

**PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL Y TOMA DE
DECISIONES BAJO INCERTIDUMBRE.**

**MARÍA CAMILA OCHOA CARDOSO
MICHAEL STIVEN ALVARADO CAMPOS**

LEONARDO AUGUSTO FONSECA BARRERA



**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C., SEPTIEMBRE DE 2021**

PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL Y TOMA DE
DECISIONES BAJO INCERTIDUMBRE.

MARÍA CAMILA OCHOA CARDOSO
MICHAEL STIVEN ALVARADO CAMPOS

LEONARDO AUGUSTO FONSECA BARRERA



UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C., SEPTIEMBRE DE 2021

Nota aceptación

Firma de tutor
Ingeniero Leonardo Augusto Fonseca Barrera Ph.D.

Firma de jurado 1

Firma de jurado 2

Bogotá D. C., septiembre de 2021

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a todas aquellas personas que le han dado un soporte a nuestra vida, intentando brindarnos lo mejor de ellos, acompañando nuestros pasos, nuestros logros y principalmente nuestros sueños, a quienes nos han visto caer una y otra vez y aun así nos han extendido su mano para levantarnos, quienes nos han apoyado y acompañado a lo largo de nuestras vida, de nuestros esfuerzos, a quienes nos han impulsado a seguir adelante, nos han dado palabras de aliento, nos han guiado con su paciencia y amor, aquellas personas que por más problemas o discusiones que se presenten siempre van a seguir siendo igual de importantes para nosotros, está dedicado a nuestra familia y especialmente a nuestras madres quienes a través de su ejemplo y lucha constante nos han ayudado a llegar hasta este punto de nuestra carrera, a ellas que sueñan vernos obtener nuestro título de ingenieros civiles y que han soñado con mucho más anhelo que nosotros que logremos esta gran meta en nuestras vidas. También aquellas personas que nos han compartido su extenso conocimiento en diferentes áreas, quienes han impulsado nuestro aprendizaje y nos han ido preparando poco a poco para enfrentar nuestra vida laboral, a los que preparan la explicación de su clase buscando las palabras correctas, para transmitir y contribuir por medio de su enseñanza, a ellos también porque a lo largo de todos estos años en la universidad no hubiéramos podido avanzar un solo paso sin la compañía de ellos, de nuestros profesores.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer especialmente al ingeniero Leonado Fonseca asesor del proyecto de grado, por orientarnos de la manera correcta para desarrollar este trabajo, por la experiencia y conocimiento que nos brindó, pues con su dedicación hicimos de los problemas y dificultades una oportunidad de mejora no sólo para nuestra vida estudiantil, si no para nuestra vida personal y profesional.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	4
1 PROBLEMA.....	7
1.1 DESCRIPCIÓN	11
1.2 PLANTEAMIENTO.....	14
2 DELIMITACIÓN	15
2.1 CONCEPTUAL	15
3 OBJETIVOS.....	17
3.1 OBJETIVO GENERAL	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
4 ANTECEDENTES.....	18
4.1 EXTERNOS	18
5 JUSTIFICACIÓN.....	21
6 MARCO REFERENCIAL	23
6.1 EL CICLO DE VIDA DE LOS PROYECTOS.....	23
6.1.1 Etapa de pre-inversión.....	23
6.1.2 Etapa de inversión	25
6.1.3 Etapa de operación.....	25
6.1.4 Etapa de evaluación ex post.....	26
6.2 MARCO TEÓRICO	28
6.2.1 Obra Civil	28
6.2.2 Presupuesto.....	29
6.2.3 Cronograma.....	29

6.2.4	Distribución De Probabilidad.....	29
6.2.5	Distribuciones De Probabilidad Discretas	30
6.2.6	Distribuciones De Probabilidad Continuas.....	30
6.2.7	Asimetría.....	30
6.2.8	Curtosis.....	30
6.2.9	Incertidumbre	31
6.2.10	Simulación De Montecarlo	31
6.2.11	Plazo.....	32
6.2.12	Programación	32
6.2.13	Riesgos.....	33
6.2.14	Risk Simulator.....	33
6.3	DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD DISCRETAS.....	33
6.3.1	Distribución Binomial	34
6.3.2	Distribución Bernoulli	34
6.3.3	Distribución Discreta Uniforme	34
6.3.4	Distribución Geométrica.....	34
6.3.5	Distribución Poisson	35
6.4	DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD CONTINUAS	39
6.4.1	Distribución Beta.....	39
6.4.2	Distribución Logarítmica Normal	39
6.4.3	Distribución Normal.....	40
6.4.4	Distribución Triangular	40
6.4.5	Distribución Pert	40
6.4.6	Distribución Uniforme.....	41

7	METODOLOGÍA.....	45
8	ELABORACIÓN DE CRONOGRAMAS Y PRESUPUESTOS	47
8.1	WBS/EDT.....	47
8.1.1	Entradas	47
8.1.2	Herramientas Y Técnicas.....	48
8.1.3	Salidas	48
8.1.4	Construcción de un pavimento en concreto rígido municipio de Valledupar	49
8.1.5	Construcción de muro de contención municipio de Segovia – Antioquia	49
8.1.6	construcción coliseo multifuncional en el centro deportivo Oscar Muñoz Oviedo en el municipio de Valledupar – Departamento del Cesar.	50
8.2	CADENA DE VALOR.....	54
8.3	ELABORACIÓN DE CRONOGRAMAS	58
8.3.1	Planificación del cronograma.....	58
8.3.2	Definición de las actividades.....	59
8.3.3	Secuencia de las actividades.....	60
8.3.4	Evaluar la duración de las actividades.....	62
8.3.5	Desarrollo del cronograma.....	63
8.3.6	Control del cronograma	65
8.3.7	Método de diagrama de barras GANTT o gráficos lineales	66
8.3.8	Método de la ruta crítica (CPM)	66
8.3.9	Método PERT	68
8.4	ELABORACIÓN DE PRESUPUESTOS.....	68
8.4.1	Estimación de costos y técnicas.	70

8.4.2	Reserva de asignaciones, contingencias y gestión.	71
9	FUENTES DE INCERTIDUMBRE	73
9.1	ASPECTOS FINANCIEROS	73
9.2	TIEMPOS DE ENTREGA.....	74
9.3	DISPONIBILIDAD DE PERSONAL.....	75
9.4	TASAS DE CAMBIO	76
9.5	ASPECTOS CLIMÁTICOS.....	80
9.6	PRECIOS DEL MERCADO.....	82
10	MODELO DE MONTECARLO A UN PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL	83
11	ESTABLECIMIENTO DE DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD	93
12	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	95
13	METODOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS Y TOMA DE DECISIONES BAJO INCERTIDUMBRE.....	109
14	CONCLUSIONES	111
15	RECOMENDACIONES	113
	BIBLIOGRAFÍA.....	114
	ANEXO 1. CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO Y OBRAS COMPLEMENTARIAS, EN EL BARRIO EL EDÉN DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR, DEPARTAMENTO DEL CESAR	117
	ANEXO 2. CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN Y OBRAS COMPLEMENTARIAS EN EL BARRIO SAN MATEO, SECTOR TAPARAL, ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE SEGOVIA – ANTIOQUIA	118
	ANEXO 3. CONSTRUCCIÓN DEL COLISEO MULTIFUNCIONAL EN EL CENTRO DEPORTIVO OSCAR MUÑOZ OVIEDO EN EL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR, DEPARTAMENTO DEL CESAR	119
	ANEXO 4. MODELO DE MONTECARLO.....	120

Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Fases y etapas del ciclo de vida del proyecto	24
Ilustración 2 Simetría	30
Ilustración 3 Curtosis	31
Ilustración 4 Crear la EDT/WBS: Diagrama de Flujo de Datos	48
Ilustración 5 EDT para pavimento rígido	51
Ilustración 6 EDT para muro de contención	52
Ilustración 7 EDT para coliseo multifuncional	53
Ilustración 8 Cadena de valor	54
Ilustración 9 Cadena de valor para pavimento rígido	55
Ilustración 10 Cadena de valor para muro de contención	56
Ilustración 11 Cadena de valor para coliseo multifuncional	57
Ilustración 12 Tipos de Relaciones del PDM	61
Ilustración 13 Diagrama de barras GANTT	66
Ilustración 14 Método CPM	67
Ilustración 15 Precio del dólar para el año 2020	78
Ilustración 16 Precio del dólar para el año 2017	79
Ilustración 17 Mapa corredor perimetral de oriente de Cundinamarca.	84
Ilustración 18 Tarifas vigentes por categoría peaje los patios.	85
Ilustración 19 Tarifas vigentes por categoría peaje la cabaña.	85
Ilustración 20 Tarifas vigentes por categoría peaje sopo.	86
Ilustración 21 TPDA Categoría 1	87
Ilustración 22 TPDA Categoría 2	87

Ilustración 23 TPDA Categoría 3	88
Ilustración 24 TPDA Categoría 4	88
Ilustración 25 TPDA Categoría 5	89
Ilustración 26 TPDA Categoría 6	89
Ilustración 27 TPDA Categoría especial 1	90
Ilustración 28 TPDA Categoría especial 2	90
Ilustración 29 Pronostico de simulador de riesgo TIR.....	95
Ilustración 30 Pronostico de simulador de riesgo saldos acumulados.....	96
Ilustración 31 Grafico tipo araña sensibilidad TIR.....	98
Ilustración 32 Grafico tipo tornado sensibilidad TIR.....	99
Ilustración 33 Grafico tipo araña sensibilidad saldos acumulados después de amortización.....	101
Ilustración 34 Grafico tipo tornado sensibilidad saldos acumulados después de amortización.....	102
Ilustración 35 Grafico tipo araña sensibilidad saldos anuales después de ingresos finales.	104
Ilustración 36 Grafico tipo tornado sensibilidad saldos anuales después de ingresos finales.	105
Ilustración 37 Grafico tipo araña sensibilidad saldos después de créditos e inversión.	107
Ilustración 38 Grafico tipo tornado sensibilidad saldos después de créditos e inversión.	108

Lista de tablas

Tabla 1 Distribuciones De Probabilidad Discretas	36
Tabla 2 Distribuciones De Probabilidad Continuas	42
Tabla 3 TPA del peaje los patios	91
Tabla 4 TPA del peaje la cabaña	91
Tabla 5 TPA del peaje sopo.....	92
Tabla 6 Definición de distribuciones de probabilidad	93
Tabla 7 Definición de distribuciones de probabilidad para el crecimiento según la categoría del peaje los patios.	93
Tabla 8 Definición de distribuciones de probabilidad para el crecimiento según la categoría del peaje la cabaña.	94
Tabla 9 Definición de distribuciones de probabilidad para el crecimiento según la categoría del peaje Sopo.	94
Tabla 10 Definición de distribuciones de probabilidad para la DTF	94
Tabla 11 Datos de entrada sensibilidad TIR.	97
Tabla 12 Datos de entrada sensibilidad saldos acumulados después de amortización.....	100
Tabla 13 Datos de entrada sensibilidad saldos anuales después de ingresos finales.	103
Tabla 14 Datos de entrada sensibilidad saldos después de crédito e inversión.	106

GLOSARIO

EDT	Estructura de descomposición del trabajo.
APU	Análisis de presupuestos unitarios.
DOFA	Debilidades, Oportunidades, Fortaleza y Amenazas.
EDT	Estructura Desglosada del Trabajo.
TRM	Tasa Representativa del Mercado.
WBS	Work Breakdown Structure.
TDI	Tasa de interés.
TPDA	Transito promedio diario anual
ANI	Agencia nacional de infraestructura
TIR	Tasa interna de retorno

RESUMEN

Para hablar de proyectos de ingeniería civil se tiene que hablar de diferentes parámetros a desarrollar dentro de los cuales están los parámetros técnicos, administrativos, económicos, etc. Por lo cual es importante identificar primero los parámetros fundamentales e importantes antes de iniciar un proyecto de ingeniería civil. Dentro de estos parámetros más importantes y en los que nos centraremos en este trabajo es el presupuesto de obra y el plazo de ejecución. Por lo tanto es importante saber cómo se desarrollan los presupuestos, cuáles son las variables en que se incurren, cuáles son los factores que se tienen que tener en cuenta para un correcto presupuesto de obra, adicional si a través de los métodos actuales y los respectivos análisis se logra cumplir con los compromisos en los tiempos dispuestos, ya que muchas veces estos tiempos y ejecución de actividades dependen de terceros pues se tienen en cuenta proveedores, contratistas e inclusive intervenciones climáticas.

Por eso se quiere identificar y caracterizar algunas de las problemáticas que se presentan dentro de la ejecución de proyectos de ingeniería civil especialmente en los presupuestos y plazos de ejecución, para posteriormente minimizar aquellas consecuencias que se pueden dar a causa de imprevistos que a veces no se programan ni se tienen en cuenta a la hora de ejecutar obras. Por lo tanto, es de vital importancia ir analizando las diferentes entradas que se tienen a la hora de ejecutar los presupuestos y plazos de manera práctica para identificar las falencias que se están presentando y que hacen que se sean cláusulas por variar constantemente en los proyectos.

Una vez identificado este panorama, se busca determinar los factores de máxima importancia y mayor incidencia de problemas en la realización del proyecto, buscando controlar y disminuir la probabilidad de que estos se presenten y así mismo minimizar el riesgo en la ejecución del proyecto. Lo que permitirá finalmente cumplir con los parámetros previos a la ejecución del proyecto.

Posterior a esto se identificarán las principales fuentes de incertidumbre, que son las que generan riesgos y alteraciones en la duración y costos de los proyectos de ingeniería civil, utilizando información base de un proyecto ingenieril, para llevar desde la teoría a la práctica la propuesta y evidenciar de forma clara cuáles ajustes tanto en la propuesta como en el proyecto se pueden hacer, buscando siempre altos estándares de calidad en proyectos de ingeniería y un alto porcentaje de cumplimiento con presupuestos iniciales y plazos de ejecución.

Una vez realizado esto, se definen los parámetros de entrada para las distribuciones que se van a evaluar por medio de la simulación de Montecarlo la cual será la herramienta que nos permitirá modelar la influencia de las diferentes fuentes de incertidumbre que afectan directamente los costos y la duración del proyecto. Lo cual hará que los proyectos estén a la vanguardia, pues a través de herramientas tecnológicas se hará un acercamiento del objetivo y se lograra determinar la hoja de ruta que se quiere cumplir para dar un cumplimiento en todas las etapas.

Las distribuciones que se van a emplear en el presente trabajo son algunas distribuciones de probabilidad discretas como lo son: distribución binomial, Bernoulli, discreta uniforme, geométrica, poisson. Y otras distribuciones de probabilidad continuas como la beta, normal, logarítmica normal, triangular, pert y la uniforme. Herramientas que al combinarlas con los diferentes parámetros y entradas que ofrece un proyecto de ingeniería permitirán obtener resultados acertados y con altos estándares de calidad.

Empleando Risk Simulator y la simulación de Montecarlo, por medio de las variables previamente definidas y los cálculos que permite desarrollar la herramienta, se logra determinar que variables presentan sensibilidad y afectación del proyecto a través de diferentes distribuciones probabilísticas

Por último, se logrará desarrollar un análisis de sensibilidad con la finalidad de poder disminuir el riesgo en la ejecución de proyectos buscando obtener una

óptima toma de decisiones en los proyectos, mediante una metodología de planificación de proyectos y una adecuada toma de decisiones bajo incertidumbre.

Al final lo que se busca es que siempre se mantengan óptimos proyectos de ingeniería, que se pueda dar el cumplimiento en todos los parámetros de obra y que al final se busque un beneficio tanto para el contratante como para el contratista y que la utilidad por la cual se está desarrollando la obra sea óptima y preste el servicio necesario para la cual fue desarrollada.

INTRODUCCIÓN

En los proyectos de ingeniería civil se deben desarrollar etapas que determinan las fases de construcción, por medio de las cuales se busca llegar a la finalización acertada y correcta del proyecto, a partir de esto sin duda es indispensable desarrollar aspectos como estudios (prefactibilidad, factibilidad, sociales, económicos, etc.), para posteriormente entrar a unas etapas mucho más técnicas en las que se evaluarán aspectos geotectónicos, infraestructurales y de diseño. Por lo tanto, cada uno de los componentes que se desarrollan dentro del proyecto son indispensables y permitirán que los proyectos de ingeniería civil tengan un desarrollo de manera adecuada y que finalmente se tengan obras de calidad y con altos estándares de desarrollo que cumplan a cabalidad los propósitos que se tienen para estos proyectos.

Sin duda alguna cada uno de estos aspectos que se presentan dentro de los proyectos de ingeniería civil son fundamentales y están correlacionados unos con otros, por esto es fundamental que se desarrollen de manera adecuada, una planeación correcta de cada una de sus fases, adicional proyectar financieramente estos para tener un panorama más claro frente al proyecto y poderlo ejecutar correctamente. Por eso normalmente hay aspectos fundamentales de los proyectos que permiten que los ingenieros civiles tengan una claridad más certera de este y estos son los costos del proyecto y los tiempos de ejecución en otras palabras el presupuesto oficial del proyecto y la programación de obra.

Por lo tanto, una correcta inversión de tiempo y experiencia de estos aspectos permitirá buscar una planeación clara y concisa del proyecto permitiendo definir un presupuesto final para el proyecto, pero también es importante tener en cuenta y resaltar que son aspectos que al presentar un mal manejo pueden dejar un alto riesgo el desarrollo y ejecución final del proyecto, pues sin duda alguna pertenecen a una columna vertebral del proyecto. Claramente no son los únicos aspectos que pueden dejar o poner en riesgo un proyecto, pero sí son los

aspectos que se presentan frecuentemente en el desarrollo de estos y que van correlacionados en un alto porcentaje es decir que al variar uno de estos, se presenta una variación del siguiente.

La mayoría de las veces las empresas de construcción no tienen el conocimiento de cuáles son los posibles riesgos a los cuales están expuestos a la hora de desarrollar un proyecto de ingeniería civil y normalmente son situaciones que no prevén y que finalmente terminan afectando el correcto desarrollo del proyecto. Afectando no solo los niveles propios si no inclusive los presupuestos y programaciones que tenía el contratante en el momento en que firmaron entre sí un contrato de obra.

Existen casos en donde, inclusive en contratos estatales afecta actividades de la población nacional al no terminar la obra en los tiempos determinados y por el valor estipulado dando así aumentó en presupuestos y retrasos entregas finales.

Es claro que las herramientas para el uso de la medición de estos riesgos no son usuales y normalmente utilizados en las constructoras, en algunos casos porque no realizan una inversión para el uso de estos, en otros porque no son conocidos, en algunos otros porque no tienen el conocimiento adecuado para el desarrollo óptimo de estos programas e infinidad de situaciones que varían en las empresas constructoras, pero que sin duda alguna no han evidenciado la propuesta de valor que brindan los nuevos software y ayudas tecnológicas en estos proyectos, permitiendo modelar de una manera más acertada todas las etapas a las que estará sometido el proyecto de ingeniería civil.

Dentro de las áreas de la ingeniería civil se encuentra gran variedad de obras a la hora de desarrollar proyectos, en donde se pueden ver involucradas la hidráulica, Geología, infraestructura, etc. Pero dentro de estas diferentes ramas la que más puede presentar incertidumbres y riesgos es la infraestructura ya que normalmente están ligadas a situaciones externas como el clima, geología del

terreno, etc. que hacen presentar diferentes situaciones no controlables a la hora de desarrollarse dentro de un proyecto de ingeniería.

Por esta razón es importante determinar y conocer cuáles pueden ser las posibles variables en los proyectos de ingeniería civil para así minimizar todos aquellos riesgos que se pueden presentar y desarrollar de manera clara las propuestas y toma de decisiones que permitirán que el desarrollo nunca presente un riesgo si no que se permita una ejecución correcta y estén dentro de la planeación tanto de presupuesto como de programación de obra.

Sin duda alguna la idea es que con la ayuda de herramientas tecnológicas y todos sus avances que se han presentado progresivamente, se sigan presentando avances en los campos de la ingeniería civil, pues son ayudas que pueden brindar beneficios a la hora de la ejecución de los proyectos o inclusive previo al desarrollo de estos y permitirán que no se presenten tantas incertidumbres no solo en presupuestos y programaciones de obra si no en todas las fases que son fundamentales para un óptimo desarrollo del proyecto y obra.

1 PROBLEMA

Han sido años y siglos completos en los que se vienen desarrollando actividades de ingeniería civil, brindando soluciones a necesidades específicas las cuales han sido predispuestas por el crecimiento exponencial de las poblaciones y de soluciones de transporte, movilidad, infraestructura y exploración de nuevas áreas.

Dentro de los proyectos de ingeniería civil es inevitable que se presenten situaciones y contratiempos que afecten el correcto desarrollo de los procesos y actividades programadas, aunque la ejecución de actividades ingenieriles se lleva a cabo hace bastante tiempo, estas situaciones cada vez se han vuelto mucho más corrientes y normales, estas prácticas son documentos de común acuerdo (Otro sí o prórrogas), entre contratantes y contratistas donde se ajustan los plazos de ejecución y los presupuestos iniciales lo que hace que se varíen programaciones y presupuestos entre ambas partes.

Pero cuál es finalmente el hecho o el fin de que sucedan este tipo de modificaciones al contrato inicial, dentro de lo más frecuente y normal es la mala evaluación de los riesgos que se pueden presentar en el proyecto, es decir no evaluar claramente aquellos factores y tomar acciones de prevención ante situaciones que afecten la integridad de las condiciones iniciales de la programación, plazo, especificaciones, acabados o todos los aspectos que se plasman en un contrato de obra.

Entonces se estima que un proyecto de ingeniería civil puede presentar un alto porcentaje de incertidumbres y la incertidumbre en un contrato de obra pueden llegar a derivar en modificaciones del contrato inicial, lo que al final propicia un riesgo frente a las condiciones de desarrollo en el proyecto de ingeniería civil pues se presentan situaciones y actividades no programadas, que se tienen que desarrollar de forma espontánea e inmediata.

Por lo tanto, un desarrollo óptimo de la obra está condicionado a diferentes variables que se pueden presentar, unas planeadas y otras que no estén planeadas ni dispuestas, estas pueden ser las causales de contratos inconclusos, hechos que dentro de la ingeniería colombiana se ha presentado y que afectan las condiciones presupuestales para otras obras.

Por lo tanto, en este caso para los proyectos de ingeniería civil se presentan diferentes situaciones que se pueden identificar de diversas formas como debilidades o fortalezas que se tienen al momento de hacer un planteamiento, presupuesto y programación de obra. Por esta razón es de suma importancia resaltar cuáles son los hechos que se pueden presentar y cuáles se tienen en cuenta a la hora de realizar estas actividades para determinar presupuestos y plazos.

Inicialmente se deberá identificar las debilidades que pueden tener actividades como las anteriormente nombradas y es que claramente se evidencia que dentro de un cronograma y presupuesto pueden presentarse infinidad de variables las cuales puedan hacer que no se dé un desarrollo acertado y cercano a lo propuesto y es que más que variables técnicas que se pueden presentar, también pueden presentarse variables ambientales, variables de contratistas o inclusive de disponibilidad de materiales que son requeridas para la ejecución de la obra.

Por lo tanto, en el momento en que se realizan este tipo de actividades, los ingenieros civiles pueden obtener y plasmar en el proyecto demasiada información la cual puede que se ejecute correctamente o que al final cambié por las variables, teniendo como probabilidad las decisiones tomadas.

Ahora viendo el panorama desde otro punto de vista, al revisar las oportunidades que se tienen en los proyectos de ingeniería y en el momento de disponer presupuestos y plazos se encuentran muchas más variables para que los ingenieros civiles puedan analizar, revisar y ejecutar, buscando obtener los

diferentes beneficios de presupuestos y programación de obras, esto se da ya que al presentarse tantas variables y rutas para la ejecución de la obra, lo cual permite infinidad de oportunidades, inclusive cuando se hace un análisis de mercadeo para analizar materiales o contratistas se puede variar y contar con diferentes posibilidades lo que permite contar con un panorama amplio para la ejecución de la obra.

Cabe resaltar también aquellas fortalezas que se pueden presentar en un proyecto de ingeniería civil, donde se encuentran diferentes opciones para desarrollarlo, empezando desde su sistema de construcción hasta los más pequeños detalles en diseño o materiales ligados completamente a lo estético. Claramente se debe contar con un grupo interdisciplinario que evalúe, plasme y ejecute cada una de las decisiones, buscando cumplimiento con los parámetros solicitados en el proyecto y bajo las normas gubernamentales del lugar donde se esté desarrollando este. Por lo tanto, hay que aprovechar estas ventajas y situaciones que se pueden presentar para tomar siempre las mejores decisiones en pro de un excelente proyecto con altos estándares de calidad y un bajo nivel de incertidumbre.

Por último, se pueden presentar las amenazas para así completar la Matriz DOFA, con respecto a estas cabe resaltar que también se presentan diferentes tipos, las cuales pueden poner en riesgo o hacer que el proyecto no se ejecute de una manera correcta. Dentro de las más comunes en el ámbito colombiano se presentan el mal uso de los recursos económicos, la calidad de los materiales utilizados, la presencia de climas tropicales o extremos que no se consideran adecuadamente y hacen que no se tomen las medidas necesarias para evitarlos, las vías de comunicación para transporte de material, personal, maquinaria y otras que hacen que los proyectos sufran niveles de amenaza y riesgo.

Sin embargo, el estado (Como ente contratante) y las entidades financieras (Aseguradoras y/o entidades bancarias) que respaldan a las empresas de

ingeniería han diseñado mecanismos para medir y controlar algunas de las amenazas nombradas anteriormente y de otras que se pueden presentar. Dentro de estos mecanismos se encuentran las licitaciones públicas o concursos de méritos donde a través de una suma de puntajes se selecciona una empresa, consorcio o unión temporal que aporta la mayor de cantidad de puntos en su participación con los otros participantes, por medio de esto el ente adjudicado que posteriormente será llamado contratista cumplió con una óptima experiencia en el objeto a desarrollar (Obras similares, Obras en el mismo lugar o cercanos de donde se desarrollara la obra, una buena evaluación al momento de entregar la obra, etc.), que adicionalmente cuenta con un respaldo financiero sólido y que dentro de los diferentes proponentes es el más indicado para ejecutar el proyecto. Condiciones que no solo evalúan las entidades estatales sino también las financieras para poder respaldar con una garantía tanto su propuesta como las garantías contractuales. Ahora bien, también se han presentado mecanismos adicionales como interventorías, aporte de presupuesto tras demostración de avances de obra a través de informes, etc.

Dentro de las cosas más importantes para tener en cuenta en la planificación de un proyecto podemos resaltar que es sumamente necesario conocer qué tipos de riesgos se pueden presentar, ya que al contar con esta información se puede realizar un reconocimiento e identificación de estos de forma más clara, por consiguiente, se pueden diseñar y proyectar métodos de mitigación de una manera más ágil y sencilla.

Dentro de los riesgos más comunes se pueden encontrar:

- Riesgos por causas físicas: Daños en las estructuras, accidentes laborales y caída de objetos en altura.
- Riesgos por causas naturales: Fallas geológicas, deslizamiento de tierras entre otros.

- Riesgos por causas de diseño: Diseños erróneos, errores en las especificaciones, incumplimiento de la normativa.
- Riesgos por causas económicas: Inflación, mala estimación de presupuestos de obra, tasas de cambio.
- Riesgo por causas sociales: Demoras por protestas, huelgas o sindicatos.

Por lo cual teniendo información base de los posibles riesgos que se pueden presentar en una obra es necesario establecer las posibles respuestas a las amenazas u oportunidades de mejora que se pueden presentar en el proyecto, esto a través de un plan para riesgos establecidos como amenazas en donde el objetivo principal es minimizar y mitigar estos riesgos y otro plan para riesgos establecidos como oportunidades en donde se busca aumentar este riesgo u obtener mayor beneficio de esta oportunidad.

Ya que el presente trabajo tiene como objetivo construir una metodología para una óptima planificación de proyectos de ingeniería civil en donde se minimicen los posibles riesgos que se puedan presentar y junto con esto tener una adecuada toma de decisiones en el proyecto bajo incertidumbre para así minimizar aumentos de presupuesto en la obra y aumento de tiempo en la ejecución de esta.

1.1 DESCRIPCIÓN

En Colombia viene creciendo de forma exponencial el desarrollo de proyectos de ingeniería civil a nivel nacional, esto acompañado claramente del crecimiento poblacional que presenta el país, por tal razón la ingeniería civil ha venido desarrollando propuestas y obras cada vez más tecnológicas y desarrolladas para suplir todas aquellas necesidades que esta población entrante requiere y así aportar un incremento en los niveles de vida.

Por lo tanto, al revisar algunos de los contratos de obra que se presentan en Colombia se evidencia que los contratantes (Entidades públicas o entidades

particulares), cuentan con un presupuesto y programación inicial para un desarrollo de un objeto, adicional a esto también se incorporan parámetros de ejecución y diseño en las obras, que se verán posteriormente reflejados en un contrato de obra civil el cual se pone a disposición y aprobación entre las partes.

Para estos parámetros que se plasman en un contrato se ejecutan estudios y programaciones para encontrar una factibilidad en todos los aspectos necesarios (Financiero, Tecnológico, administrativo, etc.), para posteriormente obtener un informe de resultados óptimos que brinden la viabilidad necesaria a la hora de desarrollar un proyecto.

Después de que la entidad contratante da como un hecho la ejecución del proyecto viene la parte que complementa el acuerdo y que desarrollara el mismo, que se denomina como contratante, el cual puede hacer partícipe del acuerdo de diferentes formas dependiendo si la entidad contratante es pública o privada; el contratante, sin embargo sin importar la figura empieza a realizar y a determinar parámetros importantes y empieza una serie de incertidumbres frente a hechos que se pueden presentar en la obra.

Dentro de los hechos posibles que se quieren analizar y los que normalmente presentan más varianza durante la ejecución del contrato se encuentran los presupuestos y el plazo de ejecución, pero este no es un fenómeno actual, son situaciones que siempre se han presentado en los proyectos y no solo enfocando a los proyectos de obra.

Entonces si existen ya situaciones repetitivas y por medio de la experiencia y de infinidad de proyectos desarrollados se sigue presentando modificaciones de las condiciones iniciales de los contratos cual es el análisis que se da de estos cambios, en general son muchos los aspectos y es mucho la variabilidad que hacen que no se mantengan las condiciones y es un reto para los profesionales de hoy permitir que se pueden desarrollar futuros proyectos de manera concreta

permitiendo una incertidumbre baja y una programación presupuestal acertada acompañada de tiempos óptimos de ejecución.

Con el puesto en marcha de estos contratos y posteriormente el inicio de las obras de ingeniería civil se evidencian que las partes de estos contratos en un alto porcentaje siempre presentan documentos modificatorios (Otro sí y adendas), donde buscan incrementar los presupuestos iniciales y los plazos de ejecución, inclusive donde se presente un fenómeno de forma individual o se presenten los dos, hechos y situaciones que sin duda ponen en muchas ocasiones en riesgo la terminación de la obra o inclusive una terminación pero no en las condiciones óptimas las cuales son deseadas para una correcta estabilidad de la misma en el transcurso del tiempo.

Por lo tanto, lo que se busca es lograr disminuir el nivel de incertidumbre para los proyectos de ingeniería frente a temas como presupuesto inicial y la programación de obras, pues en la actualidad aproximadamente el 90% de los proyectos ejecutados presentan un incremento en tiempo de ejecución lo que a su vez genera un incremento del presupuesto inicialmente establecido para la ejecución.

Por tal razón se quiere disminuir la incertidumbre que se pueden presentar en los contratos de ingeniería civil (Obras) para así bajar las modificaciones en condiciones iniciales de los contratos y que como valor ganado en las obras tanto para contratistas como contratantes se obtenga una eficiencia y un desarrollo sin aumentos en tiempo y en presupuesto con óptimas condiciones y altos estándares de calidad en las obras ejecutadas situación que deja un valor ganado entre las partes y una finalidad de términos en buenas condiciones.

Por lo tanto, será indispensable llevar a cabo la utilización de herramientas y métodos que busquen identificar los riesgos y posteriormente mitigar al máximo para los futuros hechos que se pueden presentar y desarrollar durante la ejecución de la obra.

1.2 PLANTEAMIENTO

¿La aplicación de métodos matemáticos en proyectos de ingeniería puede disminuir la incertidumbre optimizando su presupuesto y su programación de obra buscando que se mantengan las condiciones iniciales y no presenten varianza en el transcurso de la ejecución del proyecto y provocando dejar en riesgo la ejecución en óptimas condiciones?

2 DELIMITACIÓN

El presente trabajo busca proporcionar diferentes rutas para la ejecución de proyectos de ingeniería aportando variables que deberán ser analizadas correctamente por medio de una simulación de riesgo con información base de proyecto de ingeniería civil para así evaluar el riesgo que tiene este con respecto a parámetros de tiempo y costo.

Brindando una herramienta de ayuda para proyectos de ingeniería civil, buscando así que se permitan desarrollar aspectos de suma importancia dentro de los mismos, aportando estándares de calidad, cumplimiento en los tiempos y presupuestos y disminuyendo rangos en pérdidas al momento de la ejecución.

La ayuda de medios electrónicos y digitales para las profesiones ahora son más versátiles y cada vez se abren nuevas posibilidades de avanzar en aspectos tecnológicos, buscando al fin proyectos de ingeniería que permitan una óptima ejecución y una buena estabilidad de la obra durante el tiempo del servicio de esta, por lo tanto a través de medios electrónicos enfocados hacia la ingeniería civil y hacia las posibilidades que se pueden presentar en los diferentes proyectos se buscará tener una precisión más clara para el desarrollo entre los diferentes factores que pueden afectar y poner en riesgo la buena práctica de la construcción.

2.1 CONCEPTUAL

Dentro del análisis del presente trabajo se tendrán en cuenta las variables que se ven afectadas con la situación previamente descrita las cuales se remontan al tiempo de desarrollo de los proyectos de ingeniería civil junto con su presupuesto. La afectación de estos parámetros se genera debido al incumplimiento del cronograma establecido, una mala planeación del proyecto, una mala asignación de recursos o situaciones de incertidumbre que generan riesgos para el cumplimiento del proyecto en sí.

Adicionalmente a esto también se tendrán en cuenta otras variables que de manera directa generan una afectación ya sea al cumplimiento del presupuesto definido en la fase de planeación, o que generen un atraso en el tiempo establecido para la finalización de la obra, estas serán evidenciadas en el análisis de riesgo que se desarrollara y describirá en los capítulos de este trabajo.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Construir una metodología para la planificación de proyectos de ingeniería civil y la toma de decisiones bajo incertidumbre.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar cómo se elaboran los cronogramas y los presupuestos en proyectos de ingeniería civil, para así poder realizar un análisis de los riesgos que se pueden presentar.

Identificar y categorizar las principales fuentes de incertidumbre que pueden generar riesgo y alteraciones crónicas en la duración y los costos de los proyectos de ingeniería civil.

Identificar las variables que representan dicha incertidumbre en la elaboración de presupuestos y cronogramas para proyectos de ingeniería.

Establecer distribuciones de probabilidad para las variables identificadas.

Definir parámetros de entrada para cada distribución establecida (Pesimista, Más probable, Optimista, Media y Desviación estándar, entre otros)

Emplear la simulación de Montecarlo como un instrumento para la modelación de la influencia en diferentes fuentes de incertidumbre con relación a la duración y los costos en los proyectos de ingeniería civil.

Generar un análisis de sensibilidad con la finalidad de disminuir el riesgo en la toma de decisiones en los proyectos.

Proponer la metodología para la planificación de proyectos de ingeniería civil y la toma de decisiones bajo incertidumbre

4 ANTECEDENTES

4.1 EXTERNOS

Muestra cómo otros han afrontado situaciones problemáticas similares, para apoyarse en estudios similares. La mayor fuente de información son los trabajos finales de grado.

Existen gran variedad de investigaciones mediante las cuales se busca que los proyectos implementen modelos de evaluación económica para así lograr disminuir el nivel de incertidumbre en la toma de decisiones haciendo énfasis en que los modelos clásicos no generan una valoración exacta para alternativas que se presentan en inversión ya que se basan en un enfoque determinístico que se encuentra centrado en un solo grupo de variables de entrada, dejando de lado y sin considerar la flexibilidad de poder cambiar una decisión, pero estas investigaciones han estado encaminadas a proyectos de inversión y no se han centrado en generar una aplicación en el campo de ingeniería como una acción de control de presupuesto inicial y el plazo de ejecución.

Por otro lado existen diferentes modelos donde se evalúa el efecto de la incertidumbre en la programación de actividades, de hecho existe una investigación la cual buscan realizar esta evaluación usando la matriz de estructura dependiente y la teoría gris como una aplicación dentro de la cual se determina la incertidumbre en el tiempo de duración de proyectos, por medio de un desglose de actividades que se desarrollan en el proyecto, identificando la relación entre ellas y de esta manera evaluar su impacto dentro del proyecto, buscando que se ajusten los recursos junto con la localización de estos dentro de cada actividad, de alguna manera este desglose de actividades y esta evaluación busca lograr una optimización de tiempo, recursos y un buen desempeño en la realización del proyecto o actividad.

La programación de proyectos se centra en generar una programación de actividades que sea viable para optimizar un objetivo, esta es una línea base con diferentes funciones dentro de las que se pueden destacar la localización de los recursos en diferentes actividades, ser base para la planificación de actividades externas y así mismo generar la comunicación y coordinación con entidades externas para permitir subcontrataciones.

Dentro de la matriz dependiente se encuentran cinco formas de afrontar la incertidumbre para la toma de decisiones, dentro de las que se encuentran programación reactiva la cual no incorpora incertidumbre en la programación de la línea base, si no inspecciona y re optimiza el programa base con la ocurrencia de un evento no esperado, la programación estocástica que se concentra en la programación de las actividades del proyecto que poseen duraciones inciertas con el objetivo de minimizar la duración esperada del proyecto mediante restricciones de recursos y actividades con duraciones fortuitas, la programación de actividades difusas la cual se realiza por medio de distribuciones probabilísticas de las duraciones de las actividades que no se conocen por la falta de datos históricos, y por lo cual son estimadas normalmente por expertos humanos en donde sus juicios son vagos e imprecisos. Lo cual traduce que en vez de manejar distribuciones probabilísticas se utilizan funciones de membresías basadas en conjuntos difusos, que implican tiempos de inicio y finalización de actividades difusos. (Słowiński & Hapke, 2000).

