
- https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Aguas/NC_MN_OC02_01_Demoliciones.pdf?ver=2018-06-13-111100-287
- [https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Aguas/NC_MN_OC03_02_Estructuras temporales de contencion.pdf?ver=2018-08-06-071924-667](https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Aguas/NC_MN_OC03_02_Estructuras_temporales_de_contencion.pdf?ver=2018-08-06-071924-667)
- **Excavaciones y llenos estructurales.**
- <https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/proveedores/cap2.pdf>
- **Instructivo de proceso constructivo de red de alcantarillado.**
- <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/14215/2/SanchezAvellanedaJohnEdisonAnexo-1.pdf>.
- <https://ictis.org/es/tecnologia-sin-zanja>
- <https://www.javeriana.edu.co/educon/rehabilitacion-de-tuberias-con-tecnologia-sin-zanja>