Los principales estudios que se presentan frente a la incertidumbre de proyectos son investigaciones que se limitan y enfocan a situaciones o condiciones climatológicas, casos que se enfocan a estudios hidrológicos que eligen un sector y ubicación puntual, dependiendo de las precipitaciones que se presenten y empiezan a tomar la información necesaria para así lograr encontrar varianzas que puede presentar con el fenómeno climatológico, información que se resume en datos que posteriormente son procesados con herramientas de

modelación como el de Montecarlo para determinar la incertidumbre y sus posibles presentaciones en un tiempo determinado.

Por lo tanto, la presente investigación proporciona que se pueda desarrollar herramientas programables para los proyectos de ingeniería, sin excluir ningún enfoque si no por el contrario incluyendo la mayoría de las áreas de la ingeniería civil, pero que además se obtengan y propicie beneficios propios de las actividades constructivas, factores indispensables para los ingenieros civiles en tiempo y en precio.

5 JUSTIFICACIÓN

Cuál es el fin de identificar diferentes métodos dentro de la ingeniería civil para buscar bajar la incertidumbre y aquellas situaciones que se presentan en un alto porcentaje de los contratos de obra que se ejecutan en Colombia.

Este ejercicio dentro de la ingeniería civil se han presentado en infinidad de ocasiones donde se incrementan los presupuestos a más del 50% y se prorrogan los plazos de ejecución sin control alguno y cabe resaltar situaciones y hechos como los que se presentaron en el túnel de la línea, obra de mega infraestructura que se encuentra en el corazón de la cordillera central específicamente entre el municipio de Calarcá en el departamento del Quindío y el municipio de Cajamarca en el departamento del Tolima

En esta espectacular obra de ingeniería se contaban con objetivos claros a trazar y a desarrollar, que estaban acompañados de una programación en todas sus etapas y en los que buscaban unos beneficios específicos, dentro de los estos beneficios estaba el de incrementar la velocidad en el recorrido en un 200%, que adicional contará con una reducción en el tiempo de recorrido lo cual disminuiría los costes de operación de los vehículos transportadores que hacen uso de este importante corredor vial y uno de los más importantes dentro de los que estaba al momento de desarrollar este proyecto de ingeniería civil era la disminución.

Pero la incertidumbre y la realidad de este proyecto llevó a que se incurrieron en infinidad de problemas y de incrementos en todos los aspectos, inclusive que se presentará un abandono del proyecto y que su programación, desarrollo y entrega se diera en 100 años con un total de 24 proyectos de los cuales 13 eran de obra y todos presentaron prórrogas y adiciones en el presupuesto oficial el cual fue acordado entre las partes, pero adicional del fenómeno que se presentó en los contratos de obras en los 11 contratos restantes que corresponden a la interventoría también presentaron una alta incertidumbre lo

cual determinó que su presupuesto se modificara de 600 millones de pesos colombianas y tuviera un valor final de 2,9 billones de pesos.

Una de las situaciones que complementan lo anteriormente enunciado es que en el 2008 se adjudicó el contrato el cual tenía plazo de finalización en el año 2013 en el mes de julio pero que solo se concluyó una de estas partes en septiembre del 2020 y que su segunda entrega está programada para el 2021 en el mes de Abril, por lo tanto se evidencia que su nivel de incertidumbre y su variabilidad dejo reprocesos y demoras en las entregas en más de 7 años y un incremento en el presupuesto de hasta el 500%.

Por lo tanto, es indispensable y valdrá la pena analizar y poner en práctica todos los métodos y situaciones que permitan que no se repitan situaciones cercanas a las presentadas en este y en miles de proyectos más de la ingeniería civil pues las obras propuestas son propositivas en el mejoramiento de calidad de vida y en el desarrollo constante de la infraestructura del país.

6 MARCO REFERENCIAL

6.1 EL CICLO DE VIDA DE LOS PROYECTOS

Para hablar acerca de las etapas de los proyectos de ingeniería civil se hará referencia a lo indicado en el manual conceptual de la metodología general ajustada (MGA) (DNP, 2014) en donde se indican las cuatro etapas que compone el ciclo de vida de proyectos de inversión pública y se realizara una comparativa directa con las obras de ingeniería.

6.1.1 Etapa de pre-inversión

Esta etapa se divide en tres fases, fase perfil, fase prefactibilidad y fase factibilidad, dentro de esta se llevan a cabo los análisis y los estudios necesarios para la identificación de la mejor alternativa de solución, dentro de esta etapa se llevan a cabo dos importantes actividades la formulación y estructuración del proyecto, buscando cumplir con la identificación de la necesidad o la oportunidad que se presenta y así llevar a cabo su caracterización de manera correcta mediante estudios de orden financiero, ambiental, social, técnico y legal.

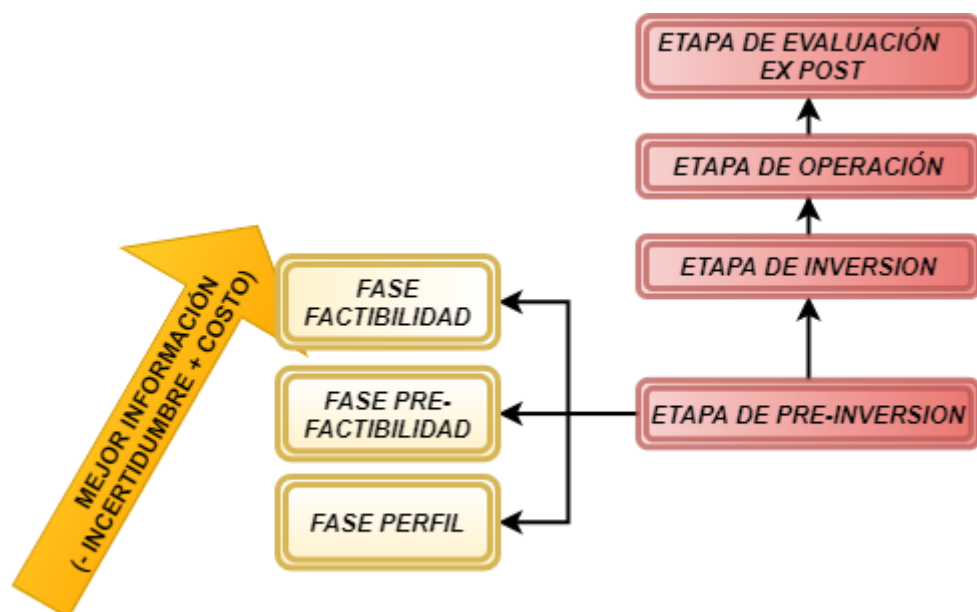
- Fase de perfil: Dentro de esta fase se identifica de manera clara cuál es la problemática a la cual se le busca dar solución con el proyecto, cuáles son los objetivos, para así poder realizar un análisis de manera preliminar evaluando la viabilidad de las alternativas
- Fase de prefactibilidad: Por medio de diferentes estudios, es necesario precisar diversos aspectos de las alternativas de solución seleccionadas para la problemática definida de manera previa, se debe seleccionar o determinar únicamente una de estas para proseguir con la siguiente etapa.
- Fase de factibilidad: En esta fase se llevan a cabo la ingeniería de detalle con aspectos técnicos de la alternativa seleccionada, evaluando

aspectos legales, financieros y económicos buscando disminuir el riesgo de la inversión en la ejecución del proyecto.

Esta etapa de pre-inversión se asocia directamente al anteproyecto dentro de las etapas de ejecución para los proyectos de construcción en ingeniería civil en donde se realiza una evaluación de alcance y viabilidad de ejecución de la obra, por medio de diferentes evaluaciones y estimaciones conceptuales y económicas, también se verifica el cumplimiento de diferentes autorizaciones y aspectos legales, las posibles opciones de financiamiento del proyecto y la evaluación de licencias. Este estudio de viabilidad y la toma de decisiones con respecto a este, es llevado a cabo por un grupo de profesionales capacitados y con la experiencia correspondiente para que así se logre optar por la mejor decisión. (DNP, 2014)

Una vez superada esta etapa de pre-inversión se continua con el ciclo del proyecto describiendo las tres etapas siguientes, inversión, operación y evaluación ex post.

Ilustración 1 Fases y etapas del ciclo de vida del proyecto



6.1.2 Etapa de inversión

Esta etapa se caracteriza ya que se llevan a cabo actividades propias del proyecto, estas actividades se realizan para cumplir con los objetivos y alcance del proyecto dentro de las cuales se encuentran la obtención de permisos necesarios, la contratación de proveedores de insumos, equipos, materiales y administración del personal, dentro de la construcción se remontan a otras etapas como lo son la ingeniería, el abastecimiento y la construcción las cuales serán descritas a continuación.

- **Ingeniería:** Es una de las principales etapas de la administración de obra ya que se encuentra directamente relacionada al desarrollo del proyecto con respecto a la planificación, programación control de presupuesto y seguridad de este.
- **Abastecimiento:** En esta etapa se evalúa la gestión de materiales, junto con los posibles proveedores de los materiales necesarios en la obra, los contratos que se van a llevar a cabo, junto con el control de costos y calidad.
- **Construcción:** Se remonta a la ejecución de diferentes actividades o trabajos, se desarrolla toma de decisiones con respecto a la selección del personal, la capacitación y formación de estos, la recepción de los insumos necesarios para la obra y el suministro de máquinas o equipos.

6.1.3 Etapa de operación

Esta etapa parte desde el momento en que el proyecto comienza a funcionar y la población recoge los beneficios planeados para el proyecto según los objetivos previamente determinados. Es la fase indicada para demostrar que todo lo anteriormente planteado es correcto y funciona de acuerdo con el diseño y la parte operacional del proyecto. Junto con esto se evalúa como complementar

los esfuerzos de trabajadores, diseñadores y contratistas por medio de diversos ajustes de ser necesarios para cumplir con las expectativas del cliente.

6.1.4 Etapa de evaluación ex post

Para esta etapa se realiza un seguimiento y control los objetivos o metas que se han definido para el proyecto, por ser la última etapa se busca realizar una evaluación del cumplimiento de los fines propuestos con la ejecución del proyecto, más detalladamente los impactos sociales negativos y positivos. (DNP, 2014)

Una vez definidas las diferentes etapas del proyecto es necesario resaltar la etapa “inversión” de proyectos ya que en esta encontramos la programación como una de las funciones básicas y de suma importancia a la hora de llevar a cabo un proyecto, por medio de la programación buscamos tener un plan detallado de las diferentes actividades que se desarrollan dentro del proyecto, así como los recursos que serán destinados para determinadas actividades, existen tres tipos de planeación los cuales son:

Planeación estratégica en donde se establece la visión, la misión, los valores y se determina la estrategia y las políticas de organización.

Planeación táctica: Se establecen los objetivos específicos de cada área y se desarrolla un plan estratégico de ejecución en el proyecto, para el cumplimiento de los objetivos por medio de la creación de un cronograma de actividades, se fijará como la curva “S” que definirá el avance del proyecto y el desarrollo de un presupuesto.

Planeación operativa: Mediante esta se designan los recursos a las diferentes actividades o áreas de la obra, la mano de obra y los insumos o materiales necesarios, con la finalidad de garantizar un excelente servicio y máxima eficiencia.

Posterior al conocimiento de las diferentes planeaciones se recalca la planeación táctica y la operativa ya que es en estas en donde se desarrolla el cronograma de actividades y la asignación de recursos a las diferentes actividades del proyecto. Como paso principal para realizar este cronograma es fundamental saber que este es un requisito en la planeación de proyectos, por lo cual es necesario dar a conocer este a todos los propietarios del proyecto y se debe realizar en todos los proyectos. Para su elaboración como primer paso se definen las actividades, de igual manera establecer la secuencia de estas, para definir las actividades de manera progresiva lo cual se logra al conocer en qué consiste cada una de las actividades y a qué área del proyecto pertenece para así poder integrarlas de manera lógica sin generar ninguna afectación con la duración del proyecto y a las cuales se sujetarán los entregables del mismo, con la finalidad de verificar el avance de la obra.

Una vez definida esta información es necesario definir la duración de estas, esto se define conociendo de antemano el tipo de personal con el que se van a desarrollar cada una de las actividades, el esfuerzo y trabajo del personal, también de la eficiencia y rendimiento del equipo o maquinaria necesaria en las actividades. Se establece una fecha de inicio y la duración de estas por lo general en días como unidad de medida del tiempo, para esto es necesario definir de igual manera el tiempo de trabajo de cada empleado y la jornada de estos, este cronograma se realiza con el objetivo de conseguir un óptimo desarrollo de la obra para poder evitar retrasos durante la ejecución de esta y un cumplimiento con los tiempos establecidos de manera previa. (Rivera, 2015)

Entre mayor sea el nivel de detalle del proyecto con respecto al cronograma elaborado se podrán producir informes de manera más ágil y sencilla, es importante mencionar que dentro de la definición de las actividades se deben incluir los costos por medio de APU, la mano de obra en horas y cantidades y por último tener claro el alcance de cada una.

6.2 MARCO TEÓRICO

6.2.1 Obra Civil

Se define obra civil como aquellas obras que son el resultado de ingeniería civil y la arquitectura que se llevan a cabo para beneficio de la población o la sociedad buscando suplir una necesidad o dar solución a un problema que se esté presentando. Frecuentemente presentan un alto grado de complejidad desde el momento en que se planea el proyecto, alguna de las situaciones que se pueden presentar son:

Simultaneidad de tareas y acciones: Existen obras que requieren gran trabajo por lo cual se supone también se deben ejecutar algunas actividades al mismo tiempo.

División por etapas: Cada actividad se subdivide en otras de representación secundaria o terciaria. Inclusive, en algunos casos pueden ser apreciadas como pequeños proyectos desarrollados dentro del megaproyecto de obra civil.

Elevados costos de ejecución. El tamaño del proyecto incide directamente en la cantidad de recursos técnicos, humanos y materiales. En todos los proyectos los presupuestos son directamente proporcionales al tamaño o la envergadura de cada proyecto.

Diseño a largo plazo: A excepción de algunos casos de obras o proyectos puntuales, la gran parte de proyectos de ingeniería civil se diseñan para ser realizados a largo plazo, por lo general meses o años.

Dirección por niveles. Junto con esto, no es suficiente la inspección y la dirección de una sola persona. Se necesitan varios responsables que actúen como delegados de pequeñas zonas dentro del megaproyecto.

6.2.2 Presupuesto

Un presupuesto es la suma de recursos necesarios para la ejecución de un proyecto, pues en este se realiza el cálculo de actividades de forma individual y grupal buscando encontrar el coste total de las mismas, dentro del desarrollo de estas actividades se deben tener en cuenta factores como materiales, mano de obra, maquinaria (si es necesaria), cantidades de obra, imprevistos, gastos administrativos y todos aquellos aspectos que sean necesarios para el desarrollo de la actividad. El presupuesto debe tener una variabilidad en la cual se pueda ajustar durante el desarrollo del proyecto si así se requiere para buscar que este sea realista y lo más óptimo posible. Un presupuesto ideal siempre buscara contar con una línea base de costos la cual permitirá que el proyecto cumpla con un buen desempeño a través de un monitoreo constante (Project Management Institute, 2016)

6.2.3 Cronograma

Es el proceso de analizar secuencias de actividades, duraciones, requisitos de recursos y restricciones del cronograma para crear un modelo de programación para la ejecución, el monitoreo y el control del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que genera un modelo de programación con fechas planificadas para completar las actividades del proyecto. Este proceso se lleva a cabo a lo largo de todo el proyecto (Project Management Institute, 2016a)

6.2.4 Distribución De Probabilidad

Una distribución de probabilidad muestra el número de datos en cada intervalo como una fracción del número total de datos, para crear una distribución de probabilidad es necesario dividir el número de datos en cada intervalo por el número total de datos y mostrar los resultados sobre el eje vertical de una gráfica

6.2.5 Distribuciones De Probabilidad Discretas

Se utiliza para describir valores discretos es decir valores enteros sin tener ningún tipo de valor intermedio.

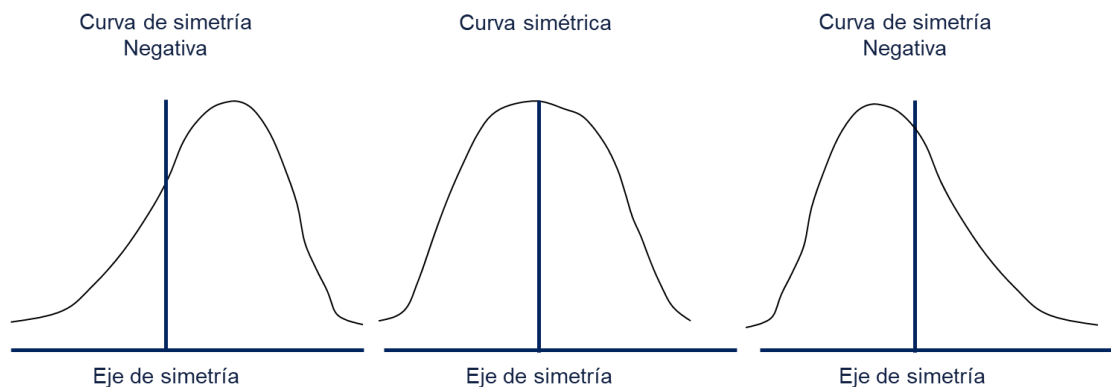
6.2.6 Distribuciones De Probabilidad Continuas

Son contemplaciones matemáticas ya que admiten la existencia de cualquier intervalo posible entre 2 números, esta distribución asume que hay un número infinito de valores entre el intervalo de la distribución.

6.2.7 Asimetría

Permite diferenciar la asociación de los datos en una zona del recorrido de la variable de esta manera se puede identificar si se juntan de forma uniforme alrededor del punto central conocido como la media aritmética. Esta se puede presentar siendo asimetría positiva en donde la parte más dispersa de la función se encuentra en zonas cuyos valores son altos y con escasa frecuencia, simétrica si la dispersión es igual o muy similar en ambos lados, o asimétrica negativa en donde la cola más dispersa se ensancha en el lado de los valores más bajos.

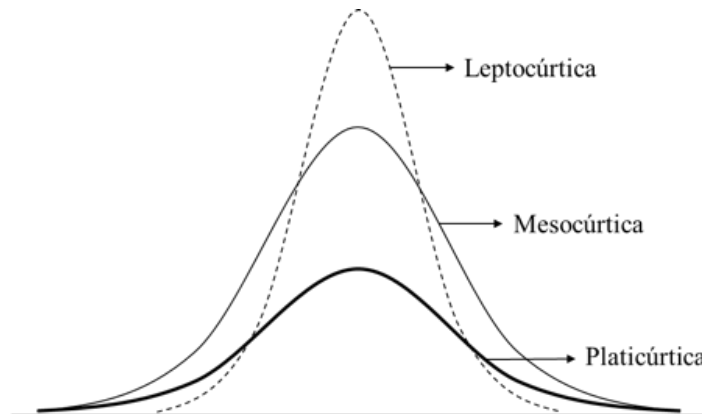
Ilustración 2 Simetría



6.2.8 Curtosis

Es una medida de forma que instaura la asociación de los datos y su concentración alrededor de la media y en la parte central de la distribución.

Ilustración 3 Curtosis



6.2.9 Incertidumbre

Es la falta de conocimiento de variables que componen un sistema de modelo, esta puede variar siguiendo el comportamiento estocástico haciendo más complejo poder elaborar métodos que puedan describir de manera correcta situaciones futuras. La incertidumbre se reduce al tener mayor disponibilidad de información y datos o también empleando mejores sistemas de control de calidad, no obstante, todos los elementos se encuentran directamente relacionados con presencia de factores naturales y humanos a los cuales no se les puede implementar un control de calidad riguroso lo que a su vez incrementa su valor al no tener verdadero conocimiento acerca de los eventos que se pueden presentar en el futuro o que pueden ocurrir en el sistema de estudio. (Perdomo, 2006)

6.2.10 Simulación De Montecarlo

La simulación de Montecarlo es una técnica de simulación que fue nombrada con relación a la ciudad de Montecarlo esto se ha debido a la similitud entre el carácter aleatorio y estadístico de la simulación y los juegos de azar que fueron desarrollados por Von Newman durante la Segunda Guerra mundial

además quien lo utilizó para el desarrollo de armas nucleares en el laboratorio nacional de Álamos en México usa. (Sánchez Silva et al., 2010)

El método de monte Carlos permite resolver problemas matemáticos mediante la simulación de variables aleatorias y se utiliza para resolver problemas complejos que no pueden ser resueltos de forma analítica, esta simulación permite realizar el análisis de pronóstico, estimación y riesgo por medio de numerosos cálculos de contextos o situaciones de un modelo al elegir repetidamente valores de una distribución de probabilidad de un usuario predefinido para las variables inciertas y usando esos valores como insumo para el modelo.

Los pronósticos son eventos que se definen como salidas significativas del modelo, normalmente son eventos tales como totales, ganancia neta o gasto bruto.

6.2.11 Plazo

El plazo es el tiempo previamente establecido para el cumplimiento de las actividades que se van a desarrollar dentro de la obra o proyecto de ingeniería civil, dentro de las contrataciones este parámetro establece el tiempo máximo para los entregables e incluso para el proyecto completo.

6.2.12 Programación

La programación consiste en desarrollar una secuencia de actividades necesarias para cumplir el objetivo de un proyecto, junto con esto se refiere también a los presupuestos que se necesitan dentro de cada actividad incorporada en el desarrollo del proyecto. una buena programación posibilita la realización del control necesario para ejecutar el proyecto dentro de un margen razonable de tiempo y costo punto la mala estimación de la duración y costos de las actividades son riesgos en programación que pueden conllevar al fracaso de un proyecto. (Gomez & Orobio, 2015)

6.2.13 Riesgos

Son eventos que pueden afectar una obra o proyecto y que impactan de manera negativa el desarrollo de actividades en costo y duración, también pueden ser oportunidades que pueden beneficiar el desarrollo de la obra dentro de las que se pueden generar ahorros en tiempo y costo.(Gomez & Orobio, 2015)

6.2.14 Risk Simulator

Es un software que nos ofrecerá las herramientas para simular diversos tipos de riesgos que se pueden presentar en las actividades económicas , por medio de un pronóstico donde se evalúan diferentes escenarios y se analizan los resultados, los cuales nos van a consentir identificar las variables que influyen claramente en la rentabilidad económica y la evaluación del proyecto, en primer medida se deben definir las distribuciones para cada variable que se va a considerar, posterior a esto se debe crear el perfil de simulación por el medio del cual se establecen el número de pruebas que se van a realizar con un valor mínimo que recomienda el simulador de 1000 sin tener un tope de valor alto ya que entre más pruebas se realicen mayor certeza habrá en los resultados, Risk Simulator solicita dos datos de pronósticos los cuáles van a ser evaluados un dato de entrada y otro de salida.(Jacinto Mamani, 2019) estos se deben seleccionar teniendo en cuenta las variables que se van a evaluar en la simulación del proyecto y las que se quieren verificar se mantengan sin generar ninguna alteración a lo largo de la ejecución de la obra.

6.3 DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD DISCRETAS

A continuación, se describen las distribuciones de probabilidad a emplear en el desarrollo de proyectos de ingeniería civil, con base en la información obtenida del manual del usuario del software Risk Simulator © (Mun, 2012b)

6.3.1 Distribución Binomial

Esta distribución se utiliza para referir el número de veces que puede suceder un evento dentro de un número determinado de pruebas, ya que en cada prueba sólo es posible tener dos resultados que sean mutuamente excluyentes. Las pruebas son independientes, ya que lo que suceda en la primera prueba no afectará en nada la siguiente, la probabilidad de que algo suceda será la misma de prueba a prueba. La probabilidad de éxito y el número total de pruebas realizadas son parámetros de esta distribución.

6.3.2 Distribución Bernoulli

Es la distribución binaria con una prueba, se utiliza como base principal para otro tipo de distribuciones más complicadas, es una distribución diversificada con dos resultados por lo que también se conoce como distribución SI/NO. La probabilidad de éxito es el único parámetro de distribución.

6.3.3 Distribución Discreta Uniforme

Es conocida como la distribución con resultados de igual probabilidad ya que la distribución tiene un conjunto de N elementos dentro de los cuales cada elemento tiene la misma probabilidad de sucesión.

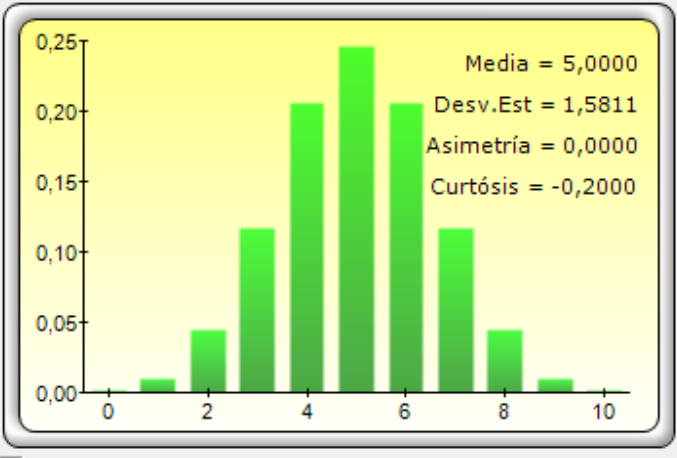
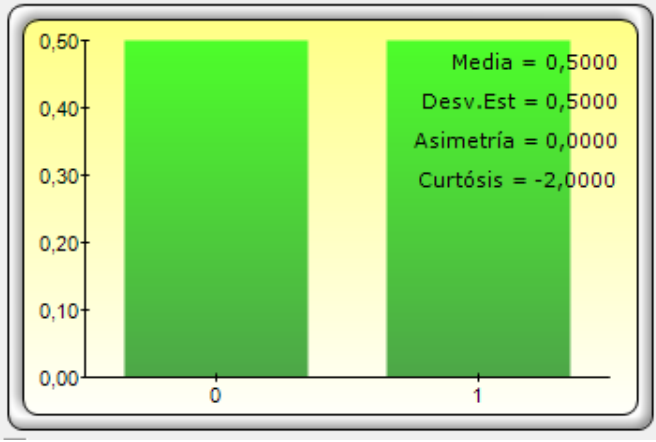
6.3.4 Distribución Geométrica

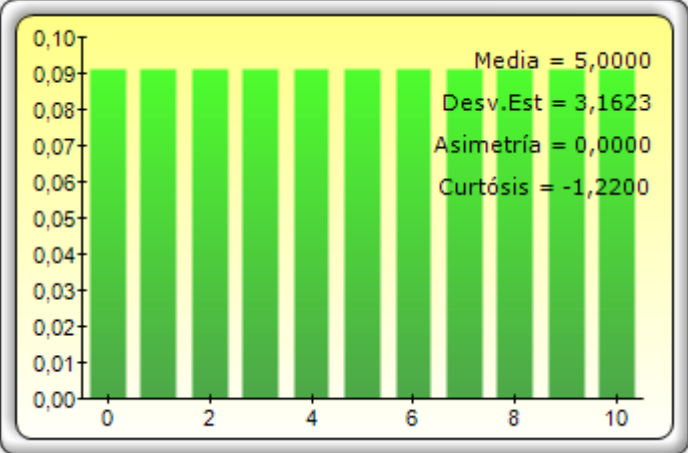
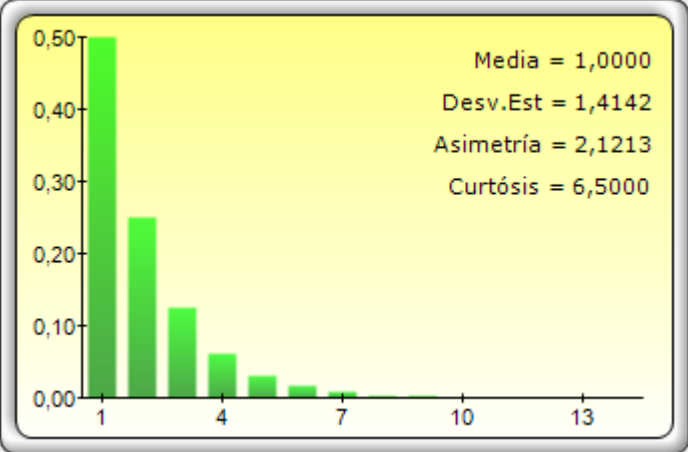
Se emplea para representar el número de pruebas que son necesarias para obtener el primer evento exitoso. El número de pruebas no es fijo, ya que las pruebas continúan hasta que se obtiene el primer resultado y la probabilidad de éxito es la misma en cada prueba.

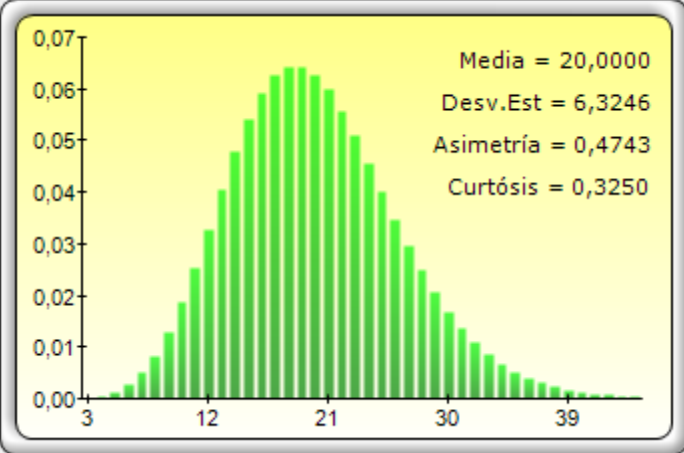
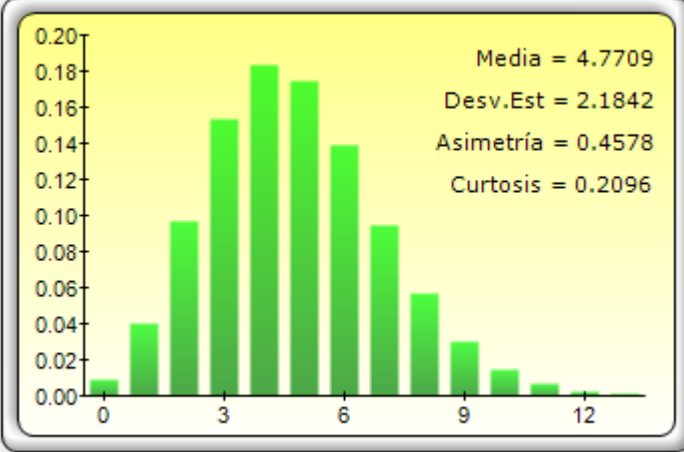
6.3.5 Distribución Poisson

Se utiliza para representar el número de veces que ocurre un evento dentro de un intervalo específico. El número de acontecimientos posibles en un intervalo es ilimitado, los acontecimientos son independientes. El número de acontecimientos en un intervalo no afecta el número de acontecimientos en otros intervalos.

Tabla 1 Distribuciones De Probabilidad Discretas

Distribución	Representación gráfica	Parámetros de entrada	Valor mínimo	Valor máximo
Binomial		Pruebas:10	1	1.000
		Probabilidad de éxito	0.0001	0,9999
Bernoulli		Probabilidad de éxito	0,0001	0,9999

Distribución	Representación gráfica	Parámetros de entrada	Valor mínimo	Valor máximo
Distribución Discreta Uniforme	 Media = 5,0000 Desv.Est = 3,1623 Asimetría = 0,0000 Curtosis = -1,2200	Mínimo y máximo	Numero Entero	Numero entero mayor al mínimo
Distribución Geométrica	 Media = 1,0000 Desv.Est = 1,4142 Asimetría = 2,1213 Curtosis = 6,5000	Pruebas:	Necesarias hasta obtener evento exitoso	Necesarias hasta obtener evento exitoso
		Probabilidad de éxito	0,0001	0,9999

Distribución	Representación gráfica	Parámetros de entrada	Valor mínimo	Valor máximo
Distribución Binomial Negativa	 Media = 20,0000 Desv.Est = 6,3246 Asimetría = 0,4743 Curtosis = 0,3250	Pruebas:	0	8.000
		Probabilidad de éxito	0,01	0,99
Distribución Poisson	 Media = 4.7709 Desv.Est = 2.1842 Asimetría = 0.4578 Curtosis = 0.2096	Pruebas:	0	1.000

6.4 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD CONTINUAS

La siguiente descripción de las distribuciones de probabilidad continuas que se emplearan en el desarrollo del proyecto de ingeniería se encuentra con base a la información obtenida en el manual del usuario de Risk Simulator ©.

6.4.1 Distribución Beta

Se utilizan para representar información práctica y pronosticar el comportamiento aleatorio de porcentajes y fracciones, por lo general el rango de resultados varía entre 0 y 1. El valor de distribución beta se puede encontrar de diferentes formas, se puede suponer cuando varían los dos parámetros Alfa y beta. Las variables aleatorias tienen un valor que se ubica entre 0 y un valor positivo y la forma de distribución se puede definir utilizando dos valores positivos si los parámetros son iguales la distribución es simétrica si cualquiera de los dos parámetros es 1 mientras que el otro parámetro es mayor a 1 en la distribución es triangular, si $\alpha < \beta$ se cree que la distribución es positivamente asimétrica, por el contrario, si $\alpha > \beta$ la distribución será negativamente asimétrica (Mun, 2012a).

6.4.2 Distribución Logarítmica Normal

Se usa normalmente en situaciones en las cuales los valores son positivamente asimétricos. La variable aleatoria se puede incrementar indefinidamente pero nunca caer por debajo de cero, el valor de la variable aleatoria es positivamente asimétrica con la mayor cantidad de valores cerca del límite más bajo. El logaritmo natural de la variable indefinida sigue una distribución normal. La media y desviación estándar son los parámetros de la distribución (Mun, 2012a).

6.4.3 Distribución Normal

Hace alusión a la distribución estadística más importante en la teoría de la probabilidad por medio de esta distribución se describen múltiples fenómenos naturales, quienes hacen uso de esta distribución pueden describir el comportamiento esperado de variables aleatorias. En esta distribución existe mayor probabilidad de que los valores de las variables aleatorias se concentren en cierto valor determinado valor promedio o la media (Mun, 2012a).

6.4.4 Distribución Triangular

Se utiliza para describir situaciones en donde se conocen los valores mínimos máximos y los que tienen mayor probabilidad de suceder por lo cual se forma una distribución en forma triangular dentro de la cual se muestra que los valores que se aproximan al mínimo y al máximo tienden a ocurrir con menos frecuencia que aquellos que se encuentran cerca del valor más probable (Mun, 2012a).

6.4.5 Distribución Pert

Se utiliza en gran medida para la gestión de programas y proyectos en donde se contempla el peor de los casos, el caso nominal, y los mejores escenarios posibles de tiempo para completar el proyecto adicional a esto se puede utilizar para identificar los riesgos en un proyecto y modelar los costos basados en la probabilidad de cumplimiento de los objetivos y metas por medio de cualquier número de componentes del proyecto haciendo uso de valores mínimos, más probables y valores máximos (Mun, 2012a).

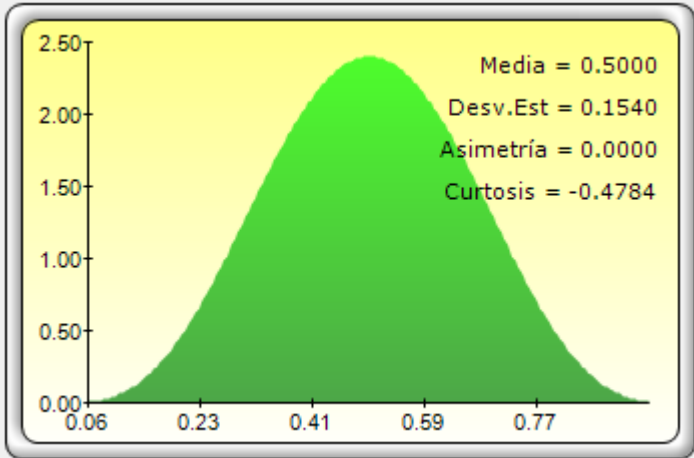
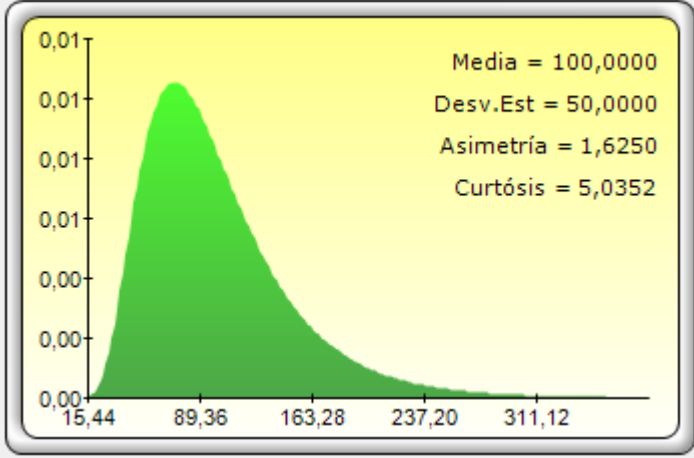
Está diseñada para que la distribución se asemeje a distribuciones de probabilidad realistas esta puede brindar un mejor ajuste a la distribución normal o normal logarítmica, la distribución hace constancia en el valor más probable con respecto a las estimaciones mínimas y máximas, difiere de la distribución

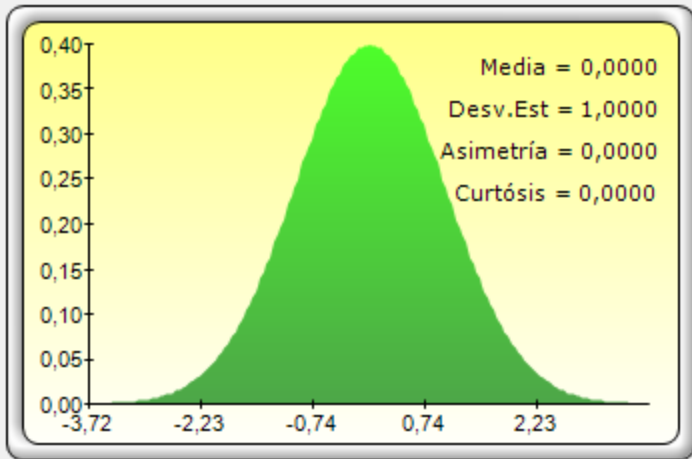
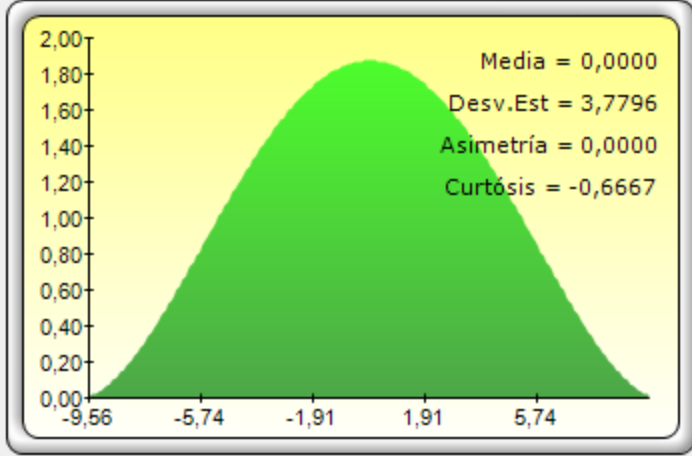
triangular ya que construye una curva suave que hace insistencia cada vez más en valores en torno al valor más probable (Mun, 2012a)

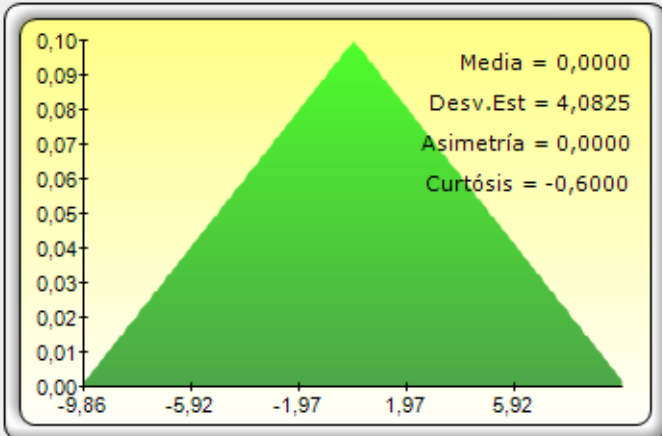
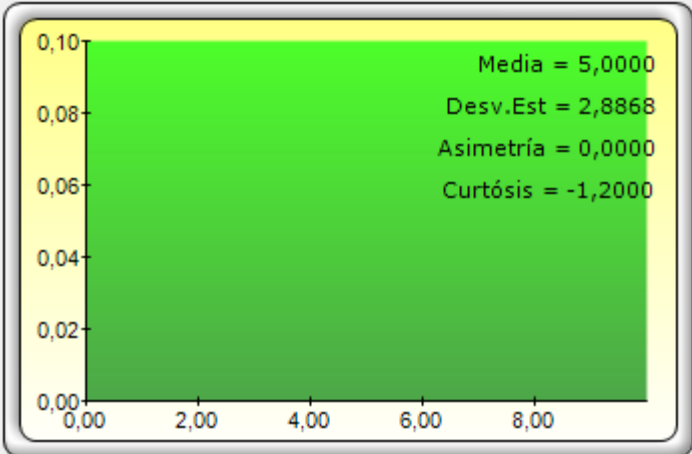
6.4.6 Distribución Uniforme

En esta distribución todos los valores recaen entre los mínimos y los máximos y tienen la misma probabilidad de suceder. el valor máximo y el valor mínimo son fijos, los cuales representan los dos parámetros de distribución (Mun, 2012a)

Tabla 2 Distribuciones De Probabilidad Continuas

Distribución	Representación gráfica	Parámetros de entrada	Valor mínimo	Valor máximo
Beta		Alfa	0.0001	Infinito
		Beta	0.0001	Infinito
Logarítmica Normal		Media	0.0001	Infinito
		Desviación estándar	0.0001	Infinito

Distribución	Representación gráfica	Parámetros de entrada	Valor mínimo	Valor máximo
Normal		Desviación estándar	0.0001	Infinito
		Media	Cualquier Valor	
Pert		Mínimo Puede ser Positivo, Negativo o Cero		
		Mas Probable Puede ser Positivo, Negativo o Cero		
		Máximo Puede ser Positivo, Negativo o Cero		

Distribución	Representación gráfica	Parámetros de entrada	Valor mínimo	Valor máximo
Triangular		Mínimo, mayor al más probable		
		Mas probable mayor que mínimo y menor que máximo		
		Máximo mayor que más probable.		
Uniforme		Pruebas:	Cualquier valor	Cualquier valor

7 METODOLOGÍA

En el presente trabajo se describirán las pautas para realizar la gestión del cronograma y la gestión del presupuesto para proyectos de ingeniería civil, detallando cada uno de los procesos necesarios para su buen desarrollo durante la gestión de este, por ende se detallan los requerimientos para cada uno de los procesos, las técnicas comúnmente utilizadas y las salidas que se generan en estos, los cuales se encuentran directamente relacionados con los procesos consecutivos con la finalidad de garantizar que tanto el cronograma como el presupuesto, se encuentran bien desarrollados y se pueden controlar para garantizar una buena ejecución de los proyectos.

Posterior a esto se detallarán cuáles son las principales fuentes de incertidumbre que se pueden presentar en los proyectos de ingeniería civil, describiendo porque se presentan y de qué manera influyen. Adicional identificar la manera en que estas logran afectar directamente el buen desarrollo del cronograma y presupuesto de las obras buscando siempre poner en riesgo el proyecto y buenos términos de este.

Una vez analizadas las fuentes de incertidumbre se identifican cuáles son las variables que se encuentran dentro de estas, que tipo de comportamiento tienen estas variables, si generan algún tipo de afectación directa a la gestión del proyecto o por el contrario pueden llegar a impactar de manera positiva o flexible para el presupuesto y cronograma de los proyectos. De esta manera se logra planear la forma de mitigación de estas variables de incertidumbres y así mantener en pie los proyectos de ingeniería.

Se establecerán las distribuciones de probabilidad que serán utilizadas para el análisis del comportamiento de las variables definidas previamente, se hará uso de distribuciones discretas y continuas, la descripción de estas distribuciones se encuentra en el marco conceptual del presente trabajo, así mismo la

representación gráfica de las mismas y cuáles son los parámetros de entrada de estas distribuciones. Adicional se verán todos aquellos factores y resultados que se pueden obtener con estas distribuciones de probabilidad y como se pueden ajustar a algunos parámetros que se desarrollan en proyectos de ingeniería civil (Presupuestos, Plazos, Materiales, Contratistas, Clima, Disponibilidad de personal, etc.)

Partiendo de la selección de un proyecto y trabajando con base a su presupuesto y programación de obra, se definen que parámetros de entrada que se utilizaran para cada una de las distribuciones establecidas, por medio de estimaciones basadas en tres puntos (pesimista, más probable, optimista) estableciendo la media y la desviación estándar en la modelación. Siempre ajustando las distribuciones seleccionadas correctamente frente a cada una de las actividades del proyecto y los valores de entrada.

Sucesivamente se empleará la simulación de Montecarlo para la modelación del proyecto por medio del software Risk Simulator, para verificar el comportamiento de las variables previamente definidas y establecer qué tipo de riesgos, ventajas o afectaciones se pueden generar en el proyecto seleccionado.

Una vez realizada la modelación y simulación del proyecto, y al conocer el comportamiento de las variables se realizará un análisis de sensibilidad con el propósito de disminuir el riesgo en la toma de decisiones en los proyectos de ingeniería civil.

Por último, se propondrá una metodología para la planificación de los proyectos de ingeniería civil con base al análisis realizado de manera previa buscando disminuir la incertidumbre en la toma de decisiones de los proyectos o proponiendo una hoja de ruta para la reducción de actividades o posibilidades de riesgo dentro de proyectos de ingeniería civil.

8 ELABORACIÓN DE CRONOGRAMAS Y PRESUPUESTOS

8.1 WBS/EDT

Para la elaboración de Cronogramas y presupuestos se han desarrollado herramientas que aportan una ayuda continua para estas actividades, por lo tanto, es importante que los ingenieros civiles acudan a estas herramientas y se gestionen nuevas metodologías aplicando los nuevos mecanismos para finalmente obtener un valor agregado en los proyectos de ingeniería civil.

Dentro de estas herramientas se cuenta con la WBS (Work Breakdown Structure) o EDT (Estructura de Descomposición del Trabajo), esta herramienta o proceso es usado normalmente para dividir las actividades de un proyecto en subactividades, buscando obtener unos entregables previos de cada actividad la cual al final deberá dar como resultado la actividad completamente ejecutada.

Para desarrollar un WBS/EDT es importante tener en cuenta que este proceso deberá incluir unas entradas, herramientas, técnicas y por último obtener unas salidas. Para desarrollar correctamente un WBS/EDT y aplicando correctamente las herramientas es importante tener conocimiento cual será el alcance del proyecto y cuáles serán las actividades previas para posteriormente desglosar las subactividades y futuros entregables.

Como se nombró anteriormente para crear WBS/EDT requiere de unos elementos fundamentales para su desarrollo dentro de los que están entradas, herramientas, técnicas y salidas.

8.1.1 Entradas

- Determinar el plan para el desarrollo y dirección del proyecto:
- Conocer los documentos del proyecto (Alcance, requisitos, etc.)

- Tener en cuenta los factores ambientales del proyecto
- Identificar los procesos de la organización (Políticas, formatos, archivos, etc.)

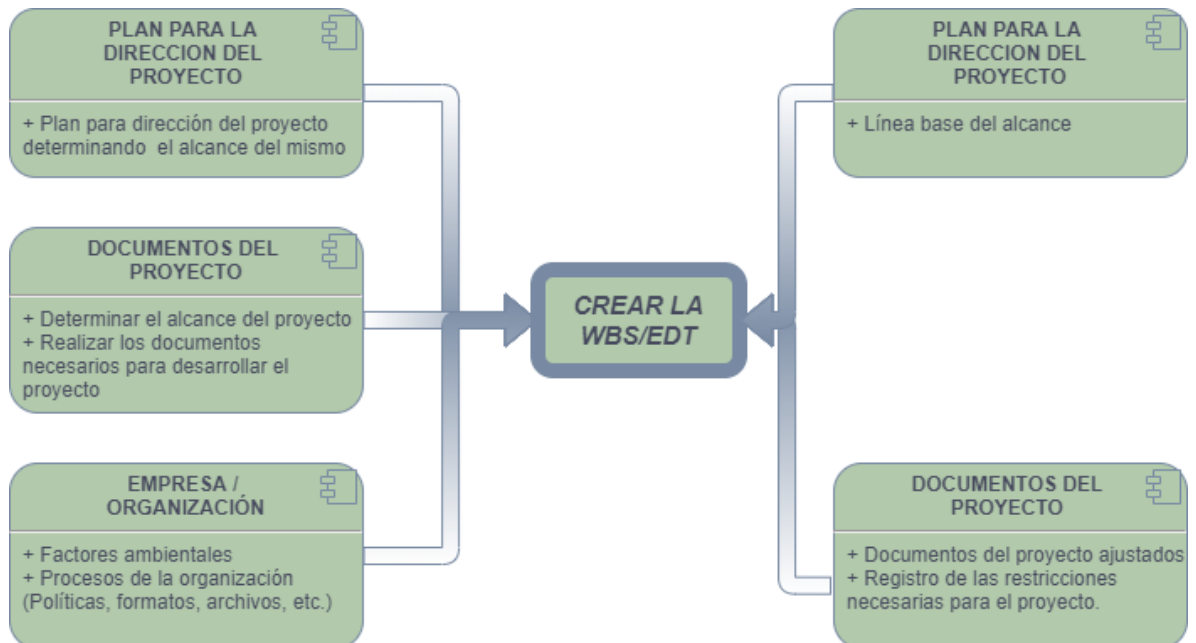
8.1.2 Herramientas Y Técnicas

- Obtener el juicio y comentarios de personal idóneo con la experiencia en proyectos similares
- Realizar una descomposición del proyecto para dividir y subdividir el proyecto y así obtener unos entregables más pequeños con mejor manejabilidad.

8.1.3 Salidas

- Desarrollar una línea base para lograr el alcance
- Realizar una actualización de los documentos del proyecto ajustándolos a los cambios realizados a partir de la WBS/EDT

Ilustración 4 Crear la EDT/WBS: Diagrama de Flujo de Datos



Adaptado de (Project Management Institute, 2017)

Para poder determinar con más claridad la importancia de las WBS/EDT en los proyectos de ingeniería se dispondrán ejemplos de proyectos reales para resaltar la variación que pueden tener estos a partir de su ejecución, objeto, plazo y actividades.

8.1.4 Construcción de un pavimento en concreto rígido municipio de Valledupar

Actualmente el departamento del cesar quiere disponer un contrato de obra pública para la construcción de pavimento en concreto rígido y obras complementarias, en el barrio el edén del municipio de Valledupar, departamento del cesar, el plazo de ejecución de este proyecto será de 3 meses a partir de su acta de inicio y tendrá un presupuesto inicial de \$1.176.726.199 pesos colombianos para lo cual se dispone de un presupuesto inicial por la entidad. La Ilustración 5 presenta la WBS/EDT para el proyecto.

Para realizar esta WBS/EDT se tomó el presupuesto el cual se encuentra en el ANEXO 1

8.1.5 Construcción de muro de contención municipio de Segovia – Antioquia

Para esta obra el municipio de Segovia dispuso una licitación pública la cual tendrá como objeto la construcción de muro de contención y obras complementarias en el barrio san mateo, sector Taparal, zona urbana del municipio de Segovia – Antioquia, contando con una aprobación presupuestal por \$696.832.400 y cumplir la totalidad de las obras en un plazo inicial de los 3 meses. Es una obra de ingeniería importante por lo dispuesto en las exigencias técnicas del objeto, pero adicional por la disposición territorial del lugar donde se ejecutará la obra. La lustración 6 presenta la WBS/EDT para el proyecto.

Para realizar esta WBS/EDT se tomó el presupuesto el cual se encuentra en el ANEXO 2

8.1.6 construcción coliseo multifuncional en el centro deportivo Oscar Muñoz Oviedo en el municipio de Valledupar – Departamento del Cesar.

Para esta obra el municipio de Valledupar dispone de una licitación **pública** para la construcción del coliseo multifuncional en el municipio de Valledupar, departamento del Cesar para esto se cuenta con un presupuesto oficial de \$17.293.945.845 un presupuesto importante por la importancia de obra a desarrollar y la cantidad de actividades dispuestas, adicional a esto se tiene una duración inicial de 10 meses para la ejecución total del contrato. La Ilustración 7 presenta la WBS/EDT para el proyecto.

Para realizar esta WBS/EDT se tomó el presupuesto el cual se encuentra en el ANEXO 3

Ilustración 5 EDT para pavimento rígido

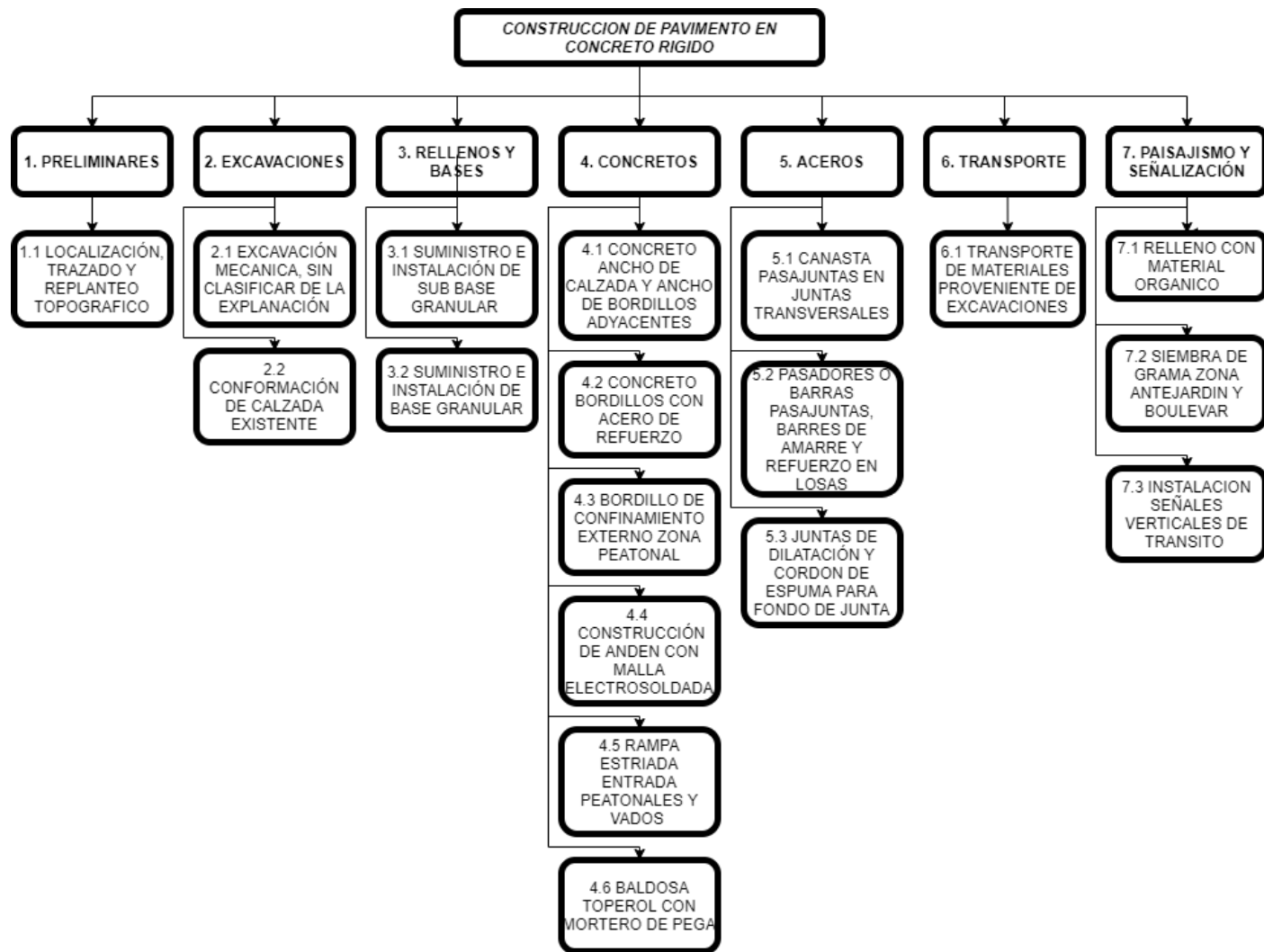


Ilustración 6 EDT para muro de contención

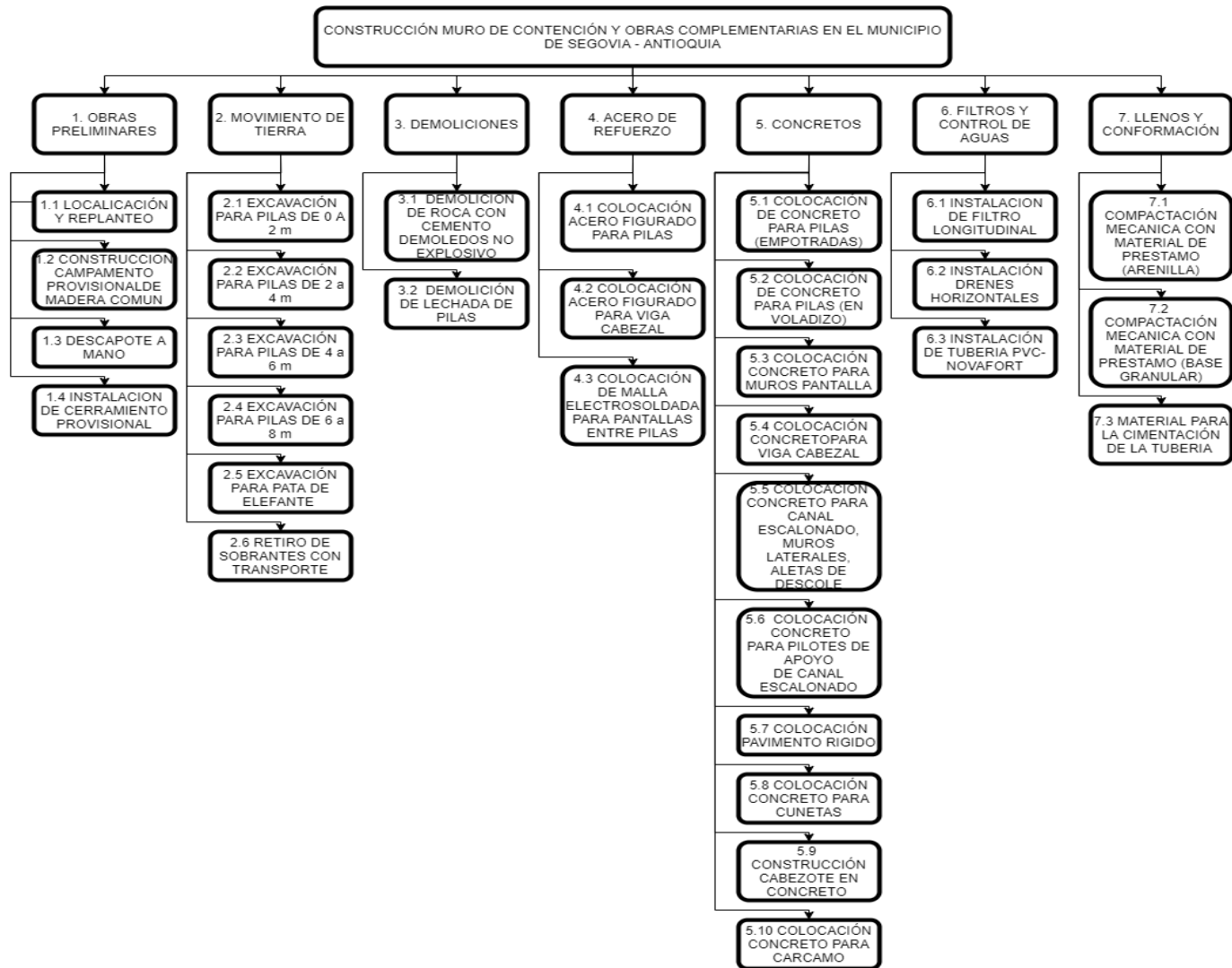
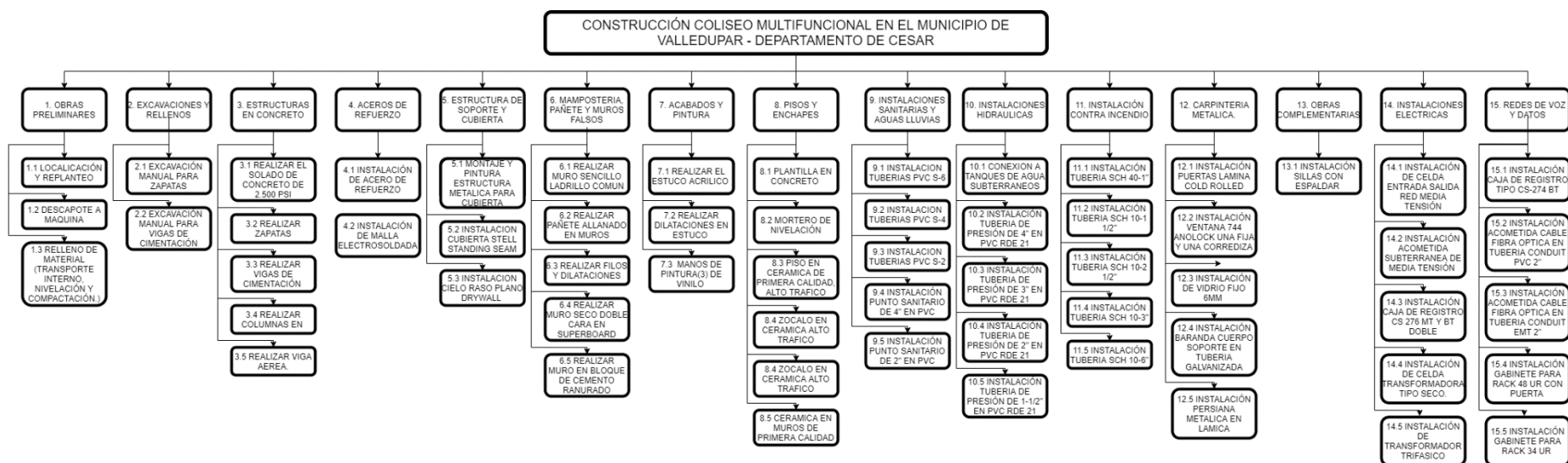


Ilustración 7 EDT para coliseo multifuncional

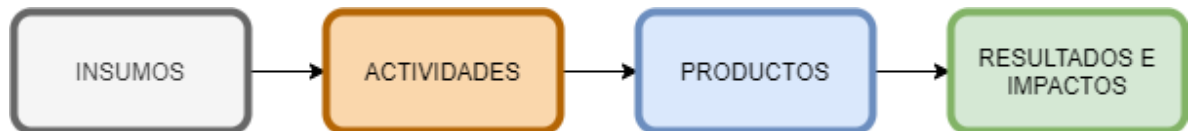


En las anteriores WBS/EDT se evidencia que para los diferentes proyectos de ingeniería civil se hace una subdivisión de sus actividades, buscando siempre poder contar con unas entregas previas y con un panorama mucho más claro de las actividades realizadas. También hay una forma en que se realiza el control de estas actividades y es por medio de informes de avances o porcentaje de cumplimiento lo cual permitirá saber el estado actual del proyecto frente a su ejecución y permitir así para el contratante realizar aportes presupuestales previa presentación de dichos informes.

8.2 CADENA DE VALOR

La cadena de valor es la relación lógica que se puede presentar entre los insumos, las actividades, los productos y resultados e impactos que se pueden tener dentro de un proyecto en el transcurso de su construcción o desarrollo.

Ilustración 8 Cadena de valor



Ahora bien, para unir la cadena de valor junto con la WBS/EDT se buscará identificar claramente como están compuestos los presupuestos a partir de los insumos, las actividades, los productos y el resultado e impactos. La Ilustración 9, la Ilustración 10 y la Ilustración 11 presentan la cadena de valor para cada uno de los proyectos empleados como ejemplo.

Ilustración 9 Cadena de valor para pavimento rígido

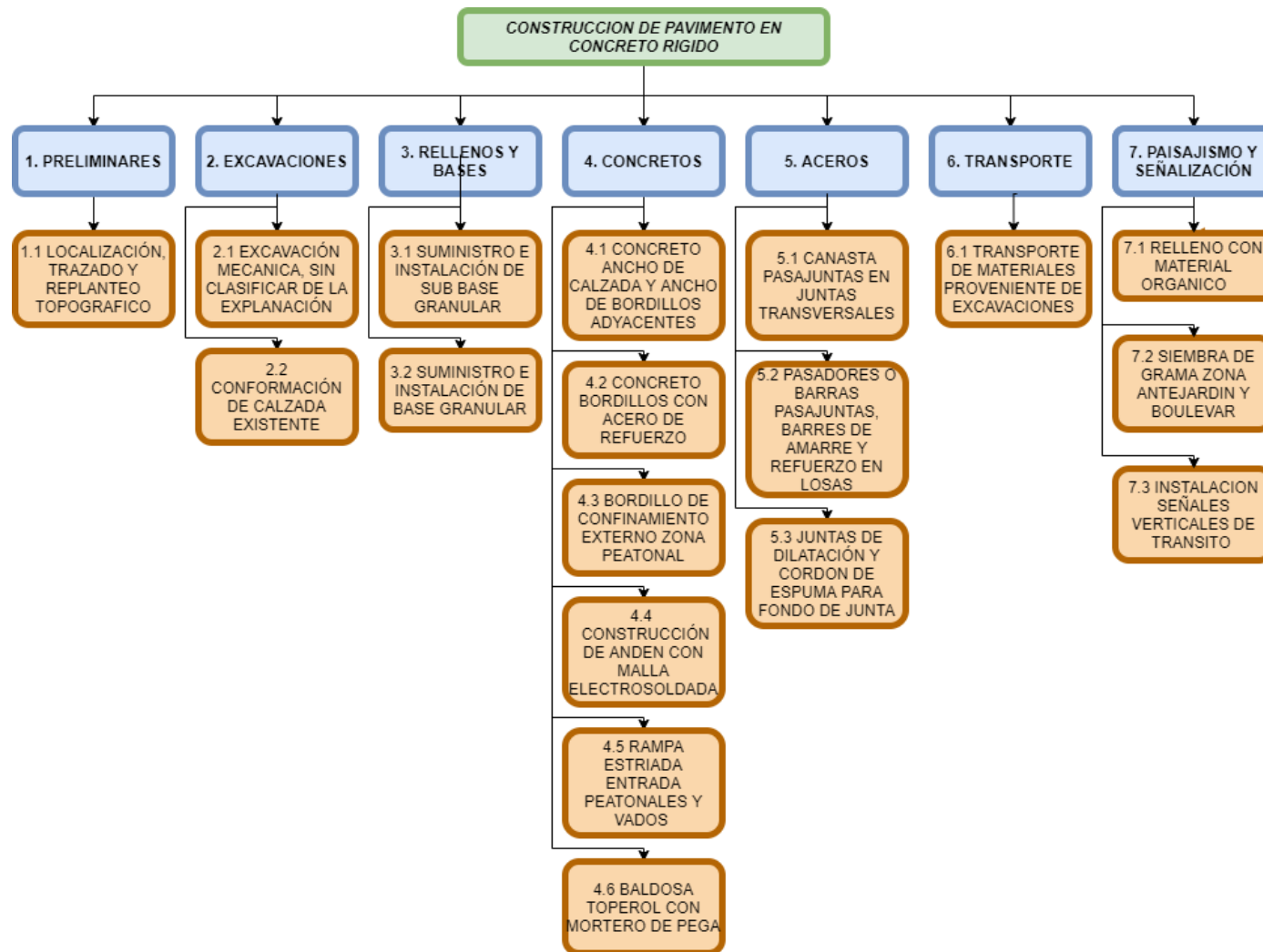


Ilustración 10 Cadena de valor para muro de contención

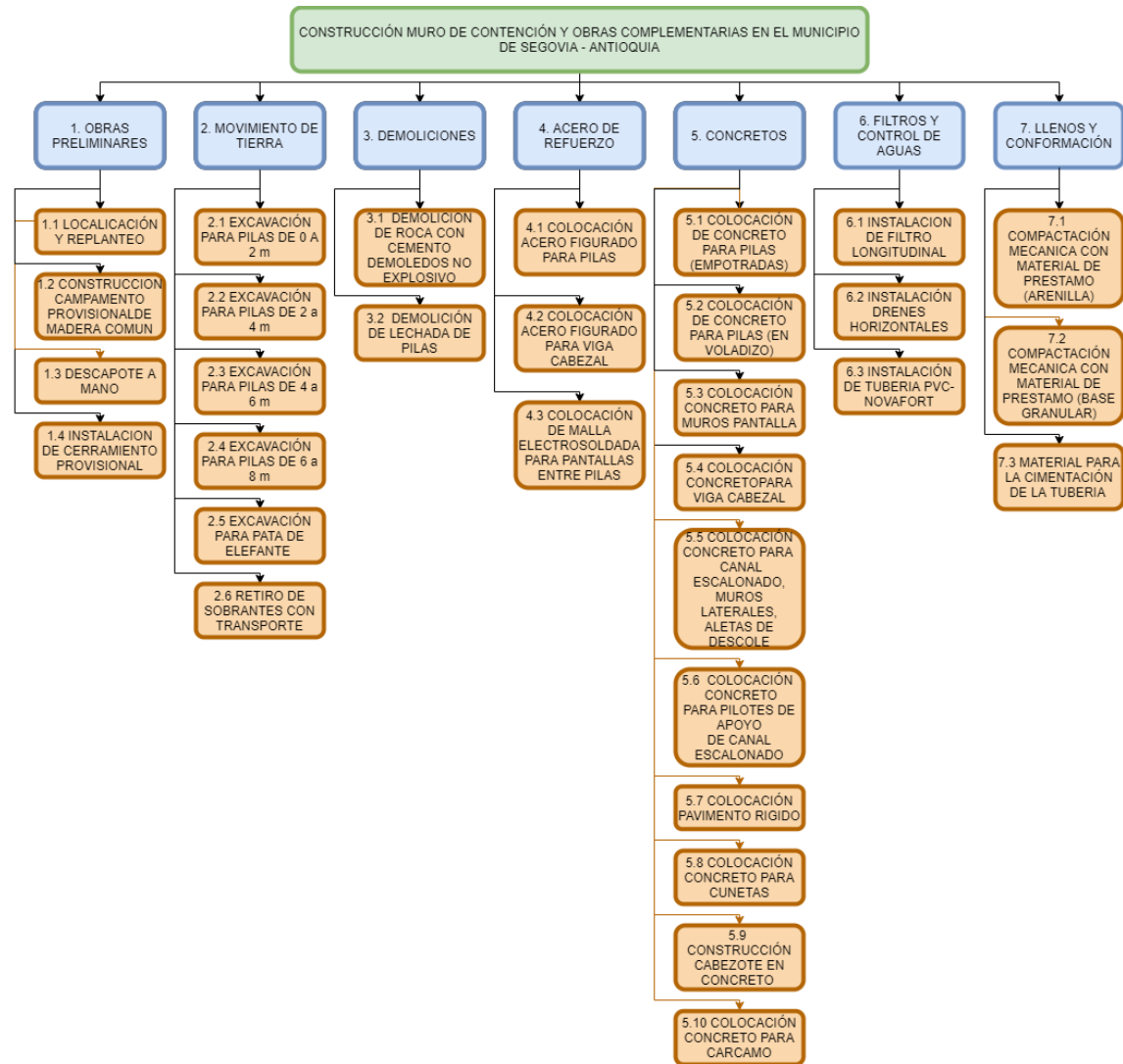
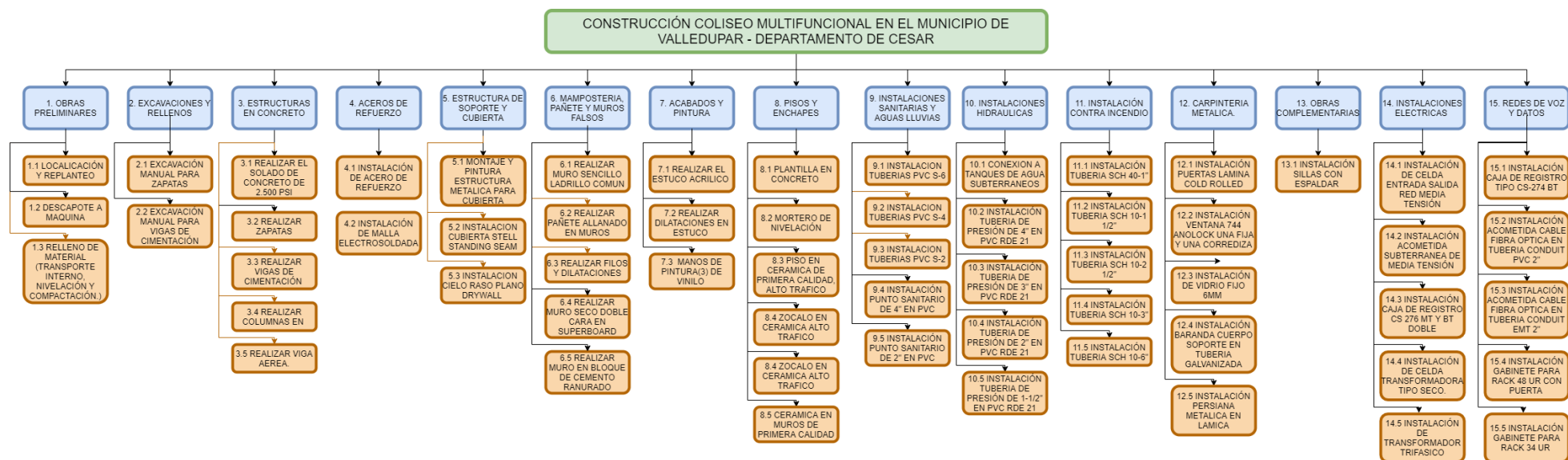


Ilustración 11 Cadena de valor para coliseo multifuncional



8.3 ELABORACIÓN DE CRONOGRAMAS

Para la gestión del cronograma se deben tener en cuenta varios procesos que serán necesarios, para su buen desarrollo y control buscando poder gestionar la ejecución del proyecto a tiempo.

A continuación, se definirán los procesos necesarios para cumplir con una buena ejecución del proyecto.

8.3.1 Planificación del cronograma.

Por medio de la planificación se busca definir las políticas, los procedimientos y la documentación requerida para poder llevar a cabo la gestión, ejecución y control de la obra.

Dentro de las entradas se establecen el acta de constitución del proyecto, el plan para la dirección del proyecto el cual se genera por medio del plan para la gestión del alcance y el enfoque de desarrollo de este, así mismo se evalúan los factores ambientales de la empresa los cuales tienen influencia en el proceso de la planificación del cronograma con respecto software de programación, la disponibilidad de recursos del trabajo, habilidades y recursos físicos, y por ultimo los activos de los procesos de la organización dentro de los cuales se resaltan los datos históricos, políticas y guías existentes que se relacionan con el desarrollo, gestión y control.

Esta planificación se desarrolla por medio de juicio de expertos o el conocimiento de especialistas en proyectos análogos, análisis de datos dentro de los cuales se efectúa el análisis de alternativas, la metodología para la programación por medio de la unión de diferentes metodologías del proyecto y reuniones que se llevan a cabo con los diferentes equipos de trabajo de la obra con la finalidad de un buen desarrollo para el plan de gestión del cronograma,

normalmente en estas reuniones se encuentran el director del proyecto, el patrocinador, y diferentes miembros de los equipos de trabajo.

Por último, como resultado de lo anteriormente mencionado se puede obtener el plan de gestión del cronograma el cual será principal componente del plan para la dirección del proyecto ya que este determina las actividades que se llevaran a cabo y bajo qué criterios se puede realizar el monitoreo y control del cronograma (Project Management Institute, 2017)

8.3.2 Definición de las actividades.

Una vez definida la planificación se procede a identificar y registrar las actividades o acciones específicas que son necesarias para generar los entregables del proyecto, esto se logra por medio de un desglose de paquetes de trabajo que se definen como las actividades del cronograma esta información brinda una línea base para generar una óptima programación, ejecución, monitoreo y control del trabajo que se desarrolla en la obra.

Para lograr definir las actividades es necesario contar con el plan para la dirección del proyecto por medio del plan de gestión del cronograma y la línea base de alcance como resultado del numeral anterior, conocer y establecer los factores ambientales de la empresa y por último también los activos de los procesos de la organización.

Las herramientas que se utilizan para lograr definir las actividades, es una planificación gradual la cual es una técnica de elaboración progresiva que se aplica a los paquetes de trabajo, buscando planificar a detalle los trabajos que se realizan dentro de un corto plazo y así poder planificar a un nivel superior el trabajo futuro, también se realizan diferentes reuniones como se describió anteriormente y se utiliza la técnica de descomposición la cual busca generar divisiones y subdivisiones del proyecto en si junto con los entregables por medio de la creación de la EDT/WBS.

Como resultado se cuenta con la lista de actividades, los atributos de estas, la lista de hitos, las solicitudes de cambio y los reajustes que se deben generar en el plan para la dirección del proyecto (Project Management Institute, 2017).

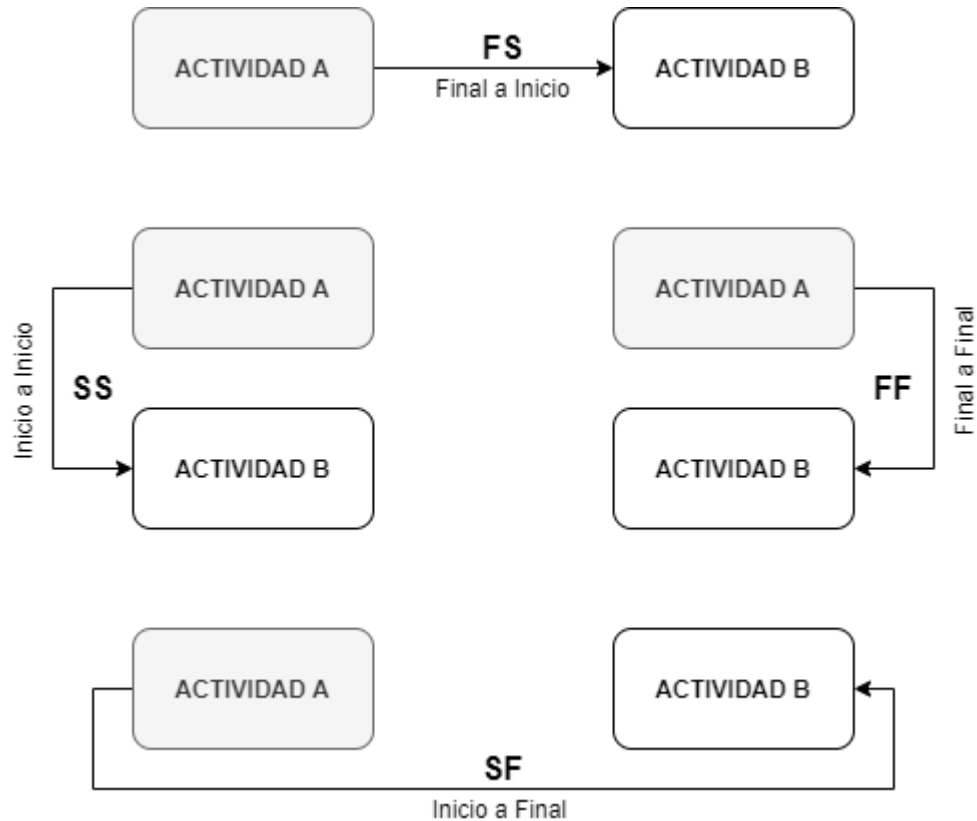
8.3.3 Secuencia de las actividades.

Junto con la lista de actividades es necesario emparejar las relaciones entre las mismas, esta secuencia se debe realizar de manera lógica, para contar con una buena secuencia de actividades es necesario contar con la participación y experiencia de personal de construcción o personas con altas competencias en el uso del software de programación (Project Management Institute, 2016b).

Para esta secuencia de actividades generalmente se hace uso de software de programación, los cuales admiten añadir planes de diseño del proyecto, y así poder generar de manera automática un diseño para el cronograma. Se hace uso también de diversas herramientas y técnicas como lo es el PMD (método de diagramación por precedencia), este incluye cuatro tipos de relaciones lógicas mediante se establece si una actividad es predecesora o sucesora, junto con esto existen 4 relaciones para las actividades: FS (final a inicio), FF (final a final), SS (inicio a inicio) y por último SF (inicio a final). La Ilustración 12 presenta las relaciones existentes entre actividades del método PDM.

Adicional al método de diagramación por precedencia asimismo se pueden evaluar otras técnicas como la determinación e integración de las dependencias en donde se caracterizan las dependencias como obligatorias las cuales son solicitadas legalmente, discrecionales las cuales se instauran con base al conocimiento para mejorar las obras dentro de un área de aplicación específica, externas, estas dependencias no pertenecen al proyecto pero tienen relación con actividades que si lo hacen, y por ultimo las dependencias internas, las cuales tienen precedencia con otras actividades del proyecto y se encuentran bajo control del equipo del proyecto.

Ilustración 12 Tipos de Relaciones del PDM



Adaptado de (Project Management Institute, 2017)

Los adelantos y retrasos se deben contemplar en esta etapa ya que se encuentran relacionados con una representación lógica final a inicio y también logra generar cambios en los tiempos que se establecen para las actividades, los retrasos se muestran con signo negativo y los adelantos con signos positivos, lo que significa que estos pueden llegar a generar una variación en el tiempo de los entregables definidos para el proyecto (Project Management Institute, 2017).

Como entrada se debe contar con el plan para la dirección del proyecto, los documentos del proyecto que se obtienen al definir las actividades, los factores ambientales y los activos de los procesos de la organización.

Como resultado se obtienen los diagramas de red del cronograma y las actualizaciones requeridas para los documentos de proyecto dentro de los cuales

se encuentran los atributos de las actividades, la lista de actividades, el registro de supuestos y la lista de hitos (Project Management Institute, 2017).

8.3.4 Evaluar la duración de las actividades.

Por medio de una pre-estimación del tiempo requerido para la realización de las actividades previamente definidas se estima la cantidad de periodos de trabajo que son elementales para finalizar estas actividades con los recursos que han sido considerados.

Para la estimación de la duración de las actividades se considera el conocimiento de personas expertas en estas, análisis de datos, reuniones del personal del proyecto o también se hace uso de diferentes estimaciones las cuales se definirán a continuación.

Estimaciones análogas haciendo uso de datos históricos de la actividad o proyecto.

Estimaciones paramétricas las cuales también hacen uso de datos históricos junto con otras variables para lograr una estimación de costos, presupuesto y duración, estas se determinan de manera cuantitativa, como producto de la cantidad de trabajo y el número de horas laborales.

Estimaciones basadas en tres valores, más probable (t_M), optimista (t_0) y pesimista (t_P), por medio de estos tres valores se puede calcular la duración esperada (t_E) por medio de las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1 Distribución triangular.

$$t_E = \frac{t_0 + t_M + t_P}{3}$$

Ecuación 2 Distribución beta.

$$t_E = \frac{t_0 + 4t_M + t_P}{6}$$

Estimación ascendente por medio de la cual se estima la duración o el costo de proyectos como resultado de la suma de las estimaciones de los componentes del nivel inferior de la EDT/WBS.

Como salida de este parámetro en la gestión del cronograma del proyecto se tiene las estimaciones de la duración, la base de las estimaciones y algunas actualizaciones a los documentos del proyecto con respecto a los atributos de las actividades, el registro de supuestos, y el registro de las lecciones aprendidas (Project Management Institute, 2017).

8.3.5 Desarrollo del cronograma.

Una vez establecida la secuencia de actividades junto con su duración y los recursos requeridos, es necesario analizar las restricciones del cronograma y así poder instaurar el modelo del cronograma buscando tener una gestión optima de su ejecución, monitoreo y control. Este proceso se realiza para por medio de un modelo de programación en donde se estipulan fechas que han sido proyectadas de manera previa para finalizar las actividades del proyecto y así mismo los hitos del cronograma, para este desarrollo es necesario reparar y revisar las estimaciones de duración y los recursos, las reservas del cronograma para así poder desarrollar el mismo y que se aprobado para que funcione como línea base sobre el cual se pueda realizar la medición del avance general del proyecto.

Como información necesaria para el desarrollo del programa se tiene todo lo anteriormente generado en los aspectos que se definieron previamente dentro de los cuales se encuentran el plan para la dirección del proyecto, los documentos del proyecto, los acuerdos y la información de la organización.

Dentro de las herramientas y técnicas para este desarrollo se encuentra el análisis de la red del cronograma la cual es una práctica que se utiliza para crear un modelo de programación del proyecto por medio de diversas técnicas como el

método de la ruta crítica, las técnicas de optimización de recursos y las técnicas de modelado.

El método de ruta crítica se emplea para definir la mínima duración del proyecto y conocer el nivel de flexibilidad en el modelo de programación por medio del conocimiento de las fechas de inicio y fin de las actividades, estableciendo el camino más largo como ruta crítica ya que por lo general presentan un valor de holgura igual a cero. Dentro de las rutas del cronograma el valor de la flexibilidad u holgura se determina como la cantidad de tiempo que se puede demorar o extender una actividad con respecto a su fecha de inicio sin generar ningún retraso en la finalización del proyecto.

Para la técnica de optimización de recursos es usada para generar un ajuste a las fechas de inicio y fin de las actividades con la finalidad de generar un ajuste del uso planificado de los recurso según la disponibilidad de estos, se generan ajustes en el modelo de programación en función de la provisión y la demanda de los recursos dentro de lo cual se evalúa la nivelación de recursos buscando un equilibrio entre la demanda y la oferta disponible de los recursos y la estabilización de los recursos ya que por medio de esta se busca que la necesidad de recursos no sobrepase los límites de los recursos que han sido definidos previamente.

Para los análisis de datos se utilizan técnicas de análisis de escenarios y simulaciones, también se evalúan otros parámetros como los adelantos y retrasos junto con la compresión del cronograma por medio de la cual se hace uso de técnicas de intensificación y ejecución rápida del mismo.

Como resultado de este aspecto se cuenta con la línea base del cronograma y el cronograma del proyecto el cual se puede representar de diferentes maneras como diagramas de barras, diagramas de hitos y diagramas de red del cronograma del proyecto (Project Management Institute, 2017).

8.3.6 Control del cronograma

Por medio de un monitoreo del estado de la obra, se pueden fundar actualizaciones del cronograma previamente definido y poder instaurar cambios en la línea base del proyecto, esta actualización se realiza con conocimiento real del desempeño a la fecha del cronograma y los cambios con respecto a la línea base del cronograma únicamente se aprobarán por medio del proceso del control integrado de cambios el cual se ocupa de influir en los factores que generen cambios en el cronograma, determinar el estado del cronograma, reconsiderar las reservas necesarias del cronograma y generar los cambios reales a medida de que sucedan.

Para el control del cronograma es necesario determinar el estado actual del proyecto en función a este, evaluando los entregables del mismo, realizar revisiones constantes y retrospectivas buscando mejorar procesos de ser necesario, priorizar el plan de trabajo si se encuentran endientes y establecer el ritmo para cumplir con los entregables.

En las herramientas o técnicas utilizadas se encuentran las descritas en el desarrollo del cronograma y como resultado de estas se cuenta con información de desempeño del trabajo, pronósticos del cronograma, actualizaciones al plan para la dirección del proyecto con respecto a la línea base de los costos, el cronograma y la medición del desempeño y otras actualizaciones a los documentos del proyecto.

Como ya se ha mencionado anteriormente la gestión de proyectos es un aspecto muy importante para el correcto desarrollo de las obras de ingeniería civil, por eso realizaremos la descripción de tres importantes métodos GANTT, PERT y CPM.

8.3.7 Método de diagrama de barras GANTT o gráficos lineales

Este método consiste en distribuir la lista de actividades de manera ordenada y secuencial según lo indicado anteriormente en los pasos para la gestión del cronograma, sobre el eje vertical del gráfico se establece una escala de tiempo. En cada renglón colineal a la actividad se le asigna la barra de tiempo correspondiente a la duración de esta, desde su inicio hasta su fin.

Este diagrama es ideal para una buena programación de proyectos, aunque no permite determinar la ruta crítica de estos, pero emplea el uso de la estructura detallada de trabajo, es un método flexible que permite ajustar o generar correcciones por retrasos o cálculos inexactos, la siguiente imagen representa la construcción del diagrama de barras GANTT (Rodríguez Castillejo, 2013).

Ilustración 13 Diagrama de barras GANTT



Tomado de (Rodríguez Castillejo, 2013)

8.3.8 Método de la ruta crítica (CPM)

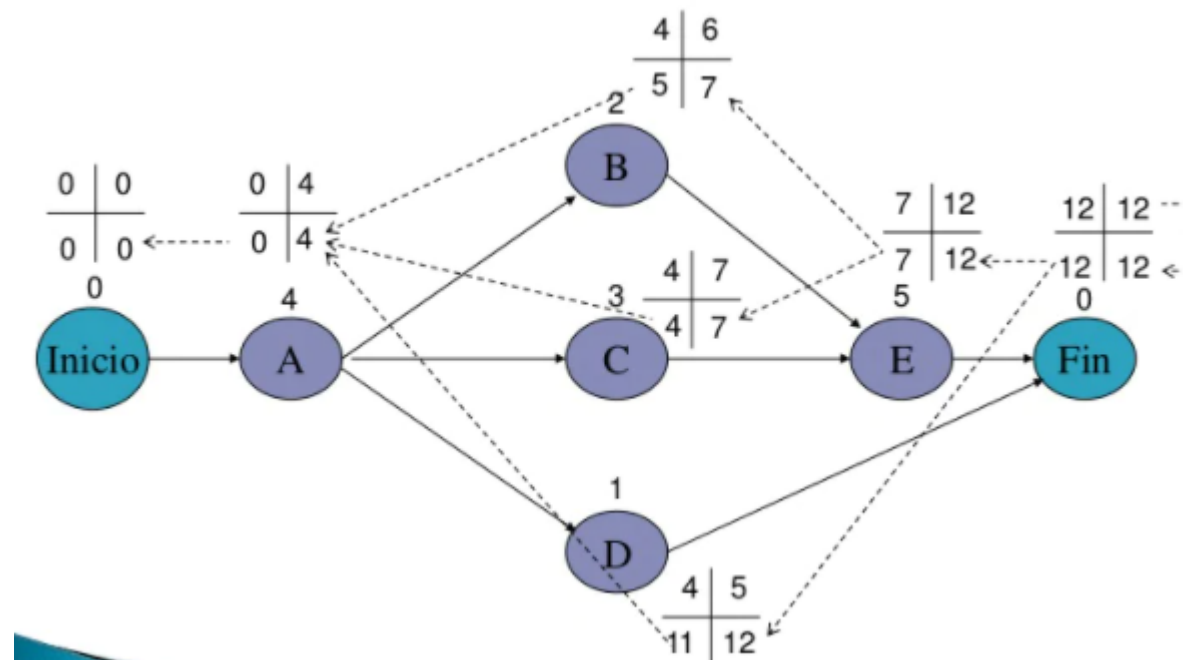
Este método tiene como objetivo determinar el tiempo mínimo de duración del proyecto en general, se lleva a cabo mediante el uso de la estructura desglosada del trabajo, en donde se definen las actividades necesarias a realizar en el proyecto, su diagrama emplea nodos en las actividades y la duración de las mismas, se establece un nodo principal que comienza en el tiempo 0 lo cual quiere

decir que desde ese momento inicia la ejecución del mismo, se distribuyen las actividades de manera secuencial dentro del diagrama, indicando cuales actividades son predecesoras o sucesoras y su duración, posterior a esto se realiza el cálculo de los tres indicadores de tiempo, realizando la trayectoria de la red de izquierda a derecha y de derecha a izquierda, para establecer los tiempos más cortos y de igual manera los más largos.

Este método también permite determinar la holgura que presentan las actividades y cuál es la ruta crítica del proyecto, es decir la ruta en donde la holgura tiene un valor 0.

Por medio se busca establecer un control de tiempo de las actividades, sin generar ningún retraso en el proyecto.

Ilustración 14 Método CPM



Tomado de (Software, 2013)

8.3.9 Método PERT

Este método también emplea la misma red de actividades que utiliza el CPM, pero a diferencia de este, el método PERT supone la duración de las actividades como una variable aleatoria, dentro de cada actividad se definen tres escenarios de duración para las actividades, el más favorable (a), el más desfavorable (b) y el más probable (c).

Como se establece que el tiempo de duración de la actividad es una variable aleatoria, se asume que esta sigue a una distribución β por lo cual el valor se define como $E = \frac{a+4m+b}{6}$ y la varianza de la variable se define como $V = \frac{(b-a)^2}{36}$.

El método PERT también asume que la ruta crítica que ha sido encontrada por medio del método CPM, comprende los elementos necesarios para hacer uso del teorema central del límite por lo cual es posible calcular la duración total de las actividades de la ruta crítica por medio de la siguiente formula. $CP = \sum T_{ij}$ en donde (i, j) pertenece a la ruta crítica. (Saez, 2004)

8.4 ELABORACIÓN DE PRESUPUESTOS

Posterior a esto es importante evaluar la gestión de costos del proyecto según la guía de PMBOK la cual es aplicable a proyectos de construcción. Por medio de la gestión de costos del proyecto se realiza la estimación, el presupuesto, monitoreo y control de costos, esta planificación contiene la estimación y el presupuesto, y es elaborada al principio de la planificación del proyecto, por medio de esta se instaure un margen para una gestión de costos coordinada y eficiente. Por medio de la gestión de costos se obtienen diferentes componentes para el monitoreo y control de los costos del proyecto con la finalidad de cumplir con lo establecido en la planeación y que el proyecto se encuentre dentro del presupuesto lo cual es primordial para que se genere un

proyecto exitoso y así poder garantizar la rentabilidad organizacional.(Project Management Institute, 2016a)

La estimación en la construcción incluye costos directos los cuales se atribuyen a un alcance específico de trabajo o también pueden abarcar los costos de maquinaria o equipos de ser necesarios, estos se establecen por espacios especializados de trabajo. Por otro lado, también se incluyen los costos indirectos, estos no se asocian a un alcance específico de trabajo y se relacionan de manera equitativa entre múltiples alcances de trabajo del mismo proyecto dentro de los que se encuentra los costos de gastos generales que son asignados al proyecto.

Debido a que existen gran cantidad de partes interesadas e involucradas en la gestión de costos en la construcción como la disponibilidad de mano de obra calificada, el transporte hacia áreas arcaicas, el impacto del clima en la productividad de la obra, la fluctuación en los precios de los insumos, entre otras más, el seguimiento y control de costos se convierte en un asunto un poco complejo por lo cual es necesario ser detallados en la planificación, seguimiento y control.(Project Management Institute, 2016a)

Como se indicó anteriormente el costo de un proyecto es proporcional a su alcance, el cual tiene como base su rentabilidad y la capacidad del dueño para poder financiarlo y las ganancias de los contratistas en la construcción. La estimación de estos costos se realiza a lo largo de la vida útil del proyecto, por lo cual se incluyen aspectos como cambios en el diseño, el rendimiento y la capacidad de construcción. El control de los costos del proyecto se utiliza para obtener un ideal del resultado final del proyecto, por lo cual permite generar acciones de marea preventivas y correctivas con la finalidad de impedir variaciones en el costo total del proyecto, estas acciones se definen a partir del tipo de estrategia utilizada en la contratación de la cual se está haciendo uso.(Project Management Institute, 2016a)

Para llevar a cabo la planificación de costos de un proyecto es necesario contar con la lista de cantidades conocida como “BoQ” en donde se indican las cantidades medidas para el trabajo directamente relacionado a las especificaciones y los planos del proyecto, los factores y los costos se determinan al principio del proyecto por lo cual es necesario realizar un control y un monitoreo de estos factores e ir suministrando los costos por etapas.

Esta planificación tiene como finalidad tener un control de calidad y rendimiento en la obra, de igual manera reducir costos y tiempo y optimizar el proceso de toma de decisiones.

8.4.1 Estimación de costos y técnicas.

Para obtener una estimación de costo de un proyecto es necesario contar con una aproximación de recursos monetarios necesarios para la realización de este, lo cual puede brindar un guía para establecer la asignación de recursos con respecto a lo necesario para el contratista como lo pueden ser los materiales, equipos, recursos laborales, gastos generales y ganancias.(Project Management Institute, 2016a)

Dentro de las técnicas de estimación de construcción que utilizan la EDT (Estructura de descomposición del trabajo) se encuentran:

- Estimación paramétrica: Dentro de esta estimación se hace uso de una conexión estadística de datos históricos junto con algunas variables específicas del proyecto como lo puede ser el área de construcción, para así poder obtener una estimación de costos.
- Estimación conceptual: Dentro de esta estimación se utilizan datos históricos concretos de la industria para realizar una factorización del equipo o una estimación factorizada en función de la capacidad. Sus datos

de consulta son índices históricos o índices de precio al consumidor para ir actualizando estos datos.

- Estimación detallada: Se realizan cuando se cuenta con información detallada del diseño del proyecto, para esto es necesario contar con una EDT para planos de construcción (IFC) y especificaciones, por medio de esta se puede obtener un presupuesto estructurado y transparente para el proyecto.(Project Management Institute, 2016a)
- Simulación de Montecarlo: Esta simulación hace uso de tres distribuciones probabilísticas las cuales son triangular, beta y lognormal para modelar los costos de la construcción, es válida para pronosticar, estimar y analizar riesgos, utilizando distintas distribuciones de probabilidad, por medio de la definición de variables inciertas y valores determinados del proyecto.(Mun, 2006)
- Estimación de tres puntos: Esta estimación facilita obtener información más precisa acerca del rango de incertidumbre con respecto al costo esperado del proyecto por medio de estimaciones de costos basadas en tres puntos.

8.4.2 Reserva de asignaciones, contingencias y gestión.

La asignación se realiza dependiendo de la fase en la cual se encuentra el proyecto y el alcance esperado de este, pueden tener tolerancia mayor si el alcance es preliminar, o realizar una asignación menor si el proyecto se encuentra en etapa de diseño, estas reservas de asignaciones se encuentran basadas en datos históricos y varían dependiendo de la organización.

Por otro lado se debe tener en cuenta la contingencia de los costos basados en la incertidumbre que estos presentan, esta contingencia es asignada a la línea base de los costos y se asignan a los riesgos del proyecto que ya han sido identificados, este valor de contingencia se evalúa como un porcentaje de los

costos que han sido desarrollados por medio de técnicas de análisis de riesgos como la simulación de Montecarlo y es un requisito general dentro del financiamiento del proyecto, de llegar a ser necesario su uso se debe identificar y documentar.

9 FUENTES DE INCERTIDUMBRE

Dentro de los proyectos de ingeniería civil se presentan diferentes fuentes de incertidumbre que generan que el proyecto de ingeniería varíe de forma significativa en algunos aspectos, a veces de forma técnica, otras veces de forma financiera o inclusive administrativas. Por lo tanto, es importante definir cuáles son aquellos factores que pueden entrar dentro de un proyecto de ingeniería y lograr manejarlos de la mejor manera para no poner en riesgo el proyecto durante toda la vigencia de este.

9.1 ASPECTOS FINANCIEROS

Normalmente dentro de los proyectos de ingeniería civil se hacen unos presupuestos de obras, estos incluyen la suma total de cantidad de obras, los materiales necesarios para la ejecución, gastos administrativos, mano de obra, equipos electrónicos necesarios para el proyecto y arriendo de maquinaria o gastos adicionales necesarios para una correcta ejecución.

Pero siempre se pueden presentar variables importantes dentro de los presupuestos por diferentes aspectos, situaciones reales del momento que no entran dentro de una programación de obra y tampoco de un presupuesto, normalmente se viven situaciones como estas donde obras que se encontraban en ejecución de forma normal tuvieron un alto impacto por la pandemia presentada a nivel mundial desde inicios del 2020 y desde el mes de Marzo en Colombia; Obras que sin duda se vieron afectadas significativamente pues presentaron pares total en sus actividades por un tiempo considerable, hecho que afectó la parte financiera considerablemente, y que dejó en duda la terminación de algunos proyectos que vivieron esta realidad a nivel mundial.

No solo afecta en la programación de obra un hecho como el nombrado anteriormente sino que adicional en muchos casos también la parte financiera En todas las obras se cuenta con el alquiler de maquinaria, salarios y prestaciones

sociales de los trabajadores, daño o en algunos casos robo de los materiales o equipos que se encontraban dentro del campamento, pero un factor muy importante y muy variable constantemente es el cambio de la TRM del dólar día a día y esto refiriéndose a importaciones que se tengan que realizar para el cumplimiento de obras (Ascensores, Plantas eléctricas, maquinaria especializada, etc.). Ahora son factores que se tienen que sostener diariamente de la misma forma en que se avanza la obra, pero cómo sostenerlos si se presentan situaciones no pronosticadas que hacen que se presente un paro total y no se pueda realizar un avance de obra.

Por último, hablando de las incertidumbres desde la parte financiera también se nombran los efectos de la inflación, situación que tampoco es controlable y que puede presentar que varíen los costos de materiales, mano de obra, maquinaria y todos los elementos necesarios para la ejecución de la obra, fenómeno que puede afectar la adquisición de los ítems nombrados anteriormente en precios justos o por lo menos que se encuentren dentro de los parámetros analizados y programados anteriormente.

9.2 TIEMPOS DE ENTREGA

Otro factor importante para tener en cuenta dentro de la programación de proyectos de ingeniería civil es el plazo de ejecución o los tiempos de entrega donde deben ser culminadas el 100% de las actividades para hacer la entrega definitiva del proyecto.

En los tiempos de entrega encontramos gran variabilidad que se desprenden de diferentes situaciones (administrativas, técnicas, climatológicas, etc.) por eso se determina que el plazo de ejecución o tiempo de entrega es una de las variables que puede generar más incertidumbre dentro de un proyecto.

Existen diferentes tipos de variables que hacen que se varíe los tiempos de entrega de un proyecto de ingeniería dentro de estas claramente se debe nombrar aquellas situaciones que no pueden ser controladas por el ser humano, como una de las más importantes los fenómenos naturales o la variación del clima dentro de la zona donde se esté ejecutando la obra.

Ahora bien, también existen unas variables del tiempo de entrega que pueden ser generadas por el ingeniero civil, causadas generalmente por una mala decisión al elegir proveedores, contratistas, transporte, etc.; que no cumpla con tiempos de entrega y que posteriormente deteriora el plazo del contrato o un panorama adicional es que se presente una errónea programación del proyecto al no hacer un estudio de las actividades a ejecutar con sus posibles variaciones y niveles de incertidumbre.

Es importante siempre tener claridad que durante todo el tiempo de ejecución del proyecto se pueden dar diferentes niveles de incertidumbre frente a los tiempos de entrega, estos varían dependiendo la actividad, la estación o clima actual de la zona donde se esté ejecutando el proyecto, los diferentes elementos o materiales que se requieran (suministro de estos) o inclusive la capacidad de personal para desarrollar cada actividad en el tiempo programado.

9.3 DISPONIBILIDAD DE PERSONAL.

Es importante resaltar que durante la ejecución de proyectos de ingeniería se requieren de diferentes tipos de profesionales, tecnólogos o técnicos que cumpla determinadas funciones o actividades por lo tanto también puede presentarse como una variable o incertidumbre.

Al presentarse un grupo de personal grande que administrativamente es de forma robusta es claro que cada vez es más normal que las constructoras realicen una subcontratación de algunas actividades para liberar un poco esa carga administrativa del personal tanto en el cumplimiento de sus actividades como

también en los compromisos parafiscales que acarrea el tener un número alto de trabajadores.

Ahora normalmente estas constructoras si contratan de manera directa una parte del personal de rangos altos en los que recaiga una gran responsabilidad de la ejecución del proyecto, por lo general este personal cuenta con una experiencia intachable y con conocimientos sobre la ejecución de proyectos, aspectos que sobresalen y son importantes para delegar responsabilidades tan importantes.

Ahora se pueden presentar variables tanto en el personal directo como en el subcontratado al darse situaciones donde no es posible el acceso a la obra, donde por situaciones externas (Caso COVID-19, el cual no permitía la asistencia a los lugares de obra por el confinamiento obligado y completo de la población), Situaciones donde por acuerdos entre las partes se rompe un contrato laboral y diferentes situaciones en las cuales también se pueden presentar variables dentro de la obra y no permitan que se cuente con el personal completo e idóneo para desarrollar las actividades.

Cabe resaltar que durante las diferentes actividades se debe contar con el personal idóneo que logre desarrollar acertadamente cada una de las actividades encomendadas pero que adicional cumpla los tiempos estipulados en los que fueron programadas estas actividades y así dar cumplimiento a la programación de obra. Por lo tanto, al presentar diferentes actividades siempre se debe contar con el personal necesario y completo para no caer en errores de ejecución, en demoras en la ejecución de actividades o situaciones un poco más complejas como accidentes parciales o letales en la obra.

9.4 TASAS DE CAMBIO

Para la ejecución de proyectos de ingeniería hay diferentes tipos de variables que permiten que los presupuestos y tiempos de ejecución varían de manera considerable, es fundamental que todo el gremio de la ingeniería civil

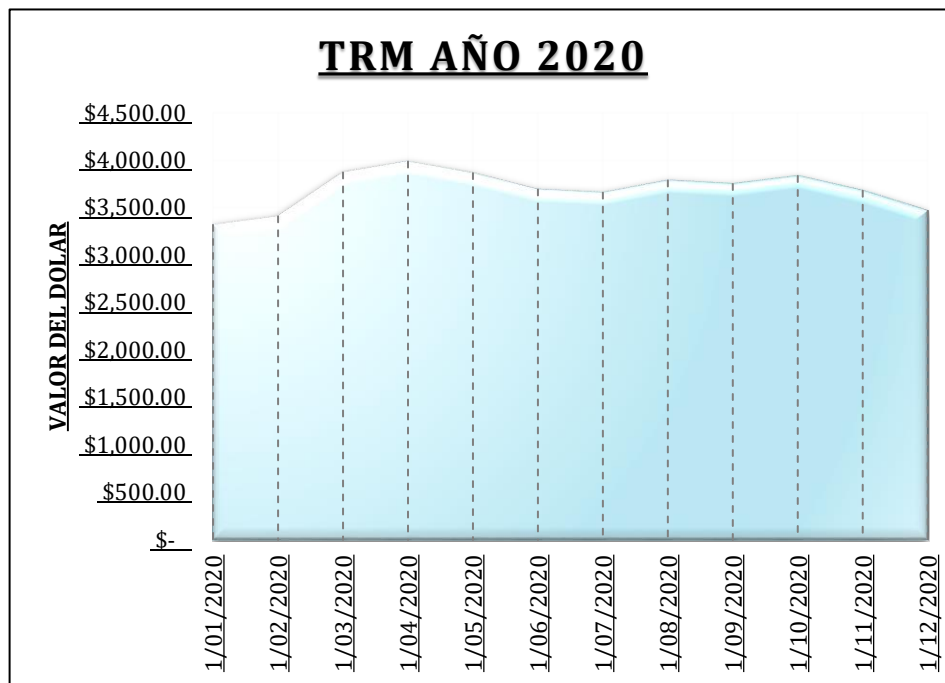
logre identificar estas variables para así enfocar estas en pro de una mejora constante de proyectos de manera técnica y financieramente. Por lo tanto, se nombrarán unos aspectos y situaciones ejemplificadas para lograr determinar la magnitud de problemáticas o situaciones que pueden presentar el no control de las diferentes incertidumbres.

Al momento de hacer planteamientos de proyectos en la mayoría de estos se incluye la importación de algunos equipos, máquinas necesarias para darle cumplimiento a las características del proyectos, equipo y maquinaria que normalmente no se encuentran de una manera fácil en el territorio colombiano y que por lo tanto se tiene que incurrir en importaciones necesarias.

Por lo tanto, se debe tener en cuenta un aspecto fundamental como es la variación del dólar dentro de Colombia, normalmente se encuentra que a medida que pasa el tiempo el dólar incrementa de manera considerable, situación que sin duda afecta de gran manera estas importaciones y que afecta claramente la parte financiera del proyecto. Por lo tanto, se querrá identificar esa incertidumbre que se puede presentar desde la parte financiera.

A continuación, se evidencia la variación que tuvo el dólar durante el año 2020 en Colombia donde se presentó una brecha de casi 670 pesos entre los límites del valor para el promedio mensual del dólar, presentando en su valor más bajo el promedio del mes de enero con \$3.317 pesos colombianos y su mayor valor en el transcurso del año que alcanzó los \$3.986 pesos colombianos en el mes de abril.

Ilustración 15 Precio del dólar para el año 2020



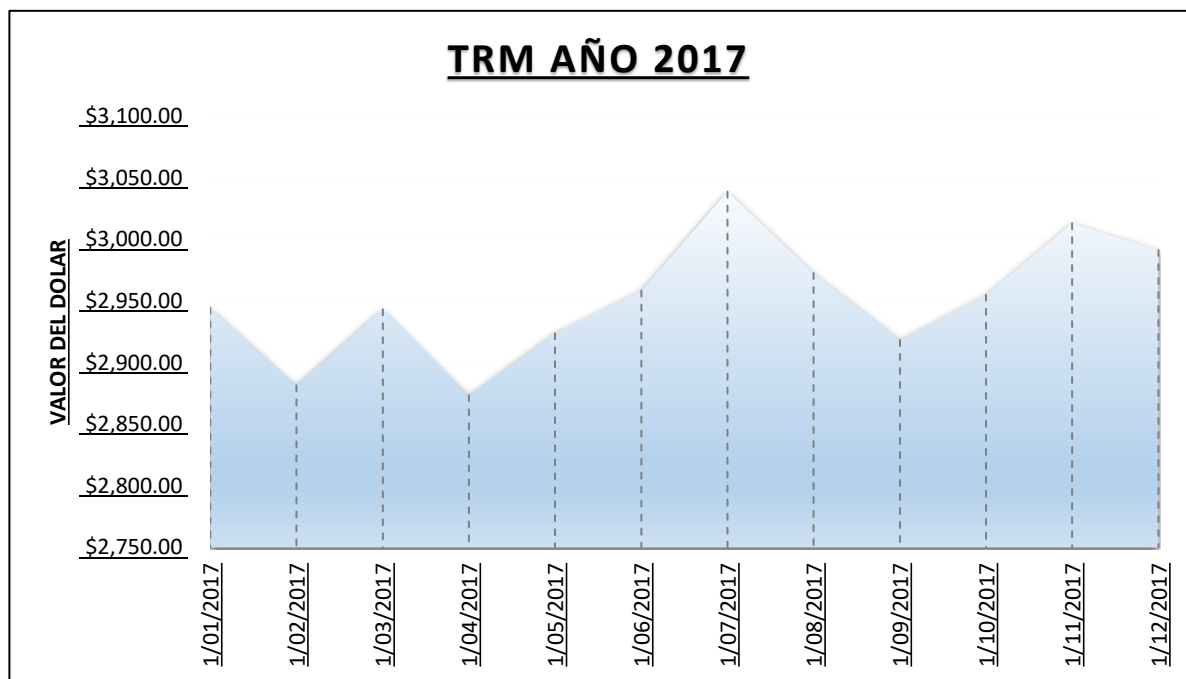
Fuente: <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>

Se evidencia claramente que durante el inicio de la pandemia en Colombia hubo un alza considerable de casi el 27% situación que sin duda afecta cualquiera tipo de importación que se quiera realizar para el mercado en general, claramente los proyectos de ingeniería civil no logran escapar de esta situación y es ineludible que se tengan que asumir estos sobrecostos por el incremento del dólar.

Claramente como se presentan situaciones adversas también se puede presentar situaciones favorables para el mercado y un claro ejemplo es el mismo año 2020 donde se haya realizado un presupuesto y programación de obra en el mes de marzo donde el dólar presentó su mayor valor pero la compra o importación del equipo, material o maquinaria se haya realizado en el mes de diciembre donde el dólar cerro casi \$722 pesos menos, situación que es ideal para el contratista y que permite un ajuste o ahorros en el presupuesto de una manera considerable.

Ahora bien se han nombrado situaciones de proyectos donde se hace un presupuesto y la importación de equipos y maquinaria en el mismo año, pero también hay obras donde su tiempo de ejecución es de 2 a 5 años o inclusive mucho más, inclusive hay proyectos donde se plantean, se planean y se diseñan y tiempo después (meses o años), se empieza una ejecución del mismo por eso es importante nombrar que en ese momento es donde más variables se presentan de manera significativa para los presupuestos de obra y relacionándolo a las importaciones y la manera más clara es colocando un proyecto que se planeó y se plasmó en una programación en el mes de mayo de 2017 pero su periodo de importación de los equipos es en el 2021 durante el mes de Julio, por eso a continuación se muestra las variables frente al dólar que se presentó en este periodo en Colombia.

Ilustración 16 Precio del dólar para el año 2017



Fuente: <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>

Se evidencia que para el 2017 en el mes de mayo se presentó un dólar promedio de \$2.924 pesos aproximadamente

Ahora si se observa la variación del dólar durante el mes de Julio de 2021 que será en el momento en que se realizará la compra y posteriormente la importación de la maquinaria se evidencia claramente que el dólar presentó un promedio de \$3.832 y su valor más alto sobre los \$3.740 pesos aproximadamente a finales de mes.

Si se lleva los valores del dólar del 2017 al 2021 se evidencia que hay una diferencia entre los dos valores los pueden oscilar entre los \$733 y los \$856 pesos; razón por la cual se logre dar una brecha de incertidumbre y posteriormente se genere que el proyecto incremente de manera considerable su presupuesto inicial y que al final como se han nombrado en ocasiones anteriores se ponga en riesgo la totalidad del proyecto por falta de recursos.

Pero justo en situaciones como las nombradas anteriormente es donde se presentan las diferentes fuentes de incertidumbre de ámbito financiero, hecho que es importante para tener en cuenta por parte de los ingenieros civiles. Por lo tanto, es importante evidenciar todos aquellos parámetros financieros que puedan causar una varianza en el planteamiento inicial para poder ejecutar una toma de decisiones y acciones preventivas que mitiguen el riesgo y no permita que el proyecto entre en una zona de riesgo, que por el contrario se mantenga de una forma estable y no supere las expectativas

9.5 ASPECTOS CLIMÁTICOS

Los proyectos de ingeniería civil nunca serán los mismos aun así cuando se presenten dentro de la misma zona, como normalmente se enseña en la academia y ocurre en la vida real, así se encuentren dos terrenos justamente pegados no necesariamente se tiene que presentar igualdad de condiciones entres estos dos, por lo tanto, siempre se deberá realizar un proyecto desde ceros y empezar a desarrollar cada una de sus etapas. Ahora bien, se podrán optar por diseños o

estructuras similares si se da siempre la condición del cumplimiento de las normas y la correcta estabilidad de la obra.

Pero hay una variable de incertidumbres que a veces los ingenieros civiles no tienen en cuenta, la cual va enfocada hacia el clima del lugar donde se va a ejecutar la obra.

Es claro que el clima puede tener una incidencia directa sobre la correcta ejecución de la obra, si se presenta fenómenos de lluvia durante una obra se puede presentar en complicaciones no solo climatológicas si no adicional de tiempo de ejecución y de dinero.

Enfocando el clima a un tema de tiempo, si se encuentra en una zona donde normalmente su clima es variable se pueden presentar días donde haya días buenos en condiciones de climas razonables para la ejecución de la obra, pero también se pueden presentar días donde hay lluvias o inclusive tormentas eléctricas donde será necesario el paro total de las actividades, situación que desde ese momento empieza a presentar retrasos por el paro de actividades por el fenómeno nombrado. Ahora también se puede presentar que la presencia de altas cantidades de agua en la obra derive en un reproceso dentro de las actividades ejecutadas, es decir que por la presencia de lluvia se tengan que desarrollar nuevamente actividades (Estabilización del terreno, nivelación del terreno, cimentación, etc.).

Por lo tanto, no se presenta un atraso en el cronograma del proyecto por los días que se paró la ejecución de la obra, si no que adicional por el reproceso de volver a realizar actividades que no fueron efectivas o mantuvieron su estabilidad después de presentar la variación del clima.

Ahora hablando del clima y de los factores que afecta este de manera económica también se encuentran unas cuantas variables importantes a evaluar, estas se encuentran ligadas a las nombradas anteriormente, es decir que si hay

un pare en las actividades por la presencia de lluvia se tiene que correr el tiempo de ejecución por lo tanto se incrementa los días de trabajo de cada uno de los trabajadores o en algunos casos acudir a jornadas extras que sin duda presentan un incremento en salarial, por lo tanto estos dos factores vienen de la mano y afectan de manera considerable las garantías del proyecto.

9.6 PRECIOS DEL MERCADO.

Es importante nombrar los precios del mercado dentro de los posibles cambios y variaciones que se pueden presentar en presupuestos de un proyecto de ingeniería civil. normalmente los presupuestos se realizan con la cotización de los materiales necesarios para el 100% de las actividades a desarrollar por lo tanto es importante tener la variable de tres posibles valores del mercado pero cabe resaltar que no siempre estas tres opciones se acomodan o se mantienen durante el tiempo de ejecución del contrato se pueden presentar hechos económicos y financieros que hagan que estas varíen dentro del rango de las tres o inclusive fuera de estas, lo importante más allá de siempre presentar unos imprevistos en un presupuesto es lograr tener un alto porcentaje de efectividad para así no variar de forma significativa el proyecto o con altas cantidades de dinero.

Por lo tanto, aunque se abre una brecha muy corta de modificación en costos al presentar siempre el más bajo, el óptimo y el valor más alto siempre será importante encontrar más opciones y a través de ayudas probabilísticas realizar un ajuste a estos valores siempre pensando en el asertividad y las ganancias conjuntas de contratistas y contratantes.

10 MODELO DE MONTECARLO A UN PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL

Para empezar con la simulación de Montecarlo se decidió tomar un proyecto de ingeniería civil para llevar a la práctica lo propuesto y evidenciar en un caso real el planteamiento frente a la incertidumbre se pueden presentar y cuales variables se deben de tener en cuenta al momento de plantear, diseñar y ejecutar un contrato de obra. El proyecto que se dispone para el ejercicio es el corredor Vía perimetral del oriente de Cundinamarca el cual tiene una longitud total de 153.8 km y cuenta con una división de 5 unidades funcionales. Para este contrato que se firmó en el mes de septiembre de 2014 y se puso en marcha en diciembre del mismo año, se estimó un presupuesto de un billón seiscientos cuarenta y siete mil setecientos setenta y seis millones ciento once mil ciento sesenta y nueve (\$1.647.776.111.169), adicional se determinó una vigencia de ejecución de 25 años.

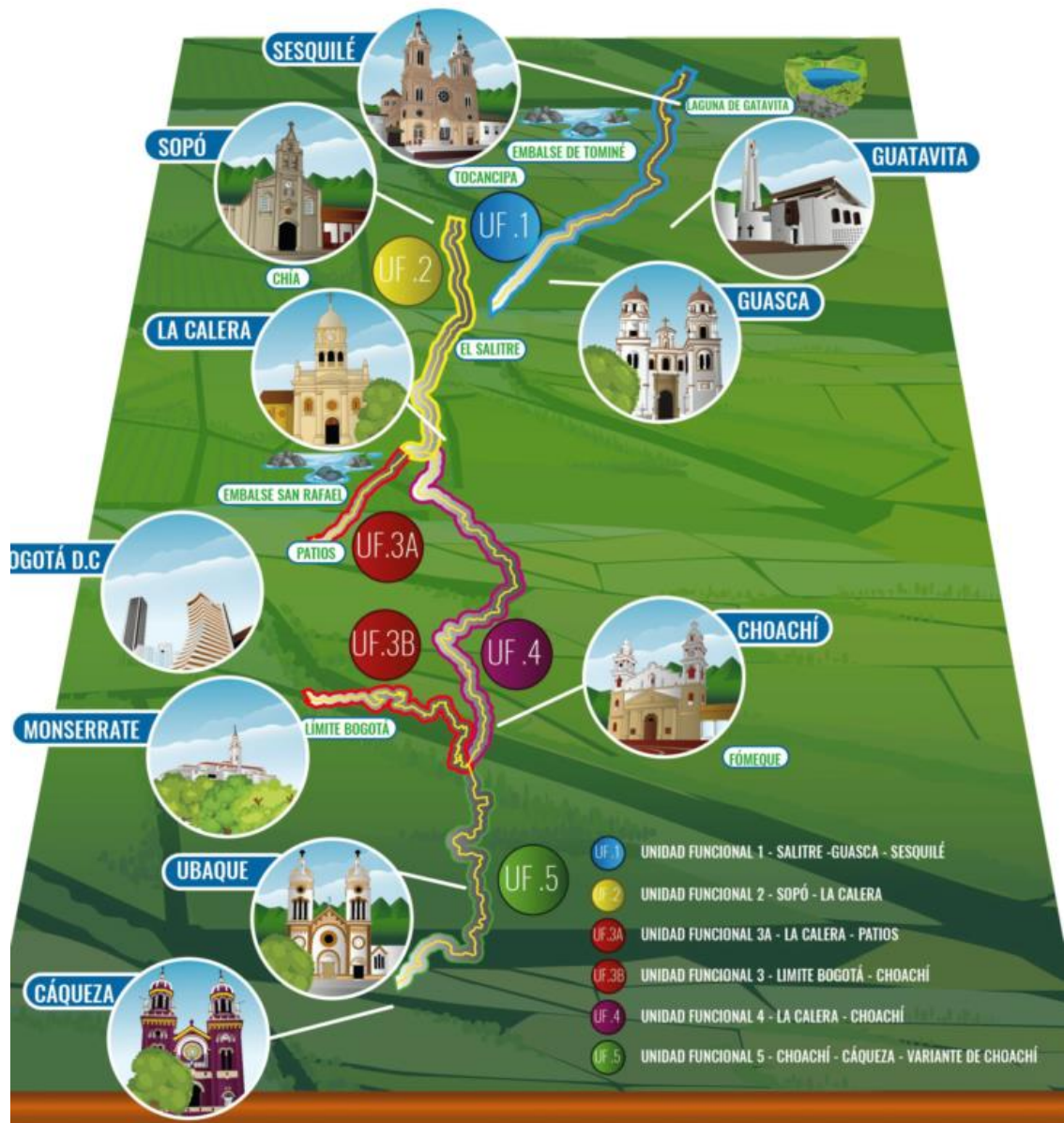
El proyecto comprenderá fases de mejoramiento, rehabilitación y construcción en las siguientes vías

- Unidad funcional 1: Salitre - Guasca y Guasca - Sesquilé
- Unidad funcional 2: Sopo – La calera
- Unidad funcional 3: La Calera – Patios y Limite Bogotá – Choachí
- Unidad funcional 4: La Calera – Choachí
- Unidad funcional 5: Choachí – Cáqueza y Variante de Choachí

Actualmente el proyecto cuenta con un crédito para la financiación del proyecto de ochocientos setenta mil millones de pesos (\$870.000.000.000) el cual tiene una TDI de 0.56710%. Suma importante de dinero que se debe tener en cuenta en el momento del cálculo de los respectivos ingresos que aporte la concesión.

Para consultar el contrato de esta concesión se puede visitar la siguiente pagina
<https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=13-19-1611851>

Ilustración 17 Mapa corredor perimetral de oriente de Cundinamarca.



Fuente: (<https://pob.com.co/construccion/mapa-del-proyecto/>)

La concesión perimetral de oriente de Cundinamarca cuenta actualmente con 3 peajes Los patios, La Cabaña y Sopo los cuales presentan sus respectivas tarifas según la categoría de los vehículos. A continuación, se evidencia las tarifas actuales que tienen estos peajes para sus respectivas categorías.

Ilustración 18 Tarifas vigentes por categoría peaje los patios.

Volver al informe TARIFAS VIGENTES POR CATEGORÍAS			
Categoría	Tipo Tarifa	Tarifa	Orden
I	Plena	\$ 10.200	1
II	Plena	\$ 16.000	2
III	Plena	\$ 24.700	3
IV	Plena	\$ 36.200	4
V	Plena	\$ 49.500	5
VI	Plena	\$ 49.900	6
EA	Plena	\$ 9.100	41
EG	Plena	\$ 6.700	42
ER	Plena	\$ 8.800	43
IE	Especial	\$ 5.400	61
IIE	Especial	\$ 10.900	62
IIA	Especial	\$ 5.700	201

Fuente: Ani:

Ilustración 19 Tarifas vigentes por categoría peaje la cabaña.

Volver al informe TARIFAS VIGENTES POR CATEGORÍAS			
Categoría	Tipo Tarifa	Tarifa	Orden
I	Plena	\$ 10.200	1
II	Plena	\$ 16.000	2
III	Plena	\$ 24.700	3
IV	Plena	\$ 36.200	4
V	Plena	\$ 49.500	5
VI	Plena	\$ 49.900	6
EA	Plena	\$ 9.100	41
EG	Plena	\$ 6.700	42
ER	Plena	\$ 8.800	43
IE	Especial	\$ 5.400	61
IIE	Especial	\$ 10.900	62

Fuente: Ani

Ilustración 20 Tarifas vigentes por categoría peaje sopo.

< Volver al informe TARIFAS VIGENTES POR CATEGORÍAS			
Categoría	Tipo Tarifa	Tarifa	Orden
I	Plena	\$ 10.200	1
II	Plena	\$ 16.000	2
III	Plena	\$ 26.900	3
IV	Plena	\$ 39.600	4
V	Plena	\$ 54.000	5
VI	Plena	\$ 54.500	6
EA	Plena	\$ 9.100	41
EG	Plena	\$ 6.700	42
ER	Plena	\$ 8.800	43
IE	Especial	\$ 2.100	61
IIE	Especial	\$ 10.900	62
IIA	Especial	\$ 5.700	201

Fuente: Ani

Adicional se muestra el análisis de tránsito otorgado por la ANI en donde se determina el TPDA en los tres peajes nombrados anteriormente y con sus respectivas categorías.

Ilustración 21 TPDA Categoría 1



Ilustración 22 TPDA Categoría 2



Ilustración 23 TPDA Categoría 3



Ilustración 24 TPDA Categoría 4



Ilustración 25 TPDA Categoría 5



Ilustración 26 TPDA Categoría 6



Ilustración 27 TPDA Categoría especial 1



Ilustración 28 TPDA Categoría especial 2



Adicionalmente se determinó un cálculo de la variación de tránsito en los tres peajes por categoría y por los diferentes años desde que se viene ejecutando el contrato buscando determinar los ingresos que se pueden obtener y adicional hacer el análisis de tránsito para cada uno de estos peajes. Esta información fue extraída de la ANI

Tabla 3 TPA del peaje los patios

PATIOS						
CATEGORÍA	2016	2017	2018	2019	2020	2021
CAT 1	828874	1163631	1076874	1249215	938459	813348
CAT 2	18747	26193	28037	30412	13143	11317
CAT 3	11802	17061	15658	16622	12969	9569
CAT 4	1724	2549	3892	3226	6606	6472
CAT 5	12	1	14	13	7	17
CAT 6	130	160	14	7	12	16
IE	191643	238416	180811	148038	73696	53512
IIE	59926	90662	95305	114310	77288	62181
IIA	58459	85149	71687	64290	30597	20775

Tabla 4 TPA del peaje la cabaña

LA CABAÑA						
CATEGORÍA	2016	2017	2018	2019	2020	2021
CAT 1	353753	463739	338348	549623	432702	412419
CAT 2	5893	8839	7793	8810	33016	28773
CAT 3	7034	10257	9534	11170	10768	6701
CAT 4	12293	35748	38269	22348	12080	7280
CAT 5	5435	9817	10131	9886	8460	6076
CAT 6	12408	20720	20322	19271	16455	11485
IE					14015	15334
IIE	48540	69780	65675	72297	21343	18610

Tabla 5 TPA del peaje sopo

SOPO		
CATEGORÍA	2020	2021
CAT 1	317168	307409
CAT 2	39400	26789
CAT 3	18200	11936
CAT 4	32625	21689
CAT 5	6529	5005
CAT 6	17312	12899
IE	52601	44502
IIE	5130	3534
IIA	8575	7635

De este peaje solo se determinó 2020 y 2021 ya que desde el año 2020 se iniciaron labores en este peaje.

11 ESTABLECIMIENTO DE DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Una vez identificadas las variables, se deben establecer las funciones de probabilidad que más se ajusten a su comportamiento, de acuerdo con los parámetros descritos en el marco teórico. Una vez definida la función a emplear, se deben definir los parámetros de entrada para cada distribución establecida (Pesimista, Más probable, Optimista, Media y Desviación estándar, entre otros).

Tabla 6 Definición de distribuciones de probabilidad

Variable	Distribución	Pesimista	Más probable	Optimista
Índice de inflación/anual (%)	Triangular	1.50	3.00	5.00
sobretasa M/L	PERT	6.00	12.00	18.00
tasa de ing. Finan. (%)	Triangular	6.00	8.00	9.00
Crecimiento tránsito (%)	Triangular	0.69	1.16	3.12
Crecimiento súbito al terminar la constr.	Triangular	1.00	1.10	1.15
Costo predios	PERT	\$ -	\$ 15,000.00	\$ 20,000.00
Cos. oper.mant.y adm. etapa preconstrucción.	PERT	\$ 2,600.00	\$ 2,670.00	\$ 2,800.00
Cos.oper., mant. y adm.etapa construcción.	PERT	\$ 9,500.00	\$ 10,000.00	\$ 10,200.00
Cos.oper. mant. y adm. etapa operación.	PERT	\$ 2,900.00	\$ 2,988.00	\$ 3,100.00
inversión de riesgo (%)	Triangular	40.00	45.00	50.00

Tabla 7 Definición de distribuciones de probabilidad para el crecimiento según la categoría del peaje los patios.

Variable	Distribución	Pesimista	Más probable	Optimista
Crecimiento TPD Los patios				
CAT 1	Triangular	0.98	1.22	1.51
CAT 2	Triangular	0.60	1.14	1.62
CAT 3	Triangular	0.81	1.18	1.45
CAT 4	Triangular	1.00	2.37	3.83
CAT 5	Triangular	0.08	0.89	1.42
CAT 6	Triangular	0.05	0.43	1.23
IE	Triangular	0.28	0.77	1.24
IIE	Triangular	1.00	1.39	1.91
IIA	Triangular	0.36	0.94	1.46

Tabla 8 Definición de distribuciones de probabilidad para el crecimiento según la categoría del peaje la cabaña.

Variable	Distribución	Pesimista	Más probable	Optimista
Crecimiento TPD La cabaña				
CAT 1	PERT	0.96	1.20	1.55
CAT 2	PERT	1.00	2.63	5.60
CAT 3	PERT	0.95	1.31	1.59
CAT 4	PERT	0.59	1.74	3.11
CAT 5	PERT	1.00	1.53	1.86
CAT 6	PERT	0.93	1.35	1.67
IE	Uniforme	0.00		15334
IIE	PERT	0.38	1.02	1.49

Tabla 9 Definición de distribuciones de probabilidad para el crecimiento según la categoría del peaje Sopo.

Variable	Distribución	Pesimista	Más probable	Optimista
Crecimiento TPD Sopo				
CAT 1	Triangular	0.97	0.98	1.00
CAT 2	Triangular	0.68	0.84	1.00
CAT 3	Triangular	0.66	0.83	1.00
CAT 4	Triangular	0.66	0.83	1.00
CAT 5	Triangular	0.77	0.88	1.00
CAT 6	Triangular	0.75	0.87	1.00
IE	Uniforme	0.85	0.92	1.00
IIE	Triangular	0.69	0.84	1.00
IIA	Triangular	0.89	0.95	1.00

Tabla 10 Definición de distribuciones de probabilidad para la DTF

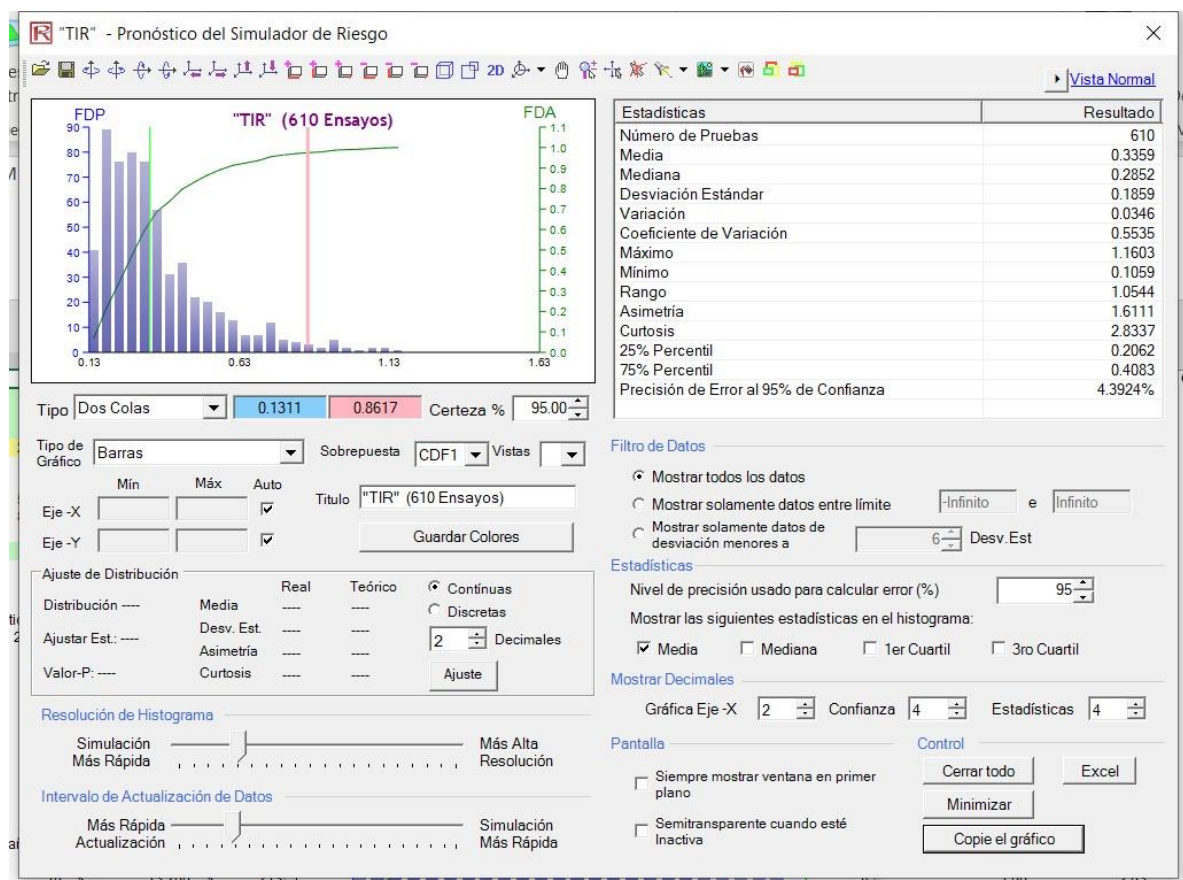
Variable	Distribución	Media	Desv. Estándar
D.T.F.	Log Normal	4.75	1.12

12 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para poder evidenciar la sensibilidad de diferentes parámetros del proyecto el simulador de riesgo nos brinda la herramienta de “**pronostico**” donde se puede determinar el % de certeza para el numero de ensayos que se realizan en la modelación, buscando conocer el comportamiento de la variable y adicional a esto nos brinda el valor de la media que se obtiene para esta.

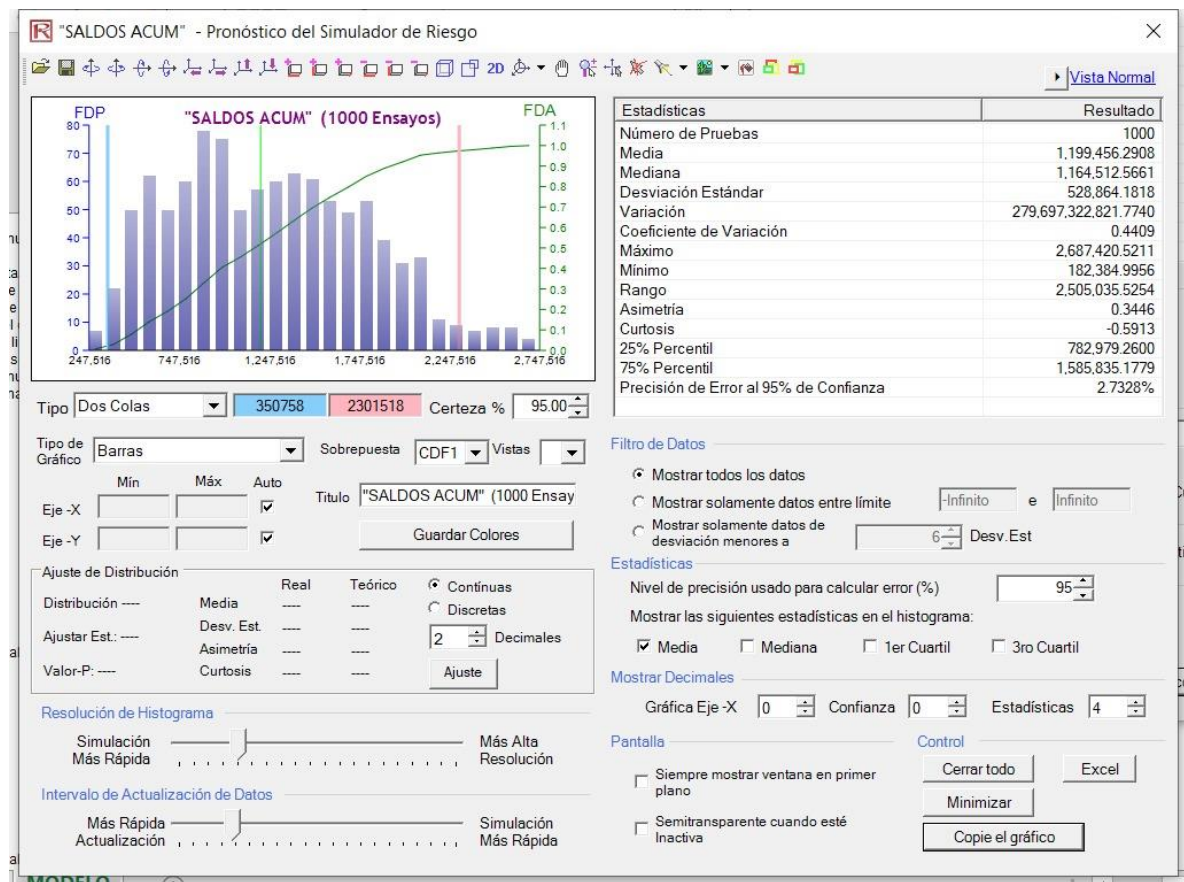
En la siguiente ilustración se muestra la simulación de pronóstico para la TIR junto con los datos estadísticos donde se resalta la media con un valor de 0.3359, desviación estándar con un valor de 0.1859 y el comportamiento a través del tiempo de este indicador.

Ilustración 29 Pronostico de simulador de riesgo TIR.



En la siguiente ilustración se evidencia la variación que se encuentra en los saldos acumulados del proyecto donde se evidencia un numero de pruebas de hasta 1000 buscando siempre proyectar este valor a lo largo del tiempo de ejecución del proyecto al evidenciar que se tiene una certeza del 95% valor importante al buscar ser más precisos en la programación de costos y beneficios económicos.

Ilustración 30 Pronostico de simulador de riesgo saldos acumulados.



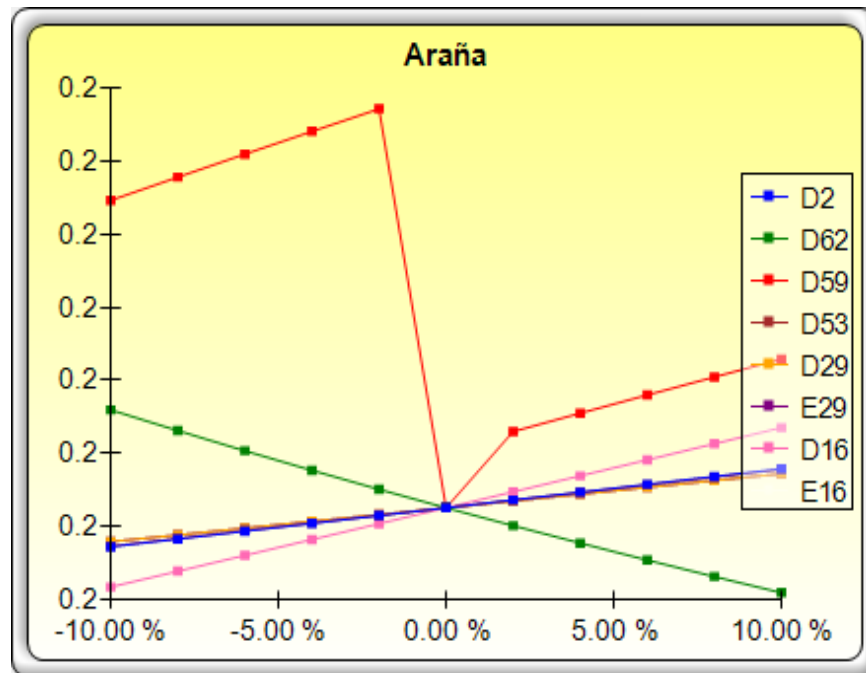
A continuación, se presenta el análisis de sensibilidad de la TIR apoyados por gráficos como el tipo araña y tipo tornado donde se evidencian variables que influyen en los resultados de este indicador, en la columna celda precedente se encuentran las variables de mayor incidencia. En el grafico tipo tornado se evalúa un rango de valores mediante el cual las variables podrían presentar un aporte o una afectación al indicador.

Tabla 11 Datos de entrada sensibilidad TIR.

Celda Precedente	Valor Base: 0.172565768097788			Cambio de Ingreso		
	Resultado Inferior	Resultado Superior	Rango de Efectividad	Ingreso Inferior	Ingreso Superior	Valor Caso Base
D62: Costo presupuestado de construcción	0.185961	0.1609494	0.03	\$ 108,000	\$ 132,000	\$ 120,000
E16: Tarifa plena Cat 1 Los patios	0.161723	0.1835301	0.02	\$ 7,560	\$ 9,240	\$ 8,400
D16: TPD Cat 1 Los patios	0.161723	0.1835301	0.02	2043.80	2497.98	2270.89
D59: Duración de la construcción	0.214616	0.1928905	0.02	3.60	4.40	4.00
D2: Índice inflación anual (%)	0.167226	0.1779052	0.01	4.29	5.25	4.77
D53: Crecimiento de transito	0.167311	0.1778126	0.01	2.50	3.05	2.78
E29: Tarifa plena Cat 1 La cabaña	0.167926	0.1772274	0.01	\$ 7,560	\$ 9,240	\$ 8,400
D29: TPD Cat 1 La cabaña	0.167926	0.1772274	0.01	872	1,066	969

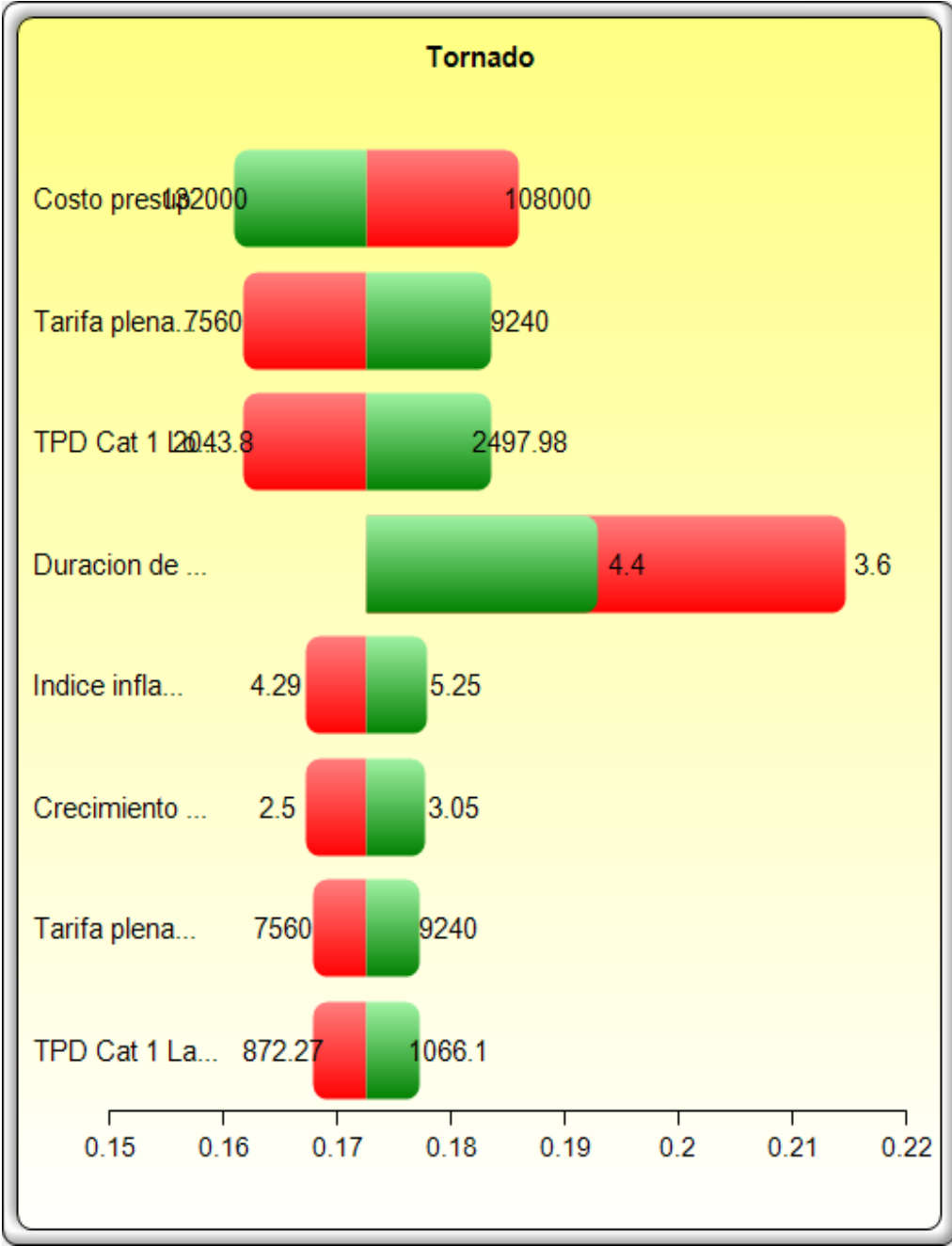
Se puede evidenciar que para la TIR hay 3 factores que están dentro de los que más pueden afectar el resultado de esta, estos ítems para tener en cuenta es el crecimiento súbito al terminar la construcción, el costo del presupuesto de la construcción y la duración del contrato. Claramente si los costos suben como se puede dar en los dos primeros ítems nombrados se obtendrá una TIR más baja lo que afectaría de gran manera los intereses financieros, ahora si se analiza la duración del contrato también afecta de gran manera pues se tendría que incurrir en gastos adicionales por tiempo de ejecución al no cumplir con el cronograma pactado factor que afecta directamente a los ingresos.

Ilustración 31 Grafico tipo araña sensibilidad TIR.



Ahora bien, en el grafico tipo Tornado se evidencia en los rangos donde el la TIR se mueve para cada uno de los factores que intervienen en ella por tal razón encontramos que en la duración del contrato si se pasa de un tiempo de 4.4 años de construcción a 3.6 años de construcción se podrá tener un incremento de la TIR que puede variar de 0.195 que sería lo más probable para los 4.4 años y un 0.215 que sería lo óptimo a los 3.6 años; por lo tanto es importante identificar estas variables y ver de qué forma afectan la TIR. También se puede presentar la situación que se tenga la opción pesimista, la más probable y la optimista para este caso se puede evidenciar este comportamiento en el presupuesto de construcción.

Ilustración 32 Grafico tipo tornado sensibilidad TIR.



En el siguiente parámetro a evaluar se encuentran los saldos con amortizaciones los cuales cuentan con un análisis de sensibilidad donde se evidencia aquella variación que se podrá dar a través del tiempo en activos, pasivos y patrimonio del proyecto tanto de forma adquisicional como de forma operacional de bienes buscando siempre una proyección frente a temas administrativos y de respaldo financiero.

Tabla 12 Datos de entrada sensibilidad saldos acumulados después de amortización.

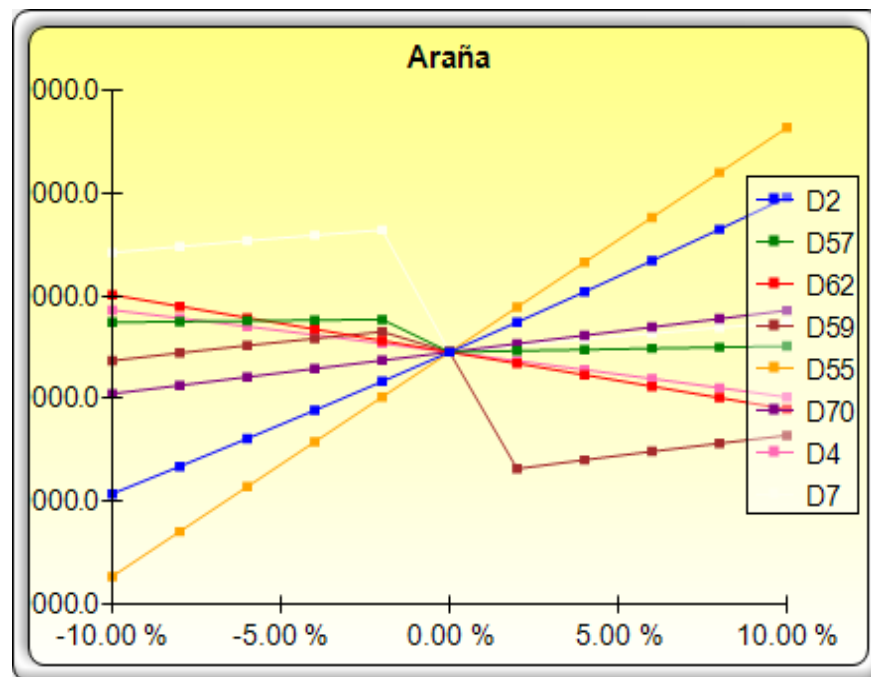
	Valor Base: 672687.129			Cambio de Ingreso		
Celda Precedente	Resultado Inferior	Resultado Superior	Rango de Efectividad	Ingreso Inferior	Ingreso Superior	Valor Caso Base
D55: Crecimiento sub al terminar la construcción	563511.47	781862.79	218351.32	1.00	1.23	1.11
D2: Ind Inflación anual (%)	603739.25	747998.01	144258.77	4.29	5.25	4.77
D62: Costo presupuesto construcción	700492.96	644881.3	55611.66	\$ 108,000	\$ 132,000	\$ 120,000
D4: Sobre tasa M/L	693126.18	650784.69	42341.49	14.26	17.43	15.84
D70: Inv de riesgo (%)	652433.68	692940.58	40506.91	40.50	49.50	45.00
D59: Duración construcción	668488.4	632136.7	36351.71	3.60	4.40	4.00
D7: Periodos Amortización Crédito	721101.8	687224.98	33876.82	3.60	4.40	4.00
D57: Tiempo adquisición predios	687129.4	675557.63	11571.77	1.80	2.20	2.00

En la anterior tabla se evidencia las variables incidentes y de mayor sensibilidad para los saldos acumulados después de amortización en donde con un rango de efectividad que oscila desde los 115 mil millones de pesos hasta los 218 mil millones de pesos, es decir dentro del análisis de sensibilidad en la variable de crecimiento súbito al terminar la construcción se asume un valor base de 1.11% pero se pueden esperar valores de 1.0% hasta 1.23% por lo cual se espera obtener para el saldo después de amortización un saldo desde los 563 mil millones hasta los 781 mil millones.

La segunda variable de mayor incidencia es el índice de inflación anual dentro del cual como valor base para la simulación se asume un valor de 4.77% pero puede variar desde 4.29% hasta 5.25% logrando un rango de efectividad de 144 mil millones.

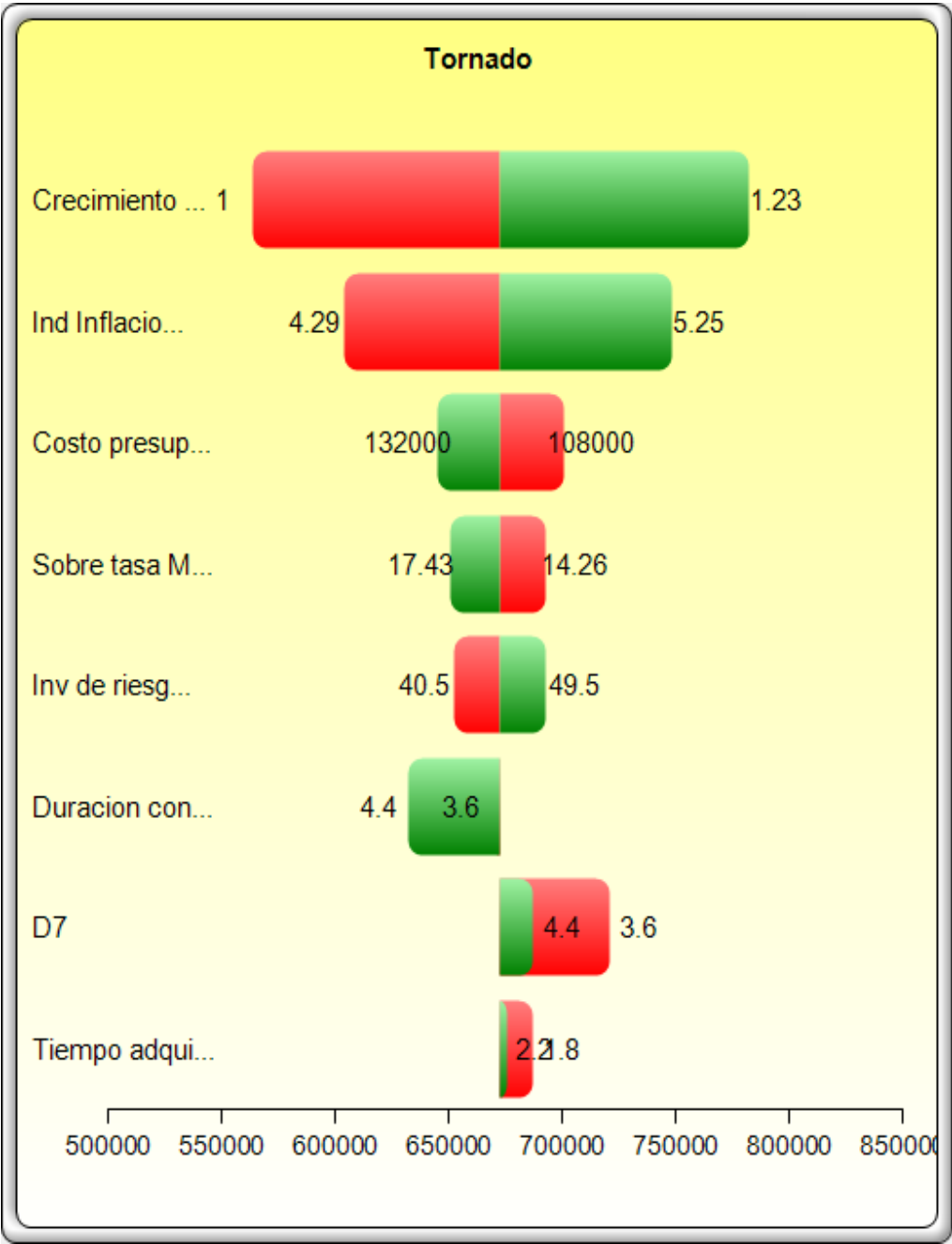
Para el costo de presupuesto de construcción, se asume un valor base de 120 mil millones, pero podría oscilar entre 108 mil y 132 mil millones logrando así un rango de efectividad de un poco más de 55 mil millones.

Ilustración 33 Grafico tipo araña sensibilidad saldos acumulados después de amortización.



El grafico de análisis de tornado permite evidenciar el comportamiento de las variables y la influencia de estas dentro del análisis de saldos después de amortización asumiendo un valor de 672 mil millones se puede ver que al aumentar los valores del crecimiento súbito al terminar la construcción, el índice de inflación anual, el porcentaje de riesgo en la inversión, también se aumenta el valor de los saldos después de la amortización, caso contrario a los valores, de costo presupuesto de construcción, la sobre tasa M/L, la duración de la construcción y los periodos de amortización de los créditos, los cuales son inversamente proporcionales al valor de los saldos posterior a la amortización.

Ilustración 34 Grafico tipo tornado sensibilidad saldos acumulados después de amortización.



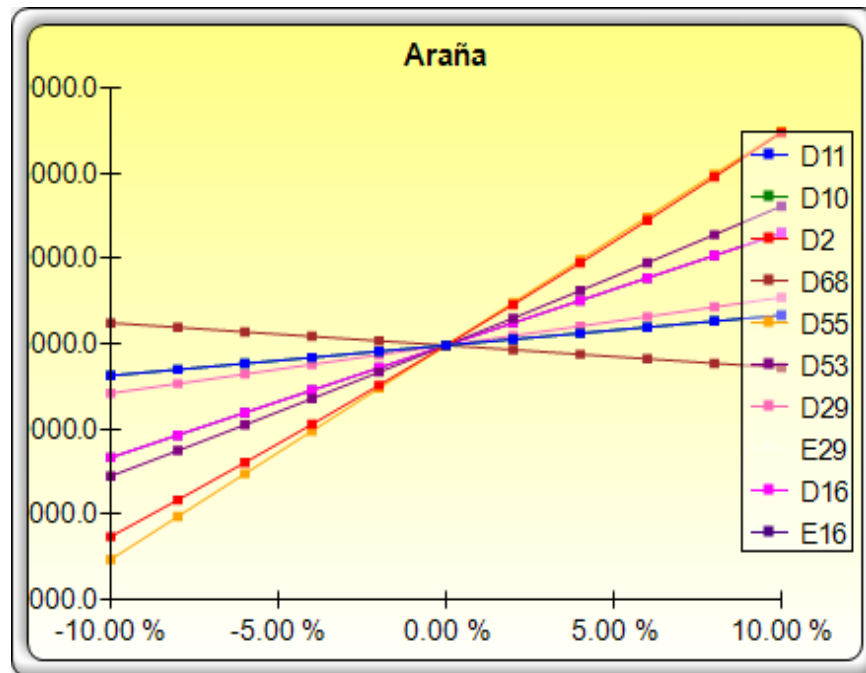
Se busca en el siguiente parámetro de análisis el cual es saldo después de ingresos finales cual es la proyección y los ítems que podrían afectar o respaldar la realización correcta del proyecto. Evidenciando que se encuentran parámetros importantes como el aporte financiero que se da al realizar el pago de peajes para vehículos de categoría tipo 1 los cuales permiten que se siga llevando a cabo el proyecto, al final lo que se querrá es tratar de predecir los ingresos que se tendrán a lo largo de la ejecución del contrato.

Tabla 13 Datos de entrada sensibilidad saldos anuales después de ingresos finales.

Celda Precedente	Valor Base: 104909.231			Cambio de Ingreso		
	Resultado Inferior	Resultado Superior	Rango de Efectividad	Ingreso Inferior	Ingreso Superior	Valor Caso Base
D55: Crecimiento súbito	92355.848	117462.62	25106.77	1.00	1.23	1.11
D2: Índice inflación anual	93691.231	117380.53	23689.30	4.29	5.25	4.77
D53: Crecimiento transito (%)	97240.035	113069.57	15829.54	2.50	3.05	2.78
E16: Tarifa plena cat 1 los patios	98327.986	111490.48	13162.49	\$ 7,560	\$ 9,240	\$ 8,400
D16: TPD Los patios cat 2	98327.986	111490.48	13162.49	2043.80	2497.98	2270.89
E29: Tarifa plena cat 1 La cabaña	102100.44	107718.02	5617.59	\$ 7,560	\$ 9,240	\$ 8,400
D29: TPD cat 1 La cabaña	102100.44	107718.02	5617.59	872	1,066	969
D10: Factor temporalidad/anual (%)	103136.47	106681.99	3545.52	27.00	33.00	30.00
D11: Tasa ingresos financieros (%)	103136.47	106681.99	3545.52	7.91	9.66	8.78
D68: Costo operación, mantenimiento, etapa operacional.	106223.3	103595.16	2628.15	\$ 2,689.20	\$ 3,286.80	\$ 2,988

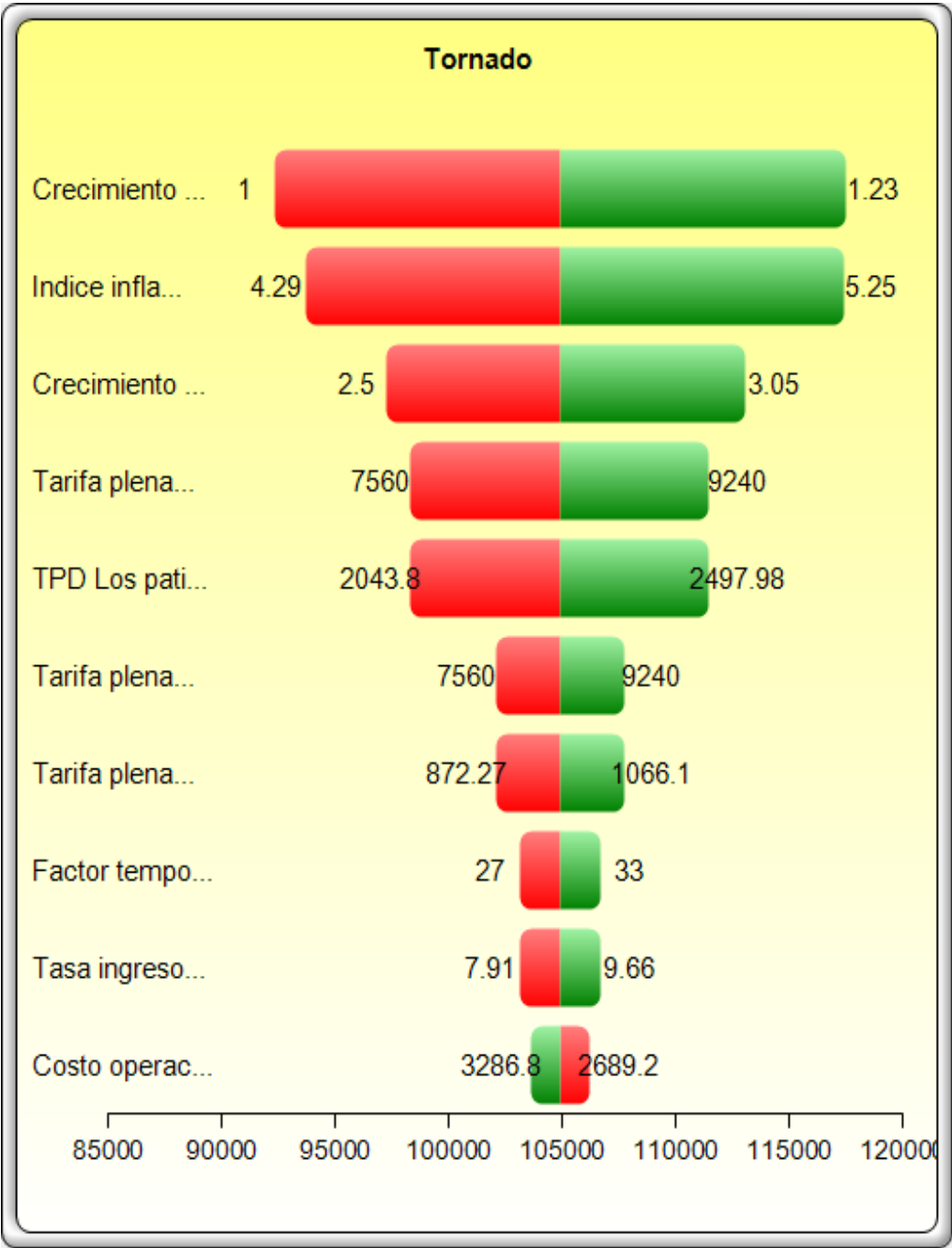
Para el caso de los saldos anuales después de los ingresos finales se tienen unos aspectos importantes también a evaluar, dentro de estos se encuentra el índice de inflación que podría presentar el país en el transcurso del año que influye de forma importante pues al presentarse una inflación habrá una reducción de ingresos, también se encuentra el crecimiento de tránsito pues sin duda alguna esto puede afectar el buen desarrollo de los ingresos al presentarse situaciones donde se disminuya significativamente el tránsito de los peajes y el uso de la concesión en-. Así entonces es importante identificar de qué manera estos factores pueden afectar a los ingresos finales para la concesión.

Ilustración 35 Grafico tipo araña sensibilidad saldos anuales después de ingresos finales.



Para el grafico de tornado se evidencia cuáles son los rangos en que cada uno de estos ítems puede afectar los ingresos finales se observa que el crecimiento súbito podría tener una variación de 1 es decir mantenerse normal que no se presente la situación súbita o por el contrario el óptimo que presente una variación hasta el 1.3 lo que permitiría que se dé una situación que incremente el crecimiento de tránsito de la concesión por lo tanto incrementarían los ingresos. Otro factor importante para tener en cuenta es la tarifa plena que se puede tener en los peajes y la inflación, se conoce que un incremento en la inflación reduce los ingresos finales que se podrían tener del proyecto, pero adicionalmente se conoce que la inflación también permite el incremento de los valores del peaje, por lo tanto, es importante evidenciar de qué forma esa inflación interfiere tanto en los ingresos como en el costo de los peajes.

Ilustración 36 Grafico tipo tornado sensibilidad saldos anuales después de ingresos finales.



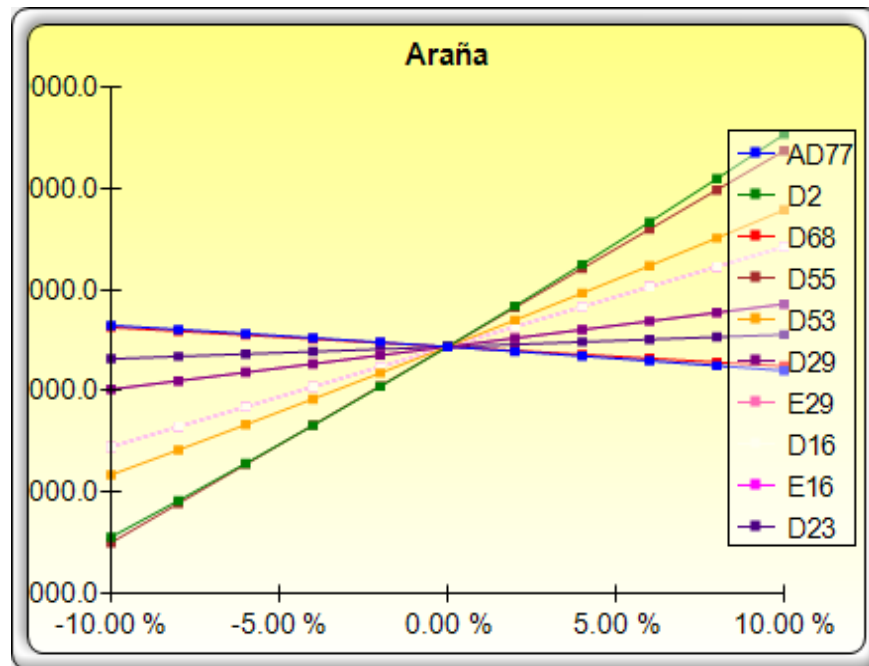
Por último, se hace un análisis de los saldos después de crédito e inversión donde como base se tendrán los ingresos y egresos operativos buscando identificar cual es el parámetro de ganancia real posterior a la ejecución del proyecto bajo todas sus especificaciones pactadas dentro de las cláusulas contractuales iniciales. Arrojando como resultado la decisión de saber si el proyecto si es viable desarrollarlo o por el contrario no es una buena opción de inversión y ejecución.

Tabla 14 Datos de entrada sensibilidad saldos después de crédito e inversión.

Celda Precedente	Valor Base: 87181.622			Cambio de Ingreso		
	Resultado Inferior	Resultado Superior	Rango de Efectividad	Ingreso Inferior	Ingreso Superior	Valor Caso Base
D2: Índice inflación/anual (%)	77780.635	97668.221	19887.59	4.29	5.25	4.77
D55: Crecimiento súbito al terminar la construcción	77505.392	96857.854	19352.46	1.00	1.23	1.11
D53: Crecimiento tránsito (%)	80852.98	93934.256	13081.28	2.50	3.05	2.78
E16: Tarifa plena Cat 1 Los patios	82245.089	92118.157	9873.07	\$ 7,560	\$ 9,240	\$ 8,400
D16: TPD Cat 1 los patios	82245.089	92118.157	9873.07	2043.80	2497.98	2270.89
E29: Tarifa plena cat 1 la cabaña	85074.772	89288.474	4213.70	\$ 7,560	\$ 9,240	\$ 8,400
D29: TPD Cat 1 la cabaña	85074.772	89288.474	4213.70	872	1,066	969
AD77: Total periodos anuales	88235.334	85997.701	2237.63	22.50	27.50	25.00
D68: Costos operación, Mantenimiento, administración etapa construcción	88139.692	86223.554	1916.14	\$ 2,689.20	\$ 3,286.80	\$ 2,988
D23: TPD Cat IE los patios	86583.762	87779.484	1195.72	473	578	525

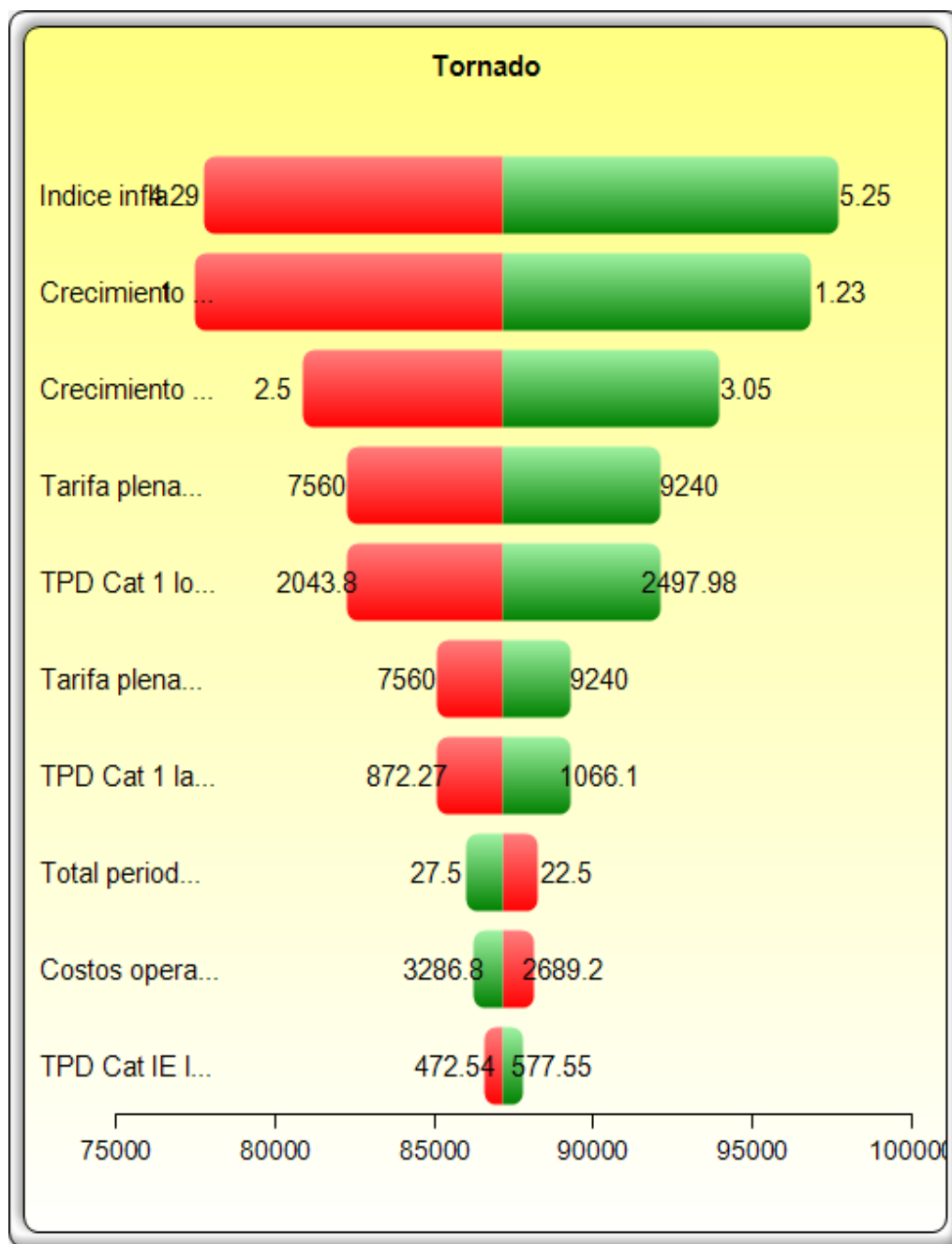
Para este análisis de sensibilidad se evidencia que el rango de efectividad de las variables incidentes oscila entre mil millones hasta 19 mil millones, dentro de las principales variables de incidencia se puede encontrar el índice de inflación anual con un valor base para la simulación de 4.77% pero se pueden esperar valores desde 4.25% hasta 5.25%, el cual puede llegar a aumentar el saldo después de los créditos e inversiones hasta 97 mil millones o disminuirlo hasta 77 mil millones, para la variable de crecimiento súbito se establece un valor base de modelación de 1.11%, con valores esperados desde 1% hasta 1.23% con un rango de efectividad similar al anterior, por último para el crecimiento de tránsito se esperan valores entre 2.50% hasta 3.0%, pero el valor base asumido en la modelación es de 2.78%, su rango de efectividad es de 13 mil millones con respecto a los saldos después de los créditos e inversiones.

Ilustración 37 Grafico tipo araña sensibilidad saldos después de créditos e inversión.



Para el análisis de la gráfica tipo tornado podemos evidenciar, que las variables índice de inflación, crecimiento súbito al terminar la construcción, el porcentaje de crecimiento de tránsito, el TPD y las tarifas de en los peajes son directamente proporcionales al valor de los saldos después de los créditos e inversión, por lo cual al aumentar sus valores también aumentaría el valor de los saldos, por otro lado para los costos de operación, mantenimiento y administración en la etapa de construcción manejan un comportamiento diferente ya que al aumentar su valor, los saldos disminuyen.

Ilustración 38 Grafico tipo tornado sensibilidad saldos después de créditos e inversión.



13 METODOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS Y TOMA DE DECISIONES BAJO INCERTIDUMBRE

Como ingenieros civiles será importante tener en cuenta cada uno de los parámetros a desarrollar para completar un proyecto de ingeniería civil, adicional lo que se busca día a día y a través de este trabajo es que se logren tener proyectos más precisos, con unos altos estándares de calidad y con cumplimientos contractuales sin modificación desde las condiciones iniciales, por esa razón será importante tal cual como se hizo con el proyecto de la perimetral del oriente de Cundinamarca, Reconocer aquellos parámetros que por alguna razón, sea por la parte técnica, económica o variables externas pueden presentar una mayor varianza durante la ejecución del proyecto buscando así evidenciar cuales son las de mayor impacto para que en un listado de mayor a menor impacto se logren intervenir brindando las posibles soluciones a estas variables. Por esta razón y buscando agilidad y precisión en actividades, presupuestos y plazos de ejecución. Sin limitar estas herramientas a estas actividades si no buscando siempre que se logren implementar a la mayor cantidad de % de las actividades y situaciones que se presenten en un proyecto de ingeniería civil.

Dando continuidad a lo descrito se entra a revisar la ayuda tecnológica y programable Risk Simulator con la simulación de Montecarlo; la cual deberá ser manipulada por la persona idónea y correcta la cual se encargara de plantear el modelo dentro del programa, plasmando aquellas variables ya identificadas que causaran incertidumbre dentro del proyecto, para posteriormente enlazar estas variables con los parámetros probabilísticas y las diferentes distribuciones continuas o discretas que se encuentran en el programa, este es un paso fundamental para obtener resultados claros y acertados pues es de esta forma en que se evidencias los diferentes resultados que se pueden obtener los cuales tendrán una relación directa con el proyecto en su programación y desarrollo.

Dentro de las variables que se pueden encontrar y variar al ingresar al Excel pueden ser el total de ingresos operativos, saldos operacionales, TIR del proyecto, saldos que se pueden obtener después de créditos e inversiones y muchas otras que a través del tiempo y según los parámetros en que se encuentren pueden variar de manera significativa dentro del proyecto de ingeniería civil.

Luego de enlazar e identificar los diferentes parámetros lo siguiente será correr el programa lo que permitirá evidenciar a través de números, graficas, parámetros mínimos o máximos, proyecciones o buscando aquellos resultados que la persona idónea haya propuesto y posteriormente en esta fase se tomaran los resultados analizando de que forman pueden variar

Por último, se dará el manejo de la información arrojada llevando estos a la dirección del proyecto buscando así tomar las mejores decisiones, la mejor disponibilidad y desarrollo al proyecto de ingeniería civil analizando acertadamente los resultados arrojados y brindando una aplicación correcta de las variables presentadas para no encontrar variaciones dentro del contrato o las condiciones iniciales.

14 CONCLUSIONES

Una buena elaboración del cronograma y el presupuesto en los proyectos de ingeniería civil permite conocer de manera clara el alcance de este y junto con esto controlar el cumplimiento de los entregables en el tiempo definido de manera previa, también se garantiza el buen uso de los recursos económicos con la finalidad de no generar gastos innecesarios.

Es de suma importancia poder identificar de manera correcta cuales son las fuentes de incertidumbre que pueden afectar el cumplimiento del proyecto en el tiempo definido o que pueden generar un sobre costo en el mismo, para así evitarlas o buscar controlarlas garantizando un óptimo desarrollo del proyecto.

Es de suma importancia siempre identificar aquellas variables que representan una incertidumbre dentro de los proyectos de ingeniería por tal razón es un paso fundamental por realizar pues activara un plan de acción y permitirá que se ejecuten nuevos parámetros dentro del proyecto para evitar así que se puedan dar pérdidas o poner en riesgo el desarrollo y ejecución del proyecto.

Al momento de asignar una distribución probabilística a cada una de las variables es importante utilizar parámetros de entrada certeros los cuales se obtuvieron mediante el análisis de datos históricos lo cual permite garantizar que su comportamiento se asemeja a la realidad.

Los parámetros de entrada para las distribuciones probabilísticas de las variables se evaluaron con respecto al comportamiento de estas a lo largo del tiempo, permitiendo así conocer el valor mínimo, el más probable y el valor máximo que se ha presentado para cada una de ellas y junto con esto en otros casos, la media y la desviación estándar

Por medio de la simulación de Montecarlo se logró evidenciar y ejecutar de qué manera correcta un proyecto de ingeniería civil buscando así identificar cuáles son las variables que pueden afectar un proyecto como una concesión vial con un plazo de ejecución de 25 años de ejecución y con un presupuesto billonario y obtener como resultado que si es viable desarrollar una obra como estas y si será rentable con todas las retribuciones económicas que este trae después de diferentes parámetros de inversión y amortización.

Se desarrollo un análisis de sensibilidad claro y conciso como una herramienta importante para la simulación pues esta permite evidenciar el comportamiento de los diferentes parámetros que presento el proyecto de ingeniería civil por medio de la incidencia que estos tienen para el valor de cada uno de los indicadores que se deseen analizar durante el periodo de planeación

Luego de realizar el ejercicio con la concesión vial oriente de Cundinamarca se propone una metodología a implementar dentro de los futuros proyectos de ingeniera buscando aportar a esta profesión ayudas que permitan altos estándares de calidad a nivel nacional e internacional y siempre brindando un bienestar conjunto al suplir necesidades conjuntas.

15 RECOMENDACIONES

Actualmente la ingeniería civil cuenta con cambios constantes los cuales siempre buscan tener un mejoramiento continuo, sin duda alguna esta profesión se convirtió en una de las profesiones más importante al suplir necesidades puntuales que como seres humanos se requieren, por esta razón es importante seguir incursionando en temas similares a las incertidumbres frente a las diferentes variables de proyectos de ingeniería civil, pues es claro que nuestro país presenta una deficiencia en el cumplimiento de pactos iniciales y por el contrario se tiene un alto porcentaje de proyectos que se modifican frente a costos y programaciones de obra.

Así entonces es de gran valor que junto a herramientas tecnológicas como Risk Simulator y programas afines se implementen más medidas que aporten a la ingeniería civil parámetros y controles que permitan etapas más productivas, y óptimas. Sin duda alguna esto permitirá ganancias financieras y disminución de tiempos de ejecución, factores que son importantes a la hora de analizar y proponer proyectos; pues al final son estos parámetros los que permiten definir en cuales proyectos se debe incursionar y desarrollar de una manera clara.

BIBLIOGRAFÍA

DNP, D. (2014). *Documento guía del módulo de capacitación en teoría de proyectos*. Departamento nacional de planeacion.

https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Inversiones%20y%20finanzas%20pblicas/MGA_WEB/Documento%20Base%20Modulo%20Teoria%20de%20Proyectos.pdf

Gomez, H., & Orobio, A. (2015). *Efectos de la incertidumbre en la programación de proyectos de construcción de carreteras*.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532015000500020

Jacinto Mamani, D. (2019). *Risk Simulator en la evaluación de la rentabilidad económica-financiera en la empresa minera Winchusmayo E.I.R.L.*

Universidad Nacional del Altiplano.

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12459>

Mun, J. (2006). *Modeling risk: Applying Monte Carlo simulation, real options analysis, forecasting, and optimization techniques*. John Wiley & Sons.

Mun, J. (2012a). *SIMULADOR DE RIESGO. Manual de usuario en Español*. Real Options Valuation, Inc.

Mun, J. (2012b). *Simulador de Riesgo: Manual de Usuario (Spanish Edition)*. Real Options Valuation, Inc.

Perdomo, N. R. C. (2006). *MODELO DE ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRES DE RIESGO EN COSTOS Y DURACIONES EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL*. 94.

Project Management Institute (Ed.). (2016a). *Construction extension to the PMBOK guide*. Project Management Institute, Inc.

Project Management Institute (Ed.). (2016b). *Construction extension to the PMBOK guide*. Project Management Institute, Inc.

Project Management Institute. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos: (Guía del PMBOK)*.

Project Management Institute. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos: (Guía del PMBOK)*.

Rivera, V. (2015). *Programacion, planificacion y control de obras de infraestructura civil en la republica de Guatemala*.

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/3615/1/V%C3%ADctor%20Manuel%20Rivera%20Esteban.pdf>

Rodríguez Castillejo, W. (2013). *Gerencia de construcción y del tiempo - costo: Programación y control de obras*. <http://www.ebooks7-24.com/?il=1856>

Saez, E. (2004). *Fundamentos de Investigacion de Operaciones CPM y PERT*.

<https://www.rua.unam.mx/portal/recursos/ficha/7113/fundamentos-de-investigacion-de-operaciones-cpm-y-pert>

Sánchez Silva, M., Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, &

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. (2010). *Introducción a la confiabilidad y evaluación de riesgos: Teoría y aplicaciones en ingeniería*.

Uniandes.

Słowiński, R., & Hapke, M. (Eds.). (2000). *Scheduling under fuzziness*. Physica-Verlag.

Software, I. (2013). *Método de Ruta Crítica | Ingeniería de Software*.

<https://swescom.wordpress.com/tecnicas-de-planificacion-de-proyectos/metodo-de-ruta-critica/>

**ANEXO 1. CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO Y
OBRAS COMPLEMENTARIAS, EN EL BARRIO EL EDÉN DEL MUNICIPIO DE
VALLEDUPAR, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

	GOBERNACION DEL CESAR
	PRESUPUESTO DE OBRA
	CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN CONCRETO RIGIDO Y OBRAS COMPLEMENTARIAS, EN EL BARRIO EL EDEN DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR, DEPARTAMENTO DEL CESAR

1. MUNICIPIO DE VALLEDUPAR						
ITEM	ESPECIF TECNICA	ACTIVIDAD	UND	CANT	V/UNIT	V/PARCIAL
COMPONENTE A - VIAS						
1		PRELIMINARES				\$ 7.578.258,00
1,1		LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO TOPOGRAFICO	M2	3.636,40	\$ 2.084	\$ 7.578.258,00
2		EXCAVACIONES				\$ 33.467.112,00
2,1	210-07 INV	EXCAVACION MECANICA, SIN CLASIFICAR DE LA EXPLANACIÓN. NO INCLUYE RETIRO	M3	1.779,60	\$ 16.452	\$ 29.277.979,00
2,2	310-07 INV	CONFORMACION DE CALZADA EXISTENTE	M2	3.636,40	\$ 1.152	\$ 4.189.133,00
3		RELLENOS Y BASES				\$ 129.174.522,00
3,1	300-07 INV/ 320-07 INV	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SUB-BASE GRANULAR, NORMA INVIAS ART 320-13	M3	526,16	\$ 86.899	\$ 45.722.778,00
3,2	300-07 INV/ 330-07 INV	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BASE GRANULAR, NORMA INVIAS ART 330-13	M3	727,28	\$ 114.745	\$ 83.451.744,00
4		CONCRETOS				\$ 601.775.989,00
4,1	500-07 INV	"CONCRETO MR 4,2 Mpa, e=0,20 m INCLUYE ANCHO DE CALZADA Y 0,30 m DE ANCHO DE BORDILLOS ADYACENTES, MICROTEXTURIZADO Y MACROTTEXTURIZADO CURADO CON ANTISOL ROJO". NORMA INVIAS ART 500-07	M2	2.630,80	\$ 152.289	\$ 400.641.901,00
4,2	672-07 INV	BORDILLOS DE 0.15m X 0.20m CONCRETO 3.000 PSI-INCLUYE ACERO DE REFUERZO	ML	838,00	\$ 47.553	\$ 39.849.414,00
4,3	672-07 INV	BORDILLO DE CONFINAMIENTO EXTERNO ZONA PEATONAL DE 0.15 MT Y H= 0.30 MT	ML	1.676,00	\$ 48.590	\$ 81.436.840,00
4,4	630-07 INV	CONSTRUCCIÓN DE ANDEN DE ESPESOR DE 0,10m EN CONCRETO DE 3000 PSI, INCLUYE MALLA ELECTROSOLDADA	M2	754,20	\$ 61.298	\$ 46.230.952,00
4,5		RAMPA ESTRIADA EN CONCRETO DE 3000 PSI PARA ENTRADAS PEATONALES Y VADOS	M2	44,00	\$ 51.701	\$ 2.274.844,00
4,6		BALDOSA TOPEROL O GUIA, CUADRATICA DE 20X20 COLOR AMARILLO CEMENTO TIPO IDU PEATONAL EXP. 06 MT JUNTA PERDIDA, CON MORTERO DE PEGA 1:4 DE BASE ESP. 0.04	ML	838,00	\$ 37.401	\$ 31.342.038,00
5		ACEROS				\$ 78.452.067,00
5,1	500-07 INV	CANASTAS PASAJUNTAS EN JUNTAS TRANSVERSALES, SEGÚN DISEÑO PARA CONCRETO MR 4,2 Mpa, e=0,20 m	ML	964,63	\$ 15.854	\$ 15.293.244,00
5,2	500.2.2 INV	ACERO. PASADORES O BARRAS PASAJUNTAS, BARRAS DE AMARRE Y REFUERZO EN LOSAS	KG	4.226,25	\$ 7.900	\$ 33.386.405,00
5,3	500-07 INV	JUNTA DE DILATACION SELLO DE POLIURETANO ELASTOMERICO DE ALTO DESEMPEÑO Y CORDON DE ESPUMA PARA FONDO DE JUNTA Ø10MM-INCL. CORTE	ML	2.023,27	\$ 14.715	\$ 29.772.418,00
6		TRANSPORTES				\$ 12.781.977,00
6,1	900-07 INV	TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTE EXCAVACIONES	M3-KM	11.567,40	\$ 1.105	\$ 12.781.977,00
7		PAISAJISMO Y SEÑALIZACION				\$ 21.194.184,00
7,1		RELLENO DE CON MATERIAL ORGANICO (Antejardín, Boulevard, etc), esp prom 0.20 mt	M3	167,60	\$ 37.099	\$ 6.217.792,00
7,2		SIEMBRA DE GRAMA ZONA ANTEJARDIN Y BOULEVAR	M2	838,00	\$ 14.214	\$ 11.911.332,00
7,3	710.07 INV	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SEÑALES VERTICALES DE TRÁNSITO. SEGÚN NORMAS Y ESPECIFICACIONES DE MINISTERIO DE VÍAS Y TRANSPORTE. TAMAÑO 75cm. INCLUYE PARALES, AVISO, Y ANCLAJES, PREVIA APROBACIÓN POR PARTE DE LA INTERVENTORÍA.	UND	10,00	\$ 306.506	\$ 3.065.060,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS COMPONENTE A						\$ 884.424.109,00

TOTAL COSTOS DIRECTOS	\$ 884.424.109,00
------------------------------	--------------------------

COSTOS INDIRECTOS			
A. ADMINISTRACION	23,0%		\$ 203.417.545,00
I. IMPREVISTOS	2,0%		\$ 17.688.482,00
U. UTILIDAD	5,0%		\$ 44.221.205,00

	GOBERNACION DEL CESAR
	PRESUPUESTO DE OBRA
	CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN CONCRETO RIGIDO Y OBRAS COMPLEMENTARIAS, EN EL BARRIO EL EDEN DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR, DEPARTAMENTO DEL CESAR

TOTAL COSTOS INDIRECTOS	\$ 265.327.232,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS	\$ 1.149.751.341,00
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA)	\$ 9.985.111,06
PLAN DE MANEJO DE TRANSITO (PMT)	\$ 9.440.815,00
IMPLEMENTACION CONTROL BIOSEGURIDAD CONTRA COVID 19 "PAPSO"	\$ 7.548.932,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS OBRA	\$ 1.176.726.199

DATOS GENERALES

TOTAL COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS	\$ 1.176.726.199
------------------------------------	------------------

TOTAL COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS	\$ 1.176.726.199
TOTAL COSTO DEL PROYECTO	\$ 1.176.726.199

**ANEXO 2. CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN Y OBRAS
COMPLEMENTARIAS EN EL BARRIO SAN MATEO, SECTOR TAPARAL,
ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE SEGOVIA – ANTIOQUIA**

FORMULARIO 1
PRESUPUESTO OFICIAL

[La entidad puede utilizar este formulario de detalle del presupuesto oficial para determinar las condiciones bajo las cuales los proponentes analizarán y presentarán su propuesta económica de forma detallada, sin perjuicio que la entidad pueda modificarlo o establecer la presentación de la oferta económica con un formulario distinto al indicado.]

Adicionalmente, cuando el proceso de contratación es estructurado por precios unitarios, la Entidad debe aplicar las notas 1, 2 y 3 del presente formulario y las casillas de "Descripción", "Porcentaje" de la Administración, Imprevisto, Utilidad y total A.I.U. resaltadas en color amarillo. Tratándose de otras modalidades de precio, la Entidad puede o no configurar los mismos aspectos.

PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCION DE MURO DE CONTENCIÓN Y OBRAS COMPLEMENTARIAS EN EL BARRIO SAN MATEO, SECTOR TAPARAL, ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE SEGOVIA - ANTIOQUIA

No.	ÍTEM DE PAGO	ESPECIFICACIONES		DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
		General	Particular					
1		OBRAS PRELIMINARES						
1,1				Localización y Replanteo	día	7,00	\$ 649.700,00	\$ 4.547.900,00
1,2				Construcción de campamento provisional en estructura de madera común, revestido con teleras y teja de zinc. Incluye espacio para oficinas, almacén, casino de trabajadores y unidades sanitarias. Incluye losa de piso en 14MPa con espesor mínimo de 5cm, salidas sanitarias, de abasto y eléctricas según sea necesario.	gl	1,00	\$ 4.746.700,00	\$ 4.746.700,00
1,3				DESCAPOTE A MANO. Incluye el desenraice si es necesario. Medido en sitio.	m2	147,00	\$ 8.740,00	\$ 1.284.780,00
1,4				Instalación de CERRAMIENTO PROVISIONAL en polisombra naranja con una altura de 2,1 m, y estructura en larguero común, concreto de 17.5 Mpa para fijación de estructura en madera común. Incluye suministro, transporte, instalación y desmonte de la tela, excavación manual en cualquier material.	m	40,00	\$ 12.400,00	\$ 496.000,00
2		MOVIMIENTO DE TIERRA						
2,1				EXCAVACIÓN de 0,00 a 2,00m PARA PILAS con diámetro exterior de 1,20m., en material heterogéneo, con piedras de hasta 0.05 m³. Incluye anillos de revestimiento en concreto de 21 MPa. con espesor de 10 cm, pozo piloto de bombeo, formaleta en madera común, molinete, motobomba, extracción del material de la pila y acarreo interno de materiales hasta la parte superior de la vía donde pueda ser almacenado en caso de ser apto para llenos, cargue, transporte y botada del material proveniente de la excavación en botaderos oficiales o donde lo indique la interventoría y todo lo necesario para su correcta construcción. su medida será en sitio.	m	18,00	\$ 485.600,00	\$ 8.740.800,00
2,2				EXCAVACIÓN de 2,00 a 4,00m PARA PILAS con diámetro exterior de 1,20m., en material heterogéneo, con piedras de hasta 0.05 m³. Incluye anillos de revestimiento en concreto de 21 MPa. con espesor de 10 cm, pozo piloto de bombeo, formaleta en madera común, molinete, motobomba, extracción del material de la pila y acarreo interno de materiales hasta la parte superior de la vía donde pueda ser almacenado en caso de ser apto para llenos, cargue, transporte y botada del material proveniente de la excavación en botaderos oficiales o donde lo indique la interventoría y todo lo necesario para su correcta construcción. su medida será en sitio.	m	18,00	\$ 535.800,00	\$ 9.644.400,00
2,3				EXCAVACIÓN de 4,00 a 6,00m PARA PILAS con diámetro exterior de 1,20m., en material heterogéneo, con piedras de hasta 0.05 m³. Incluye anillos de revestimiento en concreto de 21 MPa. con espesor de 10 cm, pozo piloto de bombeo, formaleta en madera común, molinete, motobomba, extracción del material de la pila y acarreo interno de materiales hasta la parte superior de la vía donde pueda ser almacenado en caso de ser apto para llenos, cargue, transporte y botada del material proveniente de la excavación en botaderos oficiales o donde lo indique la interventoría y todo lo necesario para su correcta construcción. su medida será en sitio.	m	18,00	\$ 600.600,00	\$ 10.810.800,00
2,4				EXCAVACIÓN de 6,00 a 8,00m PARA PILAS con diámetro exterior de 1,20m. En material heterogéneo, con piedras de hasta 0.05 m³. Incluye anillos de revestimiento en concreto de 21 MPa. con espesor de 10 cm, pozo piloto de bombeo, formaleta en madera común, molinete, motobomba, extracción del material de la pila y acarreo interno de materiales hasta la parte superior de la vía donde pueda ser almacenado en caso de ser apto para llenos, cargue, transporte y botada del material proveniente de la excavación en botaderos oficiales o donde lo indique la interventoría y todo lo necesario para su correcta construcción. su medida será en sitio.	m	9,00	\$ 680.250,00	\$ 6.122.250,00
2,5				EXCAVACIÓN PARA PATA DE ELEFANTE de con diámetro exterior de 1,50m PROFUNDIDAD DE 1m. En material heterogéneo, con piedras de hasta 0.05 m³. Incluye concreto para losa de nivelación de e=0.20 m en concreto de 21 MPa. Incluye molinete, motobomba, extracción del material de la pila y acarreo interno de materiales hasta la parte superior de la vía donde pueda ser almacenado en caso de ser apto para llenos, cargue, transporte y botada del material proveniente de la excavación en botaderos oficiales o donde lo indique la interventoría y todo lo necesario para su correcta construcción. su medida será en sitio.	m3	13,85	\$ 770.450,00	\$ 10.674.166,00
2,6				Retiro de sobrantes. Incluye transporte interno, hasta 150 metros.	m3	68,00	\$ 35.200,00	\$ 2.393.600,00
3		DEMOLICIONES						

**FORMULARIO 1
PRESUPUESTO OFICIAL**

[La entidad puede utilizar este formulario de detalle del presupuesto oficial para determinar las condiciones bajo las cuales los proponentes analizarán y presentarán su propuesta económica de forma detallada, sin perjuicio que la entidad pueda modificarlo o establecer la presentación de la oferta económica con un formulario distinto al indicado.]

Adicionalmente, cuando el proceso de contratación es estructurado por precios unitarios, la Entidad debe aplicar las notas 1, 2 y 3 del presente formulario y las casillas de "Descripción", "Porcentaje" de la Administración, Imprevisto, Utilidad y total A.I.U. resaltadas en color amarillo. Tratándose de otras modalidades de precio, la Entidad puede o no configurar los mismos aspectos.

PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCION DE MURO DE CONTENCIÓN Y OBRAS COMPLEMENTARIAS EN EL BARRIO SAN MATEO, SECTOR TAPARAL, ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE SEGOVIA - ANTIOQUIA

No.	ÍTEM DE PAGO	ESPECIFICACIONES		DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
		General	Particular					
3,1				DEMOLICIÓN DE ROCA CON CEMENTO DEMOLEDOR NO EXPLOSIVO TIPO CRASH O EQUIVALENTE. Con diámetro de perforación de 30mm. Incluye cemento demolidor a una dosificación de 8kg x M3, desembombe, incluye transporte interno hasta el sitio de cargue y los permisos ante las entidades correspondientes para su utilización, se pagara como roca compacta, se deben seguir las recomendaciones del productor y garantizar la aplicación con personal autorizado, su medida será en sitio	m3	4,00	\$ 388.700,00	\$ 1.554.800,00
3,2				DEMOLICIÓN DE LECHADA de pilas. Actividad necesaria previa al armado de la viga. Los concretos de ajuste hasta el nivel inferior de la VIGA CABEZAL serán vaciados junto con el vaciado de la misma (VIGA CABEZAL). Incluye el cargue interno, almacenamiento temporal y retiro hasta los sitios donde indique la interventoría.	m3	6,10	\$ 255.200,00	\$ 1.557.230,00
4		ACERO DE REFUERZO						
4,1				Suministro y colocación de acero figurado para PILAS de todo diametro. Incluye figuración al interior de la pila de ser necesario.	Kg	14.901,00	\$ 9.525,00	\$ 141.932.025,00
4,2				Suministro y colocación de acero figurado para VIGA CABEZAL de todo diametro. Incluye figuración al interior de la pila de ser necesario.	kg	1.875,00	\$ 8.575,00	\$ 16.078.125,00
4,3				Suministro y colocación de MALLAS ELECTROSOLDADAS D-188 para PANTALLAS ENTRE PILAS. Incluye corte, anclaje de bastones a las PILAS, epoxico de resistencia estructural.	m2	39,60	\$ 22.360,00	\$ 885.456,00
5		CONCRETOS						
5,1				Suministro, transporte y colocación de CONCRETO PARA PILAS (EMPOTRADAS) de 28 Mpa. Los anillos son pagados en la actividad de excavación. Esta actividad incluye la preparación, transporte interno y vaciado mediante canoa o ducto hasta cada pila. El acero es pagado en su ítem respectivo.	m3	81,43	\$ 845.400,00	\$ 68.840.922,00
5,2				Suministro, transporte y colocación de CONCRETO PARA PILAS (EN VOLADIZO) de 28 Mpa. Incluye formaleta metálica con aplicación de desmoldante. Esta actividad incluye la preparación, transporte interno y vaciado mediante canoa o ducto hasta cada pila. El acero es pagado en su ítem respectivo.	m3	55,98	\$ 951.100,00	\$ 53.242.578,00
5,3				Suministro, transporte y colocación de CONCRETO PARA MUROS PANTALLA de 28 Mpa. Se incluye formaleta en madera RH de 18 mm para concreto a la vista. La actividad de obra en madera incluye la aplicación de desmoldante. El acero es pagado en su ítem respectivo.	m3	5,94	\$ 1.188.840,00	\$ 7.061.710,00
5,4				Suministro, transporte y colocación de CONCRETO PARA VIGA CABEZAL de 28 Mpa. Se incluye formaleta en madera tipo RH de 18 mm par concreto a la vista para la viga. La actividad de obra en madera. El acero es pagado en su ítem respectivo.	m3	11,87	\$ 1.188.840,00	\$ 14.111.531,00
5,5				Suministro, transporte y colocación de CONCRETO PARA CANAL ESCALONADO, MUROS LATERALES, ALETAS DE DESCOLE de 21 Mpa. Se incluye formaleta en madera común. Incluye el formateado, el vibrado, curado y protección de la obra. El acero es pagado en su ítem respectivo.	m3	16,10	\$ 799.820,00	\$ 12.877.102,00
5,6				Suministro, transporte y colocación de CONCRETO PARA PILOTES DE APOYO DE CANAL ESCALONADO de 21 Mpa 2 unidades por cada escalon). Se incluye formaleta en madera común. Incluye el formateado, el vibrado, curado y protección de la obra. El acero es pagado en su ítem respectivo.	m3	5,00	\$ 799.820,00	\$ 3.999.100,00
5,7				Suministro, transporte y colocación de CONCRETO de 28 Mpa PAVIMENTO RIGIDO e=23 cm. Se incluye la excavación del pilote de profundidad 1 m. Incluye el vibrado, curado y protección de la obra. El acero es pagado en su ítem respectivo.	m3	23,32	\$ 951.100,00	\$ 22.179.652,00
5,8				Suministro, transporte y colocación de CONCRETO PARA CUNETAS de 21 Mpa, espesor e=0.15 m. Se incluye formaleta en madera común. Incluye el formateado, el vibrado, curado y protección de la obra. El acero es pagado en su ítem respectivo.	m2	17,85	\$ 144.400,00	\$ 2.577.540,00
5,10				Cabezote en concreto de 210 Mpa, para canal escalonado. Incluye acero de refuerzo, formaleta, y todo lo necesario para su correcta construcción y funcionamiento.	und	1,00	\$ 4.355.623,00	\$ 4.355.623,00
5,11				Suministro, transporte y colocación de CONCRETO PARA CARCAMO de 21 Mpa, espesor e=0.15 m. Se incluye formaleta en madera común. Incluye el formateado, el vibrado, curado y protección de la obra. El acero es pagado en su ítem respectivo.	m2	17,85	\$ 144.400,00	\$ 2.577.540,00
6		FILTROS Y CONTROL DE AGUAS						

**ANEXO 3. CONSTRUCCIÓN DEL COLISEO MULTIFUNCIONAL EN EL
CENTRO DEPORTIVO OSCAR MUÑOZ OVIEDO EN EL MUNICIPIO DE
VALLEDUPAR, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

**GOBERNACION DEL CESAR
PRESUPUESTO OFICIAL**

CAP. 1 CONSTRUCCION DEL COLISEO MULTIFUNCIONAL EN EL CENTRO DEPORTIVO OSCAR MUÑOZ OVIEDO EN EL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR, DEPARTAMENTO DEL CESAR

ITEMS	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VALOR TOTAL
CAP 1.1.0	OBRAS PRELIMINARES				
CAP 1.1.01	LOCALIZACION Y REPLANTEO CON EQUIPO	M2	6,354.82	\$ 2,278.00	\$ 14,476,279.96
CAP 1.1.02	DESCAPOTE A MAQUINA EXP < O = A .20-AREAS MAYORES A 2000M2-INCL.RETIRO SOBRANTE A 2KM	M2	6,354.82	\$ 3,388.00	\$ 21,530,130.16
CAP 1.1.03	RELLENO DE MATERIAL DE PRESTAMO INCLUYE: TRANSPORTE INTERNO, NIVELACIO Y COMPACTACION	M3	6,576.54	\$ 19,711.00	\$ 129,630,179.94
				SUB-TOTAL	\$ 165,636,590.06
CAP 1.2.0	EXCAVACIONES Y RELLENOS				
CAP 1.2.01	EXCAVACION MANUAL PARA ZAPATAS	M3	1,805.65	\$ 34,994.00	\$ 63,186,916.10
CAP 1.2.02	EXCAVACION MANUAL PARA VIGAS DE CIMENTACION 0,50X0,50	ML	1,349.01	\$ 5,922.00	\$ 7,988,837.22
				SUB-TOTAL	\$ 71,175,753.32
CAP 1.3.0	ESTRUCTURAS EN CONCRETO				
CAP 1.3.01	SOLADO CONCRETO 2.500 PSI. EXP. 0.05	M3	36.11	\$ 462,965.00	\$ 16,719,055.05
CAP 1.3.02	ZAPATAS EN CONCRETO 3.000 PSI	M3	383.18	\$ 527,315.00	\$ 202,056,561.70
CAP 1.3.03	VIGAS DE CIMENTACIÓN EN CONCRETO REFORZADO DE 3.000 PSI	M3	337.25	\$ 749,102.00	\$ 252,636,522.26
CAP 1.3.04	COLUMNAS EN CONCRETO REFORZADO DE 3.000 PSI, H VARIABLE ENTRE N+ 0,00 A N+ 12,50	M3	349.72	\$ 1,110,740.00	\$ 388,447,992.80
CAP 1.3.05	VIGA AEREA EN CONCRETO 3.000 PSI.	M3	128.28	\$ 1,120,279.00	\$ 143,708,269.84
CAP 1.3.06	PORTICOS EN CONCRETO 3.000 PSI.	M3	165.25	\$ 1,147,197.00	\$ 189,568,568.27
CAP 1.3.07	COLUMNETAS Y VIGAS SOBRE MURO. CONCRETO 3.000 PSI. SECCION VARIABLE	M3	41.01	\$ 959,812.00	\$ 39,366,209.27
CAP 1.3.08	CONCRETO DE 3000 PSI PARA PLACA MACIZA DE ASIENTOS GRADERIAS	M3	1,187.84	\$ 860,382.00	\$ 1,021,995,574.12
CAP 1.3.09	ESCALERA EN CONCRETO DE 3.000 PSI	M3	48.01	\$ 1,148,765.00	\$ 55,156,521.26
CAP 1.3.10	CONCRETO DE 3.000 PSI PARA RAMPAS	M3	255.60	\$ 949,199.00	\$ 242,615,264.40
CAP 1.3.11	PLACA MACIZA EN MESONES H: 07 X .60 DE ANCHO	ML	102.50	\$ 116,005.00	\$ 11,890,512.50
				SUB-TOTAL	\$ 2,564,161,051.46
CAP 1.4.0	ACEROS DE REFUERZO				
CAP 1.4.01	ACERO DE REFUERZO PDR DE 60.000 PSI	KG	387,267.82	\$ 5,712.00	\$ 2,212,073,797.09
CAP 1.4.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE MALLA ELECTROSOLDADA 15x15cm	M2	3,293.38	\$ 14,655.00	\$ 48,264,483.90
				SUB-TOTAL	\$ 2,260,338,280.99
CAP 1.5.0	ESTRUCTURA DE SOPORTE Y CUBIERTA				
CAP 1.5.01	SUMINISTRO, FABRICACIÓN, MONTAJE Y PINTURA DE ESTRUCTURA METÁLICA PARA LA CUBIERTA Y/O LAMINA	KG	174,756.54	\$ 15,612.00	\$ 2,728,299,036.91
CAP 1.5.02	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN CUBIERTA STELL STANDING SEAM - LINEA CUBIERTA SSS - SIN TRASLAPO, CALIBRE 24, GRAFADA A 180°, ALTURA DEL FLANGE 1 1/2", COLOR AZUL EXTERIOR Y COLOR BLANCO INTERIOR, FIJACIÓN CON CLIP OCULTO.	M2	4,669.91	\$ 103,826.00	\$ 484,858,075.66
CAP 1.5.03	CIELO RASO PLANO DRYWALL 8mm, INCLUYE ESTRUCTURA DE SOPORTE EN ALUMINIO-INSTALADO Y PINTADO	M2	386.68	\$ 47,648.00	\$ 18,424,528.64
				SUB-TOTAL	\$ 3,231,581,641.21
CAP 1.6.0	MAMPOSTERIA, PAÑETE Y MUROS FALSOS				
CAP 1.6.01	MURO SENCILLO 0.15, LADRILLO COMUN .07X.11X.22 INCLUYE MORTERO 1:4	M2	1,917.38	\$ 67,126.00	\$ 128,706,117.01
CAP 1.6.02	PAÑETE ALLANADO EN MUROS 1:4 H < a 2,50 ML	M2	4,865.34	\$ 21,087.00	\$ 102,595,382.41
CAP 1.6.03	FILOS Y DILATACIONES	ML	1,385.67	\$ 5,307.00	\$ 7,353,750.69
CAP 1.6.04	MURO SECO DOBLE CARA EN SUPERBOARD DE 6 mm CON ESTRUCTURA INTERNA EN PERFIL GALVANIZADO EN C DE 0,04 x 0,089 CALIBRE 26	M2	262.48	\$ 108,964.00	\$ 28,600,870.72
CAP 1.6.05	MURO DE .15 DE ESPESOR EN BLOQUE DE CEMENTO 0.15X0.20X0.40-MORTERO DE PEGA 1.4-A LA VISTA Y RANURADO RESISTENCIA DEL BLOQUE 5,8 MPA	M2	1,030.58	\$ 77,992.00	\$ 80,376,683.39
				SUB-TOTAL	\$ 347,632,804.21
CAP 1.7.0	ACABADOS Y PINTURA				
CAP 1.7.01	ESTUCCO ACRILICO	M2	3,200.08	\$ 24,561.00	\$ 78,597,231.19
CAP 1.7.02	DILATACIONES EN ESTUCCO	ML	1,097.87	\$ 3,518.00	\$ 3,862,306.66
CAP 1.7.03	VINILO 3 MANOS, PINTURA TIPO 1 NUEVA	M2	3,200.08	\$ 16,473.00	\$ 52,714,962.32
				SUB-TOTAL	\$ 135,174,500.17
CAP 1.8.0	PISOS Y ENCHAPES				
CAP 1.8.01	PLANTILLA EN CONCRETO 3.000 PSI-EXP. 0.07 MT.	M2	932.19	\$ 43,669.00	\$ 40,707,805.11
CAP 1.8.02	MORTERO DE NIVELACION 1:4 -EXP. 0.05 MT.	M2	932.19	\$ 27,348.00	\$ 25,493,532.12
CAP 1.8.03	PISO EN CERAMICA DUOPISO DE PRIMERA CALIDAD, ALTO TRAFICO TIPO CORONA O SIMILAR.	M2	810.29	\$ 63,450.00	\$ 51,412,900.50
CAP 1.8.04	ZOCALO EN CERAMICA ALTO TRAFICO 10 CM	ML	197.85	\$ 13,110.00	\$ 2,593,813.50
CAP 1.8.05	CERAMICA EN MUROS DE PRIMERA CALIDAD, TIPO CORONA O SIMILAR.	M2	1,060.40	\$ 50,531.00	\$ 53,583,072.40
CAP 1.8.06	MESON EN GRANITO INCL. PULIDA -POR DOS CARAS	ML	102.50	\$ 87,245.00	\$ 8,942,612.50
CAP 1.8.07	PISO EN BALDOSA DE CAUCHO PARA GIMNASIO	M2	121.80	\$ 88,572.00	\$ 10,788,069.60
CAP 1.8.08	PISO EN CONCRETO ESMALTADO Y ENDURECIDO DE F'C=3.000PSI - ESPESOR = 0.10M PULIDO Y BRILLADO CON HELICOPTERO PARA LAS AREAS INTERIORES, UTILIZAR	M2	2,680.27	\$ 74,963.00	\$ 200,921,080.01
CAP 1.8.09	SUMINISTRO E INSTALACION DE MADERAMEN FIJO REF. COMPACT 45 CALIDAD PREMIUM CERTIFICACIONES FIBA 1ER NIVEL- FEDERACION INTERNACIONAL DE BALONCESTO	M2	613.11	\$ 663,895.00	\$ 407,040,663.45
CAP 1.8.10	PLANTILLA EN CONCRETO 3.000 PSI-EXP. 0.10 MT.	M2	613.11	\$ 58,534.00	\$ 35,887,780.74
				SUB-TOTAL	\$ 837,371,329.93
CAP 1.9.0	INSTALACIONES SANITARIAS Y AGUAS LLUVIAS				
CAP 1.9.01	TUBERÍA P.V.C.-S 6", INCLUYE: EXCAVACIÓN Y RELLENO, ACCESORIOS, LIMPIADOR, PEGANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	ML	1,015.99	\$ 118,475.00	\$ 120,369,415.25
CAP 1.9.02	TUBERÍA P.V.C.-S 4", INCLUYE: EXCAVACIÓN Y RELLENO, ACCESORIOS, LIMPIADOR, PEGANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	ML	414.83	\$ 51,598.00	\$ 21,404,398.34
CAP 1.9.03	TUBERÍA P.V.C.-S 2", INCLUYE: EXCAVACIÓN Y RELLENO, ACCESORIOS, LIMPIADOR, PEGANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	ML	243.56	\$ 30,692.00	\$ 7,475,343.52
CAP 1.9.04	PUNTO SANITARIO DE 4" EN PVC. INCLUYE TUBERÍA PVC SANITARIA x 4 Pulg. INCLUYE ACCESORIOS, SOLDADURA LIQUIDA PVC, LIMPIADOR REMOVEDOR PARA PVC (760 gr.).	UND	108.00	\$ 101,610.00	\$ 10,973,880.00
CAP 1.9.05	PUNTO SANITARIO DE 2" EN PVC. INCLUYE TUBERÍA PVC SANITARIA x 2 Pulg. ACCESORIOS, SOLDADURA LIQUIDA PVC, LIMPIADOR REMOVEDOR PARA PVC (760 gr.).	UND	146.00	\$ 63,124.00	\$ 9,216,104.00
CAP 1.9.06	TUBERÍA P.V.C.-S 3", INCLUYE: EXCAVACIÓN Y RELLENO, ACCESORIOS, LIMPIADOR, PEGANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	ML	33.49	\$ 41,973.00	\$ 1,405,675.77
CAP 1.9.07	PUNTO SANITARIO DE 3" EN PVC. INCLUYE TUBERÍA PVC SANITARIA x 3 Pulg. ACCESORIOS, SOLDADURA LIQUIDA PVC, LIMPIADOR REMOVEDOR PARA PVC (760 gr.).	UND	15.00	\$ 78,395.00	\$ 1,175,925.00
CAP 1.9.08	VALVULA DE ADMISION DE AIRE SANITARIA	UND	33.00	\$ 269,600.00	\$ 8,896,800.00

CAP 1. 9.09	TUBERÍA DE VENTILACIÓN DE 4" EN PVC, INCLUYE CODO DE 90°1/4" c x c 4 Pulg. CODO DE 32 Pulg. SOLDADURA LIQUIDA PVC, LIMPIADOR REMOVEDOR PARA PVC (760 gr.) E INCLUYE TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INS	ML	80.23	\$	47,147.00	\$	3,782,603.81
CAP 1. 9.10	CAJA DE INSPECCION DE 80X80X80cm, EN CONCRETO DE f'c=2,500PSI, INCLUYE EXCAVACION Y TAPE, TAPA Y HERRAJES E INCLUYE TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTO FUNCIONAMIENTO.	UND	11.00	\$	458,114.00	\$	5,039,254.00
CAP 1. 9.11	CAJA DE INSPECCION DE 120X120X120cm, EN CONCRETO DE f'c=2,500PSI, INCLUYE EXCAVACION Y TAPE, TAPA Y HERRAJES E INCLUYE TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTO FUNCIONAMIENTO.	UND	1.00	\$	765,392.00	\$	765,392.00
CAP 1. 9.12	TRAGANTE DE AGUAS LLUVIAS DE 6" x 4"	UND	19.00	\$	116,974.00	\$	2,222,506.00
CAP 1. 9.13	CONEXIÓN A RED ALCANTARILLADO INC. VALVULA ANTIRETORNO SANITARIA. INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN.	UND	1.00	\$	829,328.00	\$	829,328.00
CAP 1. 9.14	SUMINISTRO E INSTALACION DE SANITARIO CON FLUXOMETRO	UND	108.00	\$	1,202,719.00	\$	129,893,652.00
CAP 1. 9.15	SUMINISTRO E INSTALACION DE LAVAMANOS DE EMPOTRAR MARSELLA O SIMILAR	UND	98.00	\$	279,630.00	\$	27,403,740.00
CAP 1. 9.16	SUMINISTRO E INSTALACION DE ORINAL MEDIANO	UND	14.00	\$	495,630.00	\$	6,938,820.00
CAP 1. 9.17	REJILLA DE PISO 4" X 2"	UND	49.00	\$	53,795.00	\$	2,635,955.00
CAP 1. 9.18	BARRA DE SEGURIDAD PARA DISCAPACITADOS	UND	5.00	\$	821,315.00	\$	4,106,575.00
CAP 1. 9.19	DUCHA PRISMA ECONOMICA O SIMILAR	UND	14.00	\$	71,254.00	\$	997,556.00
					SUB-TOTAL	\$	365,532,923.69
CAP 1. 10.0	INSTALACIONES HIDRAULICAS						
CAP 1. 10.01	CONEXIÓN A TANQUES DE AGUA SUBTERRÁNEOS, INCLUYE FLOTADORA, SOLDADURA LIQUIDA PVC, LIMPIADOR REMOVEDOR PARA PVC (760 gr.), E INCLUYE TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	UND	2.00	\$	678,755.00	\$	1,357,510.00
CAP 1. 10.02	TUBERÍA DE PRESIÓN DE 4" EN PVC RDE 21, INCLUYE: ACCESORIOS, LIMPIADOR, PEGANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	ML	12.94	\$	144,515.00	\$	1,870,024.10
CAP 1. 10.03	TUBERÍA DE PRESIÓN DE 3" EN PVC RDE 21, INCLUYE: ACCESORIOS, LIMPIADOR, PEGANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	ML	147.88	\$	104,038.00	\$	15,385,139.44
CAP 1. 10.04	TUBERÍA DE PRESIÓN DE 2" EN PVC RDE 21, INCLUYE: ACCESORIOS, LIMPIADOR, PEGANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	ML	176.13	\$	46,948.00	\$	8,268,951.24
CAP 1. 10.05	TUBERÍA DE PRESIÓN DE 1-1/2" EN PVC RDE 21, INCLUYE: ACCESORIOS, LIMPIADOR, PEGANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	ML	584.24	\$	39,284.00	\$	22,951,284.16
CAP 1. 10.06	TUBERÍA DE PRESIÓN DE 1" EN PVC RDE 13.5, INCLUYE: ACCESORIOS, LIMPIADOR, PEGANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	ML	25.90	\$	25,632.00	\$	663,868.80
CAP 1. 10.07	TUBERÍA DE PRESIÓN DE 1/2" EN PVC RDE 9, INCLUYE: ACCESORIOS, LIMPIADOR, PEGANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	ML	238.92	\$	17,283.00	\$	4,129,254.36
CAP 1. 10.08	REGISTRO RED WHITE 4 Pulg. O EQUIVALENTE, INCLUYE UNIVERSAL GALVANIZADA DE 4 Pulg Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	UND	3.00	\$	2,150,043.00	\$	6,450,129.00
CAP 1. 10.09	REGISTRO RED WHITE 3 Pulg. O EQUIVALENTE, INCLUYE UNIVERSAL GALVANIZADA DE 3 Pulg Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	UND	1.00	\$	1,042,559.00	\$	1,042,559.00
CAP 1. 10.10	REGISTRO RED WHITE 2 Pulg. O EQUIVALENTE, INCLUYE UNIVERSAL GALVANIZADA DE 2 Pulg Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	UND	10.00	\$	397,350.00	\$	3,973,500.00
CAP 1. 10.11	REGISTRO RED WHITE 1-1/2 Pulg. O EQUIVALENTE, INCLUYE UNIVERSAL GALVANIZADA DE 1-1/2 Pulg Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	UND	31.00	\$	270,636.00	\$	8,389,716.00
CAP 1. 10.12	REGISTRO RED WHITE 1 Pulg. O EQUIVALENTE, INCLUYE UNIVERSAL GALVANIZADA DE 1 Pulg Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	UND	3.00	\$	160,008.00	\$	480,024.00
CAP 1. 10.13	PUNTO HIDRAULICO 1", INCLUYE: ACCESORIOS, LIMPIADOR, PEGANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	UND	108.00	\$	93,736.00	\$	10,123,488.00
CAP 1. 10.14	PUNTO HIDRAULICO 1/2", INCLUYE: ACCESORIOS, LIMPIADOR, PEGANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	UND	112.00	\$	54,883.00	\$	6,146,896.00
CAP 1. 10.15	TUBERÍA DE 3" SCH 10, E INCLUYE EXCAVACIÓN Y TAPE, Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.	ML	12.00	\$	131,702.00	\$	1,580,424.00
CAP 1. 10.16	CHEQUE ANTIGOLPE DE ARIETE - ø3"	UND	2.00	\$	1,018,655.00	\$	2,037,310.00
CAP 1. 10.17	NIPLE PASAMURO D=1-1/2", EN SCH 40, INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN.	UND	4.00	\$	86,500.00	\$	346,000.00
CAP 1. 10.18	NIPLE PASAMURO D=2" SCH 40, INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN.	UND	4.00	\$	133,955.00	\$	535,820.00
CAP 1. 10.19	NIPLE PASAMURO D=3" SCH 40, INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN.	UND	4.00	\$	222,148.00	\$	888,592.00
CAP 1. 10.20	NIPLE PASAMURO D=4" SCH 40, INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN.	UND	4.00	\$	341,174.00	\$	1,364,696.00
					SUB-TOTAL	\$	97,985,186.10
CAP 1. 11.0	INSTALACIONES CONTRA INCENDIO						
CAP 1. 11.01	TUBERIA SCH 40 - ø1"	ML	566.80	\$	46,337.00	\$	26,263,811.60
CAP 1. 11.02	TUBERIA SCH 10 - ø1 1/2"	ML	59.00	\$	61,299.00	\$	3,616,641.00
CAP 1. 11.03	TUBERIA SCH 10 - ø2 1/2"	ML	1.00	\$	81,692.00	\$	81,692.00
CAP 1. 11.04	TUBERIA SCH 10 - ø3"	ML	160.88	\$	108,808.00	\$	17,505,031.04
CAP 1. 11.05	TUBERIA SCH 10 - ø6"	ML	15.02	\$	199,290.00	\$	2,993,335.80
CAP 1. 11.06	TUBERIA PVC C900 - ø6"	ML	226.73	\$	366,839.00	\$	83,173,406.47
CAP 1. 11.07	ACCESORIOS ROSCADO - ø1"	UND	299.00	\$	11,620.00	\$	3,474,380.00
CAP 1. 11.08	ACCESORIOS RANURADO - ø1 1/2"	UND	101.00	\$	36,844.00	\$	3,721,244.00
CAP 1. 11.09	ACCESORIOS RANURADO - ø2 1/2"	UND	4.00	\$	54,766.00	\$	219,064.00
CAP 1. 11.10	ACCESORIOS RANURADO - ø3"	UND	320.00	\$	71,288.00	\$	22,812,160.00
CAP 1. 11.11	ACCESORIOS RANURADO - ø6"	UND	65.00	\$	101,386.00	\$	6,590,090.00
CAP 1. 11.12	ACCESORIOS PVC C900 6"	UND	17.00	\$	2,172,506.00	\$	36,932,602.00
CAP 1. 11.13	BRIDAS - ø1-1/2"	UND	4.00	\$	64,610.00	\$	258,440.00
CAP 1. 11.14	BRIDAS - ø3"	UND	2.00	\$	259,220.00	\$	518,440.00
CAP 1. 11.15	BRIDAS - ø6"	UND	8.00	\$	374,025.00	\$	2,992,200.00
CAP 1. 11.16	CHEQUE 4" UL/FM	UND	2.00	\$	1,961,542.00	\$	3,923,084.00
CAP 1. 11.17	CHEQUE 1 1/2"	UND	1.00	\$	409,815.00	\$	409,815.00
CAP 1. 11.18	VALVULA OS&Y 6" UL/FM	UND	2.00	\$	2,863,378.00	\$	5,726,756.00
CAP 1. 11.19	ESTACION DE CONTROL 6"	UND	2.00	\$	8,345,382.00	\$	16,690,764.00
CAP 1. 11.20	PUNTO DE PRUEBA, CONTROL Y DRENAJE 3"	UND	2.00	\$	4,455,345.00	\$	8,910,690.00

CAP 1. 11,21	SIAMESA 4" X 2 1/2" X 2 1/2"	UND	2.00	\$ 1,588,830.00	\$ 3,177,660.00
CAP 1. 11,22	SOPORTE SISMORESISTENTE 3"	UND	20.00	\$ 388,830.00	\$ 7,776,600.00
CAP 1. 11,23	SOPORTE SISMORESISTENTE 6"	UND	10.00	\$ 588,830.00	\$ 5,888,300.00
CAP 1. 11,24	VALVULA DESAIREADORA 1 1/2"	UND	2.00	\$ 813,064.00	\$ 1,626,128.00
CAP 1. 11,25	UNION CONCENTRICA 6"	UND	1.00	\$ 633,830.00	\$ 633,830.00
CAP 1. 11,26	UNION EXCENTRICA 6"	UND	1.00	\$ 737,380.00	\$ 737,380.00
CAP 1. 11,27	PLATINA ANTIVORTICE	UND	1.00	\$ 654,088.00	\$ 654,088.00
CAP 1. 11,28	JUNTA DE EXPANSION	UND	2.00	\$ 654,088.00	\$ 1,308,176.00
CAP 1. 11,29	PINTURA TUBERIA SCH 40 - ø1"	ML	566.80	\$ 11,943.00	\$ 6,769,292.40
CAP 1. 11,30	PINTURA TUBERIA SCH 10 - ø1. 1/2"	ML	59.00	\$ 18,895.00	\$ 1,114,805.00
CAP 1. 11,31	PINTURA TUBERIA SCH 10 - ø2 1/2"	ML	1.00	\$ 21,645.00	\$ 21,645.00
CAP 1. 11,32	PINTURA TUBERIA SCH 10 - ø3"	ML	160.88	\$ 29,570.00	\$ 4,757,221.60
CAP 1. 11,33	PINTURA TUBERIA SCH 10 - ø6"	ML	15.02	\$ 33,410.00	\$ 501,818.20
CAP 1. 11,34	EXTINGUIDOR TIPO A, B, C. O EQUIVALENTE.	UND	33.00	\$ 104,740.00	\$ 3,456,420.00
CAP 1. 11,35	GABINETES TIPO II NTC 1669	UND	4.00	\$ 1,796,102.00	\$ 7,184,408.00
CAP 1. 11,36	CONEXION BOMBEROS 2 1/2"	UND	2.00	\$ 1,843,954.00	\$ 3,687,908.00
CAP 1. 11,37	ROCIADOR K5.6, INCLUYE ESCUDO	UND	174.00	\$ 80,992.00	\$ 14,092,608.00
CAP 1. 11,38	MEDIDOR DE CAUDAL UL/FM	UND	1.00	\$ 4,892,537.00	\$ 4,892,537.00
				\$	315,094,472.11
CAP 1. 12.00	CARPINTERIA METALICA				
CAP 1. 12,01	PUERTAS LAMINA COLD ROLLED CAL. 18 CON MARCO CAL. 18, INCL. ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE, INCLUYE CERRADURA E INSTALACION.	M2	120.25	\$ 183,210.00	\$ 22,031,002.50
CAP 1. 12,02	VENTANA 744 ANOLOCK-VIDRIO BRONCE UNA NAVE FUA Y UNA CORREDIZA 5020 ANOLOCK, INCLUYE VIDRIO	M2	35.94	\$ 209,632.00	\$ 7,533,125.92
CAP 1. 12,03	SUMINISTRO E INSTALACION DE VIDRIO FUJO 6MM INCLUYE PERFILERIA EN LUMINIO DE 3"X 1 1/2" CON ADAPTADOR PROYECTANTE, PISA VIDROS PROYECTANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORECTA INSTALACION H > 5,00 M	M2	62.16	\$ 400,437.00	\$ 24,891,163.92
CAP 1. 12,04	SUMINISTRO E INSTALACION DE BARANDA CUERPO O SOPORTE EN TUBERIA GALVANIZADA DE Ø 2" CADA 1,30M + 2 TUBOS HORIZONTALES GALVANIZADO DE 2" + 2 TUBOS HORIZONTALES DE 3/4" EN TUBERIA AGUAS NEGRAS, ACABADO EN ESMALTE-H= 1.10	ML	421.97	\$ 185,098.00	\$ 78,105,803.06
CAP 1. 12,05	SUMINISTRO E INSTALACION DE PERSIANA METALICA EN LAMICA CAL 18 Y TUBERIA RECTANGULAR 3 X 1 1/2 CAL. 16 H > 5 M Y 17,5 M	M2	122.27	\$ 247,190.00	\$ 30,222,685.35
CAP 1. 12,06	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE DIVISIONES EN PANELES DE ACERO INOXIDABLE TIPO SOCODA REF.: 304 CALIBRE 20, O EQUIVALENTE, CON UNA ALTURA DE 1.80m, INCLUYE PUERTAS, PARALES, CHAPAS, BISAGRAS, EMPAQUES, PASADORES BARRAS DE 1.5"	M2	304.70	\$ 668,540.00	\$ 203,706,812.16
CAP 1. 12,07	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE DIVISIÓN PARA ORINALES EN LÁMINA DE ACERO INOXIDABLE TIPO SOCODA REF.: 304 CALIBRE 20, O EQUIVALENTE, CON DIMENSIONES 0.96x0.46m, INCLUYE FIJACIONES Y TODOS LOS ELEMENTOS REQUERIDOS PARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO	UND	12.00	\$ 368,453.00	\$ 4,421,436.00
CAP 1. 12,08	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CORTINA ENROLLABLE TIPO MALLA, CON TUBULAR DE ALUMINIO DE 3/8" Y ALMA DE ACERO DE 1/4" TOPE DE FINALES DE CARRERA, ZOCALO INFERIOR EN ANGULO DE HIERRO, CON SISTEMA DE TORSION TRADICIONAL COMPENSAD, MONTADOS SOBRE CHUMACERAS; SISTEMA DE GIRO CON VOLANTAS EN PLATINA DE 2" X 1/8" DE 22 CMS SOBRE TUBO CIRCULAR DE 2"4MM, BANDERAS LAMINA CALIBRE 3/16 A MEDIDA NECESARIA, RIELES LATERALES EN FORMA DE G EN 2MM.	M2	186.13	\$ 374,604.00	\$ 69,725,042.52
CAP 1. 12,09	SUMINISTRO E INSTALACION DE PUERTA EN ALUMINIO 0,90X2,30 INCLUYE VISOR EN VIDRIO DE 0,90X1,4 BANDA DE CAUCHO Y CERRADURA	UND	12.00	\$ 514,374.00	\$ 6,172,488.00
CAP 1. 12,10	SUMINISTRO E INSTALACION DE LAMINA MICROPERFORADA CAL. 18 INCLUYE: ESTRUCTURA METALICA DE SOPORTE, ANTICORROSIVO, ESMALTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION	M2	2,640.94	\$ 277,107.00	\$ 731,822,811.89
				\$	1,178,632,371.32
CAP 1. 13.0	OBRAS COMPLEMENTARIAS				
CAP 1. 13,01	SUMINISTRO, PLANTILLAJE, E INSTALACIÓN DE SILLAS CON ESPALDAR MS-10, BASE EN POLIPROPILENO DE ALTO IMPACTO GRADO HB DE GRAN RESISTENCIA A PRUEBAS MECÁNICAS DE ACUERDO A NORMAS INTERNACIONALES, CONTRA DIVERSOS SOLVENTES QUÍMICOS CON ORIFICIO CENTRAL PARA EL DRENAJE DE LÍQUIDOS, TODAS SUS PAREDES, INCLUYENDO EL FRENTE REDONDEADA PARA ELIMINAR CUALQUIER ZONA DE PRESIÓN EN LAS PIERNAS, UV RETARDANTE A LA FLAMA, E INSTALADA CON 3 ANCLAJES 3/8.	UND	3,062.00	\$ 46,649.00	\$ 142,839,238.00
				\$	142,839,238.00
CAP 1. 14.0	INSTALACIONES ELECTRICAS				
CAP 1. 14,01	SUMINISTRO E INSTALACION DE CELDA ENTRADA SALIDA RED MEDIA TENSION INCLUYE: -GABINETE METALICO AUTOSOPORTADO DE MEDIDAS 2,0X1,10X1,0MTS FABRICADA EN LAMINA GALVANIZADA CAL.16 CON ACABADO EN PINTURA ELECTROESTATICA RAL 70-35 CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL PARA PROTEGERLO DE LA OXIDACION (PROCESO DE LIMPIEZA, DESENGRACE Y FOSFATIZADO) PARA LOGRAR MAYOR ADHERENCIA DE LA PINTURA, INCLUYE MARQUILLA DE SEGURIDAD DE RIESGO ELECTRICO Y PLACA DE DATOS. -SECCIONADOR TRIPOLAR. - FUSIBLE DE 25 AMPERIOS. -CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO RETIE	UND	1.00	\$ 15,913,197.00	\$ 15,913,197.00
CAP 1. 14,02	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACOMETIDA SUBTERRANEA DE MEDIA TENSION EN 3No. 1/0 XLPE-15KV-4" DESDE PUNTO DE CONEXION HASTA BANCO DE TRANSFORMADORES (INCLUYE EXCAVACION, RELLENO Y COMPACTACION)	ML	75.00	\$ 249,509.00	\$ 18,713,175.00
CAP 1. 14,03	CAJA DE REGISTRO CS 276 MT Y BT DOBLE	UND	9.00	\$ 1,027,340.00	\$ 9,246,060.00
CAP 1. 14,04	SUMINISTRO E INSTALACION DE CELDA TRANSFORMADOR TIPO SECO HASTA 500 KVA. INCLUYE: -GABINETE METALICO AUTOSOPORTADO CON GRADO DE PROTECCION IP 20 DE MEDIDAS 2,0X1,80X1,50 MTS FABRICADA EN LAMINA GALVANIZADA CAL.16 CON ACABADO EN PINTURA ELECTROESTATICA RAL 70-35 CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL PARA PROTEGERLO DE LA OXIDACION (PROCESO DE LIMPIEZA, DESENGRACE Y FOSFATIZADO) PARA LOGRAR MAYOR ADHERENCIA DE LA PINTURA, INCLUYE MARQUILLA DE SEGURIDAD DE RIESGO ELECTRICO Y PLACA DE DATOS. -BARRAJE DE 100 AMP, TIERRA, FABRICADO EN PLATINA DE COBRE ELECTROLITICO Y SOPORTADO SOBRE AISLADORES TIPO BARRAJE. -CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO RETIE	UND	1.00	\$ 8,913,197.00	\$ 8,913,197.00
CAP 1. 14,05	SUMINISTRO E INSTALACION DE TRANSFORMADOR TRIFASICO 225 KVA 13200V/220V/127V TIPO SECO CLASE H INCLUYE DPS TIPO CODO	UND	1.00	\$ 31,366,479.00	\$ 31,366,479.00

CAP 1. 14,06	SUMINISTRO E INSTALACION DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA 1000 AMP TRIPOLAR 600V PRINCIPAL. INCLUYE:- GABINE METALICO AUTOSOPORTADO CON GRADO DE PROTECCION IP 44 DE MEDIDAS 2X0,80X0,40 MTS FABRICADA EN LAMINA GALVANIZADA CAL.16 CON ACABADO EN PINTURA ELECTROESTATICA RAL 70-35 CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL PARA PROTEGERLO DE LA OXIDACION (PROCESO DE LIMPIEZA, DESENGRACE Y FOSFATIZADO) PARA LOGRAR MAYOR ADHERENCIA DE LA PINTURA, CON BISAGRAS ATORNILLABLES DE APERTURA DE 180 GRADOS, CHAPAS TIPO BOMBIN CON CIERRE DE SEGURIDAD DE 3 PUNTOS. INCLUYE MARQUILLA DE SEGURIDAD DE RIESGO ELECTRICOY PLACA DE DATOS. -BARRAJE DE 1200 AMP PARA NEUTRO Y TIERRA FABICADO EN PLANTINA DE COBRE ELECTROLITICO Y SOPORTADO SOBRE AISLADORES TIPO BARRRAJE. -KIT DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA 1000 AMP CON DOS CONTACTORES EN 1000 AMP AC3 Y ENCLABAMIENTO MECANICO. -2 INTERRUPTORES MAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA IN 1000 A, IM =3600-5600 A. -MODULO PARA TRANSFERENCIA AUTOMATICA, PERMITE CONMUTACION MANUAL O AUTOMATICA DE LA CARGA. -FRENTE MUERTO METALICO EN LAMINA GALVANIZADA CAL. 16 EN ZONA DEL TOTALIZADOR. -ACRILICO DE PROTECCION. -ACRILICO DE IDENTIFICACION Y SEÑALIZACION. -ACRILICO DE IDENTIFICACION Y SEÑALIZACION EXTERNA DE LA TRANSFERENCIA. -CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO RETIE.	UND	1.00	\$ 19,646,417.00	\$ 19,646,417.00
CAP 1. 14,07	SUMINISTRO E INSTALACION DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA 400 AMPEROS TRIPOLAR 500V. INCLUYE:- GABINE METALICO AUTOSOPORTADO CON GRADO DE PROTECCION IP 44 DE MEDIDAS 2X0,80X0,40 MTS FABRICADA EN LAMINA GALVANIZADA CAL.16 CON ACABADO EN PINTURA ELECTROESTATICA RAL 70-35 CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL PARA PROTEGERLO DE LA OXIDACION (PROCESO DE LIMPIEZA, DESENGRACE Y FOSFATIZADO) PARA LOGRAR MAYOR ADHERENCIA DE LA PINTURA, CON BISAGRAS ATORNILLABLES DE APERTURA DE 180 GRADOS, CHAPAS TIPO BOMBIN CON CIERRE DE SEGURIDAD DE 3 PUNTOS. INCLUYE MARQUILLA DE SEGURIDAD DE RIESGO ELECTRICOY PLACA DE DATOS. -BARRAJE DE 400 AMP PARA NEUTRO Y TIERRA FABICADO EN PLANTINA DE COBRE ELECTROLITICO Y SOPORTADO SOBRE AISLADORES TIPO BARRRAJE. -KIT DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA 400 AMP CON DOS CONTACTORES EN 400 AMP AC3 Y ENCLABAMIENTO MECANICO. -2 INTERRUPTORES MAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA IN 400 A, IM =3600-5600 A. -MODULO PARA TRANSFERENCIA AUTOMATICA, PERMITE CONMUTACION MANUAL O AUTOMATICA DE LA CARGA. -FRENTE MUERTO METALICO EN LAMINA GALVANIZADA CAL. 16 EN ZONA DEL TOTALIZADOR. -ACRILICO DE PROTECCION. -ACRILICO DE IDENTIFICACION Y SEÑALIZACION. -ACRILICO DE IDENTIFICACION Y SEÑALIZACION EXTERNA DE LA TRANSFERENCIA. -CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO RETIE.	UND	1.00	\$ 13,286,417.00	\$ 13,286,417.00
CAP 1. 14,08	SUMINISTRO E INSTALACION DE TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION SEGÚN DIAGRAMA UNIFILAR. INCLUYE:- Gabinete metálico auto soportado con grado de protección IP 44 de medidas 2.00x1.20x0.60 metros, marca A.C. DISTRIELECTRICAS fabricado en lámina galvanizada calibre 16, con acabado en pintura electroestática color RAL 7035 con tratamiento superficial para protegerlo de la oxidación (procesos de limpieza, desengrase y fosfatizado) para lograr mayor adherencia de la pintura. Con bisagra atornillable de apertura 180°, chapa tipo bombin con cierre de tres puntos, incluye marquilla de seguridad riesgo eléctrico y placa dedatos. -Barraje de 2000 A, para 3 fases, neutro y tierra, fabricado en platinado cobre electrolítico y soportado sobre aisladores tipo barraje. -Barraje de 1000 A, para 3 fases, neutro y tierra, fabricado en platinado cobre electrolítico y soportado sobre aisladores tipo barraje. -Interruptor termomagnético en caja moldeada 3x400 A – 65 KA. - 4 Interruptores termomagnéticos en caja moldeada 3x20 A – 25 kA. - 5 Interruptor termomagnético en caja moldeada 3x30 A – 25 kA. - Interruptor termomagnético en caja moldeada 3x40 A – 25 kA. - Interruptor termomagnético en caja moldeada 3x60 A – 25 kA. - Interruptor termomagnético en caja moldeada 3x300 A – 65 kA. - Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias tipocompacto 50kA 208Y/120V 3F, Wye, 4-wire+G. Categoría C. - Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias tipo compacto 40kA 208Y/120V 3F, Wye, 4-wire+G. Categoría A. -Frente muerto metálico en lámina galvanizado calibre 16 en zona detotalizador y barraje. - acrílico de proteccion. -acrílico de identificación y señalizacion. - acrílico de identificación y señalizacion externa de la transferencia. - certificado de conformidad de producto retie.	UND	1.00	\$ 16,432,992.00	\$ 16,432,992.00
CAP 1. 14,09	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BANCO DE CONDENSADORES DE 90 Kvar. INCLUYE:-Gabinete metálico auto soportado con grado de protección IP 20 de medidas 1.80x0.80x0.40 metros, marca A.C. DISTRIELECTRICAS fabricado en lámina galvanizada calibre 16, con acabado en pintura electroestática color RAL 7035 con tratamiento superficial para protegerlo de la oxidación (procesos de limpieza, desengrase y fosfatizado) para lograr mayor adherencia de la pintura. Con bisagra atornillable de apertura 180°, chapa tipo bombin con cierre de tres puntos, incluye marquilla de seguridad riesgo eléctrico y placa dedatos. -Barraje de 327 A, para 3 fases, neutro y tierra, fabricado en platina decobre electrolítico y soportado sobre aisladores tipo barraje. -Interruptor termomagnético en caja moldeada 3x300 A – 50 KA. -Paso fijo de 10 kVAr, conformado por 1 interruptor termomagnético 40 A marca Hyundai. y 1 condensador 10 kVAr, marca Enerlux.1 Paso automático de 20 kVAr, conformado por 1 interruptor termomagnético de 70 A marca Hyundai, 1 contactor para control de condensador 52 A marca eaton y 1 condensador 20 kVAr. -Relé corrector del factor de potencia DCRL6 para monitorear la potencia reactiva de la instalación, controlando la conexión y desconexión de los pasos de condensadores en orden; para llegar almejor factor de potencia FP. -Ventilación forzada. -Extractor de aire. -Acrílicos de identificación y señalización externa de tablero. -Ensamble eléctrico y mano de obra. -Certificado de conformidad de producto Retie.	UND	1.00	\$ 24,134,153.00	\$ 24,134,153.00
CAP 1. 14,10	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACOMETIDA EN 3 No.500 MCM POR FASE + 3No.500 MCM NEUTRO CABLE COBRE THHN/THWN EN CARCAMO DE 30X50 CM	ML	8.00	\$ 2,724,113.00	\$ 21,792,904.00
CAP 1. 14,11	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACOMETIDA SUBTERRANEA EN 3 No. 300 MCM X FASE + 3No.300 MCM N+3No.1/0 T CABLE COBRE THHN/THWN EN DUCTO PVC 1X4" DESDE TCOLISEO A TRANSFERENCIA Y A PLANTA (INCLUYE EXCAVACION, RELLENO,ACCESORIOS, LIMPIADOR, PEGANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO)	ML	50.00	\$ 1,523,379.00	\$ 76,168,950.00
CAP 1. 14,12	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACOMETIDA SUBTERRANEA EN 6 No.250 MCM THWN Y 1No.1/0T THHN EN DUCTO PVC DE 4" BOMBA BCI (INCLUYE EXCAVACION, RELLENO,ACCESORIOS, LIMPIADOR, PEGANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO)	ML	107.06	\$ 698,440.00	\$ 74,773,391.98
CAP 1. 14,13	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACOMETIDA SUBTERRANEA EN 3No.1/0+1No.1/0N +1No.6T -AWG CABLE COBRE THHN/THWN. EN CONDUIT PVC 2" (INCLUYE EXCAVACION, RELLENO,ACCESORIOS, LIMPIADOR, PEGANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO)	ML	80.00	\$ 183,384.00	\$ 14,670,720.00
CAP 1. 14,14	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACOMETIDA SUBTERRANEA EN 3No.4+1No.4+1No.8T- AWG CABLE COBRE THHN/THWN EN CONDUIT PVC 2" (INCLUYE EXCAVACION, RELLENO,ACCESORIOS, LIMPIADOR, PEGANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO)	ML	310.00	\$ 97,286.00	\$ 30,158,660.00

CAP 1. 14,15	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACOMETIDA SUBTERRANEA EN 3No.6 + 1No.6+1No.8T -AWG CABLE COBRE THHN/THWN EN TUBERIA CONDUIT PVC 1-1/2" (INCLUYE EXCAVACION, RELLENO,ACCESORIOS, LIMPIADOR, PEGANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO)	ML	140.00	\$ 69,874.00	\$ 9,782,360.00
CAP 1. 14,16	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACOMETIDA SUBTERRANEA EN 3No.8+1No.8N+1No.10T -AWG CABLE COBRE THHN/THWN EN TUBERIA CONDUIT PVC 1-1/2" (INCLUYE EXCAVACION, RELLENO,ACCESORIOS, LIMPIADOR, PEGANTE Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO)	ML	120.00	\$ 53,718.00	\$ 6,446,160.00
CAP 1. 14,17	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACOMETIDA AEREA EN 2No.12 + 1No.12T THWN EN TUBERIA EMT 3/4" EN CABLE LIBRE DE HALOGENO ALTURA = 3,00 MTS	ML	300.00	\$ 49,229.00	\$ 14,768,700.00
CAP 1. 14,18	SUMINISTRO E INSTALACION DE TABLERO GENERAL DE ILUMINACION CONTROL SEGÚN DIAGRAMA UNIFILAR. INCLUYE: -Gabinete metálico auto soportado con grado de protección IP 44 de medidas 1,00X0,80X1,40 metros, fabricado en lámina galvanizada calibre 16, con acabado en pintura electrostática color RAL 7035 con tratamiento superficial para protegerlo de la oxidación (procesos de limpieza, desengrase y fosfatizado) para lograr mayor adherencia de la pintura. incluye marquilla de seguridad riesgo eléctrico y placa dedatos. -Barraje de 320 A, para 3 fases, neutro y tierra, fabricado en platina de cobre electrolítico y soportado sobre aisladores tipo barraje. -1 Interruptor termomagnético en caja moldeada 3x50 A – 25 KA. principal. - 15 Interruptores termomagnéticos en caja moldeada 2x20 A – 25 kA. - 12. contadores termomagnéticos en caja moldeada 2X30 A AC3. - Frente muerto metálico en lamina galvanizado calibre 16 en zona de totalizador y barraje. - acrílico de protección. - acrílico de identificación y señalización. - acrílico de identificación y señalización externa de la transferencia. - certificado de conformidad de producto retie.	UND	1.00	\$ 15,834,698.00	\$ 15,834,698.00
CAP 1. 14,19	SUMINISTRO E INSTALACION DE TABLERO DE 12 CIRCUITOS TRIFASICO CON LLAVE Y ESPACIO PARA TOTALIZADOR CON BARRAJE TRIFASICO DE 180 AMPERIOS, DE NEUTRO Y TIERRA CON CERRADURA Y CHAPA PLASTICA T1-T3-T4-T5-TREGU2-TREGU3	UND	6.00	\$ 587,203.00	\$ 3,523,218.00
CAP 1. 14,20	SUMINISTRO E INSTALACION TABLERO DE 18 CIRCUITOS TRIFASICO CON LLAVE Y ESPACIO PARA TOTALIZADOR CON BARRAJE TRIFASICO DE 225 AMPERIOS, DE NEUTRO Y TIERRA CON CERRADURA Y CHAPA PASTICA -TREGU	UND	1.00	\$ 840,224.00	\$ 840,224.00
CAP 1. 14,21	SUMINISTRO E INSTALACION TABLERO DE 24 CIRCUITOS TRIFASICO CON LLAVE Y ESPACIO PARA TOTALIZADOR CON BARRAJE TRIFASICO DE 225 AMPERIOS, DE NEUTRO Y TIERRA CON CERRADURA Y CHAPA DE PLASTICO - TAA1,TAA2,T2	UND	3.00	\$ 1,194,330.00	\$ 3,582,990.00
CAP 1. 14,22	SUMINISTRO E INSTALACION DE BREAKERS 1X20A ENCHUFABLE PARA LOS TABLEROS T1-T3-T4-T5-T2-TREGU2-TREGU3	UND	60.00	\$ 24,887.00	\$ 1,493,220.00
CAP 1. 14,23	SUMINISTRO E INSTALACION DE BREAKERS 2X20A-10KA-ENCHUFABLE PATA TABLETO TAA1-TAA2	UND	20.00	\$ 80,730.00	\$ 1,614,600.00
CAP 1. 14,24	SUMINISTRO E INSTALACION DE BREAKERS 3X30A TIPO INDUSTRIAL PARA TABLETO T4-T5-TAA1-TAA2-TREGU	UND	5.00	\$ 189,483.00	\$ 947,415.00
CAP 1. 14,25	SUMINISTRO E INSTALACION DE BREAKERS 3X20A TIPO INDUSTRIAL PARA TABLETO T1-T3-TREGU2-TREGU3	UND	4.00	\$ 168,693.00	\$ 674,772.00
CAP 1. 14,26	SUMINISTRO E INSTALACION DE BREAKERS 3X40A TIPO INDUSTRIAL PARA TABLETO TBOMBAS	UND	4.00	\$ 189,483.00	\$ 757,932.00
CAP 1. 14,27	SUMINISTRO E INSTALACION DE BREAKERS 3X60A TIPO INDUSTRIAL PATA TABLETO T2	UND	1.00	\$ 264,191.00	\$ 264,191.00
CAP 1. 14,28	SUMINISTRO E INSTALACION DE BREAKERS 3X70A TIPO INDUSTRIAL PARA TABLETO TILU CANCHA	UND	1.00	\$ 214,433.00	\$ 214,433.00
CAP 1. 14,29	CAJA DE REGISTRO TIPO CS-274 BT, NORMA CODENSA (VER PLANO)	UND	8.00	\$ 879,115.00	\$ 7,032,920.00
CAP 1. 14,30	SUMINISTRO E INSTALACION DE LUMINARIA LED PROYECTOR SYLVEO PRO 400W CW ALTURA : 12,00 MTS	UND	32.00	\$ 4,080,542.00	\$ 130,577,344.00
CAP 1. 14,31	SUMINISTRO E INSTALACION DE LUMINARIA DE EMERGENCIA P37937-LED HIGHBAY 100W CW GC350-5700K-14000LM-1800LM EMERG ALTURA : 12,00 MTS	UND	64.00	\$ 1,516,109.00	\$ 97,030,976.00
CAP 1. 14,32	SUMINISTRO E INSTALACION DE LUMINARIA LED HIGHBAY 100W CW GC350 DIM P23752-15000 LM-5700K ALTURA : 12,00 MTS	UND	33.00	\$ 1,316,109.00	\$ 43,431,597.00
CAP 1. 14,33	SUMINISTRO E INSTALACION DE LUMINARIA LED PROYECTOR SYLVEO PRO 50W CW ALTURA : 8-10 MTS (ESCALERA ESTE-OESTE)	UND	4.00	\$ 242,752.00	\$ 971,008.00
CAP 1. 14,34	SUMINISTRO E INSTALACION DE LUMINARIA SILVANIA 1X18W TIPO BALA O SIMILAR ALTURA: 2,50 MTS (ZONAS DISPONIBLES)	UND	22.00	\$ 94,481.00	\$ 2,078,582.00
CAP 1. 14,35	SUMINISTRO E INSTALACION DE LUMINARIA LED PANEL RD 12W WW 100-240V ALTURA : 3,00 MTS (BATERIAS)	UND	12.00	\$ 75,354.00	\$ 904,248.00
CAP 1. 14,36	SUMINISTRO E INSTALACION DE LUMINARIA LED HERMETICA 40W NWO SIMILAR ALTURA: 3,00 MTS (CAMERINOS)	UND	347.00	\$ 180,669.00	\$ 62,692,143.00
CAP 1. 14,37	SUMINISTRO E INSTALACION DE LUMINARIA EMERGENCIA LED HERMETICA 36W DL EMERG O SIMILAR ALTURA 3,00 MTS	UND	144.00	\$ 217,886.00	\$ 31,375,584.00
CAP 1. 14,38	SUMINISTRO E INSTALACION DE SALIDA AIRE ACONDICIONADO CON CABLE LIBRE DE HALOGENO ALTURA 3,00 MTS	UND	15.00	\$ 351,537.00	\$ 5,273,055.00
CAP 1. 14,39	SUMINISTRO E INSTALACION DE SALIDA AEREA 220V PARA ALUMBRADO EN TUBERIA EMT 3/4 CON CABLE LIBRE DE HALOGENO ALTURA 12,00 MTS	UND	129.00	\$ 436,157.00	\$ 56,264,253.00
CAP 1. 14,40	SUMINISTRO E INSTALACION DE SALIDA 220V PARA ALUMBRADO EN CUBIERTA EN TUBERIA EMT 1/2 CON CABLE LIBRE DE HALOGENO PARA ILUMINACION DE EMERGENCIA ALTURA 12 MTS	UND	64.00	\$ 346,064.00	\$ 22,148,096.00
CAP 1. 14,41	SUMINISTRO E INSTALACION DE SALIDA LAMPARAS 110V EN TUBERIA EMT 1/2 EN 2No.12+1No.12T LIBRE DE HALOGENO ALTURA 3,00 MTS	UND	635.00	\$ 232,574.00	\$ 147,684,490.00
CAP 1. 14,42	SUMINISTRO E INSTALACION DE SALIDA TOMACORRIENTE 110V CON CABLE LIBRE DE HALOGENO	UND	117.00	\$ 114,840.00	\$ 13,436,280.00
CAP 1. 14,43	SUMINISTRO E INSTALACION DE SALIDA TOMACORRIENTE 110V TIPO PISO CON CABLE LIBRE DE HALOGENO	UND	18.00	\$ 523,640.00	\$ 9,425,520.00
CAP 1. 14,44	SUMINISTRO E INSTALACION DE SALIDA TOMA ELECTRICA DOBLE REGULADA CON CABLE LIBRE DE HALOGENO	UND	40.00	\$ 223,368.00	\$ 8,934,720.00
CAP 1. 14,45	SUMINISTRO E INSTALACION DE SALIDA TOMA ELECTRICA DOBLE REGULADA TIPO PISO CON CABLE LIBRE DE HALOGENO	UND	18.00	\$ 632,168.00	\$ 11,379,024.00
CAP 1. 14,46	SUMINISTRO E INSTALACION DE SALIDA PARA INTERRUPTOR SENCILLO EN DUCTO EMT 1/2" CON CABLE LIBRE DE HALOGENO	UND	81.00	\$ 165,947.00	\$ 13,441,707.00
CAP 1. 14,47	SUMINISTRO E INSTALACION DE SALIDA INTERRUPTOR DOBLE EN DUCTO PVC EMT 40 1/2" CON CABLE LIBRE DE HALOGENO	UND	2.00	\$ 172,834.00	\$ 345,668.00
CAP 1. 14,48	SUMINISTRO E INSTALACION DE CAJA DE PASO METALICA DE 40 CM X 40CM X 20CM FABRICADA EN LAMINA COLD ROLLED CAL. 20 CON RECUBRIMIENTO EN PINTURA ELECTROESTATICA. TAPA CON BISAGRA.	UND	15.00	\$ 114,804.00	\$ 1,722,060.00
CAP 1. 14,49	SUMINISTRO E INSTALACION DE VARILLA PUESTA A TIERRA COBRE 5/8 x 2.40 M	UND	12.00	\$ 265,753.00	\$ 3,189,036.00
CAP 1. 14,50	SUMINISTRO E INSTALACION DE ANILLO SUBTERRANEO EN CABLE DE COBRE No.2 ENTERRADO A 50 CMS. (INCLUYE EXCAVACION, RELLENO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO)	ML	480.00	\$ 30,074.00	\$ 14,435,520.00
CAP 1. 14,51	SUMINISTRO E INSTALACION DE ANILLO SUPERIOR EN CABLE DE ALUMINIONo.2	ML	385.00	\$ 16,581.00	\$ 6,383,685.00
CAP 1. 14,52	SUMINISTRO E INSTALACION DE PUNTA FRANKLIN 5/8"x1 MTS PARA PROTECCION CONTRA RAYOS (INCLUYE PASE, SOPORTE Y GRAPA BIMETALICA) ALTURA DE CUBIERTA	UND	53.00	\$ 197,639.00	\$ 10,474,867.00
CAP 1. 14,53	SUMINISTRO E INSTALACION PUNTA CAPTADORA DEHN 5/8" x 0.6M AL + BASE+GRAPA NIRO BAJANTE	UND	22.00	\$ 316,130.00	\$ 6,954,860.00
				\$	1,143,548,868.98

CAP 1. 15.0	REDES DE VOZ Y DATOS				
CAP 1. 15.01	CAJA DE REGISTRO TIPO CS-274 BT, NORMA CODESA (VER PLANO)	UND	11.00	\$ 617,113.00	\$ 6,788,243.00
CAP 1. 15.02	ACOMETIDA CABLE FIBRA OPTICA, CABLE FO CON 6 FIBRAS MULTIMODO OM4 EN TUBO RELLENO DE GEL CHAQUETA PE CON CINTA DE ACERO CORRUGADO EN TUBERIA CONDUIT PVC 2"	ML	140.00	\$ 69,500.00	\$ 9,730,000.00
CAP 1. 15.03	ACOMETIDA CABLE FIBRA OPTICA, CABLE FO CON 6 FIBRAS MULTIMODO OM4 EN TUBO RELLENO DE GEL CHAQUETA PE CON CINTA DE ACERO CORRUGADO EN TUBERIA CONDUIT EMT 2"	ML	20.00	\$ 83,730.00	\$ 1,674,600.00
CAP 1. 15.04	GABINETE PARA RACK 48 UR CON PUERTA INCLUYE ORGANIZADORES MULTITOMA Y ACCESORIOS DE MONTAJE PARA SWICHT Y PACH PANEL	UND	1.00	\$ 4,289,732.00	\$ 4,289,732.00
CAP 1. 15.05	GABINETE PARA RACK 34 UR CON PUERTA INCLUYE ORGANIZADORES MULTITOMA Y ACCESORIOS DE MONTAJE PARA SWICHT Y PACH PANEL	UND	1.00	\$ 3,037,732.00	\$ 3,037,732.00
CAP 1. 15.06	GABINETE PARA RACK 20 UR CON PUERTA INCLUYE ORGANIZADORES MULTITOMA Y ACCESORIOS DE MONTAJE PARA SWICHT Y PACH PANEL	UND	1.00	\$ 2,637,732.00	\$ 2,637,732.00
CAP 1. 15.07	CABLE UTP CAT 6A	ML	2,600.00	\$ 5,258.00	\$ 13,670,800.00
CAP 1. 15.08	SUMINISTRO E INSTALACION FACE PLATE SENCILLO CAT 6A	UND	66.00	\$ 11,787.00	\$ 777,942.00
CAP 1. 15.09	SUMINISTRO E INSTALACIÓN JACK RJ45 CAT 6A AZUL-ROJO PARA INSTALACIÓN TANTO EN PATCH PANEL COMO SALIDA DE VOZ Y DATO	UND	66.00	\$ 55,003.00	\$ 3,630,198.00
CAP 1. 15.10	SUMINISTRO E INSTALACION PATCH CORD CAT 6A AZUL CERTIFICADO 1M	UND	8.00	\$ 24,087.00	\$ 192,696.00
CAP 1. 15.11	SUMINISTRO E INSTALACION PATCH CORD U/FTP CAT 6A 5ft AZUL 3M	UND	8.00	\$ 24,087.00	\$ 192,696.00
CAP 1. 15.12	SUMINISTRO E INSTALACION PATCH CORD CAT 6A ROJO CERTIFICADO 1M	UND	66.00	\$ 24,087.00	\$ 1,589,742.00
CAP 1. 15.13	SUMINISTRO E INSTALACION PATCH CORD U/FTP CAT 6A 5ft ROJO 3M	UND	66.00	\$ 24,087.00	\$ 1,589,742.00
CAP 1. 15.14	SUMINISTRO E INSTALACION BANDEJA COMPLETA VENTILADA 1 U X 35 CM AJUSTABLE	UND	8.00	\$ 154,103.00	\$ 1,232,824.00
CAP 1. 15.15	SUMINISTRO E INSTALACION ORGANIZADOR HORIZONTAL METALICO 2U	UND	8.00	\$ 77,103.00	\$ 616,824.00
CAP 1. 15.16	SUMINISTRO E INSTALACION MULTITOMA TIERRA AISLADA 6 SALIDAS - RACK PDU	UND	6.00	\$ 256,103.00	\$ 1,536,618.00
CAP 1. 15.17	SUMINISTRO E INSTALACION KIT DE BARRAJE TIERRA	UND	3.00	\$ 109,433.00	\$ 328,299.00
CAP 1. 15.18	SUMINISTRO E INSTALACION KIT DE VENTILACION DOBLE CON CHASIS	UND	3.00	\$ 519,433.00	\$ 1,558,299.00
CAP 1. 15.19	SUMINISTRO E INSTALACION SWITCH GESTIONABLE L2+ APILABLE DE 52 PUERTOS GIGABIT INCLUYE CONFIGURACIÓN	UND	3.00	\$ 24,844,330.00	\$ 74,532,990.00
CAP 1. 15.20	SUMINISTRO E INSTALACION MÓDULO TRANSCEIVER SFP X121 GIGABIT ETHERNET 1G , CONECTOR LC LX, HASTA 550 METROS (MULTIMODO). H GESTIONABLE L2+ APILABLE DE 52 PUERTOS GIGABIT	UND	4.00	\$ 3,344,330.00	\$ 13,377,320.00
CAP 1. 15.21	SUMINISTRO E INSTALACION UTM (FIREWALL + ROUTER + COMPLEMENTOS DE SEGURIDAD)	UND	1.00	\$ 26,516,496.00	\$ 26,516,496.00
CAP 1. 15.22	SUMINISTRO E INSTALACION PATCH PANEL CAT 6A 24 PUERTOS 1U	UND	6.00	\$ 908,186.00	\$ 5,449,116.00
CAP 1. 15.23	BANDEJA PORTACABLES 20X10X200CM GALVANIZADA INCLUYE ACCESORIOS	ML	18.00	\$ 103,320.00	\$ 1,859,760.00
CAP 1. 15.24	SUMINISTRO E INSTALACION UPS TRIFASICA 15 KVA	UND	1.00	\$ 28,886,046.00	\$ 28,886,046.00
CAP 1. 15.25	SUMINISTRO E INSTALACION TRIFASICA UPS 10 KVA	UND	2.00	\$ 25,376,110.00	\$ 50,752,220.00
CAP 1. 15.26	SUMINISTRO E INSTALACION DE TABLERO TRASFERENCIA UPS	UND	3.00	\$ 4,275,464.00	\$ 12,826,392.00
CAP 1. 15.27	ACOMETIDA EN EN CABLE ENCAUCHETADO 5X8 PARA CONEXIÓN UPS 10 KVA A TABLERO UP	ML	30.00	\$ 34,480.00	\$ 1,034,400.00
CAP 1. 15.28	DUCTO CONDUIT PVC 3/4" SISTEMA DE DATOS	ML	105.00	\$ 5,048.00	\$ 530,040.00
CAP 1. 15.29	DUCTO CONDUIT PVC 1" SISTEMA DE DATOS	ML	510.15	\$ 6,382.00	\$ 3,255,803.75
CAP 1. 15.30	MARCACION SALIDA DE DATOS	UND	66.00	\$ 3,030.00	\$ 199,980.00
CAP 1. 15.31	CERTIFICACION SALIDA DE DATOS	UND	66.00	\$ 60,001.00	\$ 3,960,066.00
CAP 1. 15.32	POSTE DE CONCRETO 9 METROS POR 500 DAN	UND	1.00	\$ 1,160,001.00	\$ 1,160,001.00
CAP 1. 15.33	CIMENTACION EN CONCRETO DE 3000 P.S.I. PARA POSTE 8M Y 9M	UND	1.00	\$ 309,654.00	\$ 309,654.00
CAP 1. 15.34	BAJANTE EN TUBERIA CONDUIT HG 2"	UND	1.00	\$ 493,894.00	\$ 493,894.00
					\$ 280,218,897.75
				COSTO DIRECTO	\$ 13,136,923,909.00
				ADMINISTRACION 24.00%	\$ 3,152,861,738.00
				IMPREVISTOS 1.00%	\$ 131,369,239.00
				UTILIDAD 5.00%	\$ 656,846,195.00
				CERTIFICACION RETIE EN BT Y USO FINAL	\$ 15,000,000.00
				CERTIFICACION RETILAP	\$ 19,686,013.00
				SUMINISTRO DE GENERADOR 220/127 V 300 KVA SERVICIO CONTINUO	\$ 180,808,751.00
				COSTO TOTAL OBRA	\$ 17,293,495,845.00
				COSTO TOTAL DEL PROYECTO	17,293,495,845.00

ANEXO 4. MODELO DE MONTECARLO

Categoría I	Autosútiles, camiones y camionetas	
Categoría II	Busés, boateras, microbuses con eje trastero de doble articulación	
Categoría III	Camiones pequeños de dos ejes	
Categoría IV	Camiones grandes de dos ejes	
Categoría V	Camiones de tres y cuatro ejes	
Categoría VI	Camiones de cinco ejes	
Categoría VII	Camiones de seis ejes o más	

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
\$	13.07	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	25.00
\$	20.86	20.86	20.86	20.86	20.86	20.86	20.86	20.86	20.86	20.86	20.86	20.86	20.86
\$	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	25.00
\$	1.83	1.92	2.01	2.11	2.21	2.31	2.42	2.54	2.66	2.79	2.92	3.06	3.21
\$	39,816.31	42,874.90	46,187.86	49,713.74	53,531.95	57,643.42	62,076.66	66,837.93	71,971.35	77,499.04	83,451.27	89,860.66	96,762.31
\$	39,816.31	42,874.90	46,187.86	49,713.74	53,531.95	57,643.42	62,076.66	66,837.93	71,971.35	77,499.04	83,451.27	89,860.66	96,762.31
\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
\$	5,476.97	5,737.86	6,011.60	6,298.41	6,598.50	6,913.73	7,245.97	7,688.16	8,151.23	8,633.57	9,134.01	9,644.42	9,980.60
\$	6,937	7,177.86	7,431.41	7,698.41	7,976.90	8,267.13	8,569.16	8,882.97	9,208.53	9,545.83	9,894.93	10,255.81	10,628.59
\$	34,340.24	37,137.05	40,186.26	43,413.33	46,933.95	50,729.68	54,827.69	59,248.78	64,026.12	69,164.46	74,732.25	80,763.64	87,181.42
\$	8.22%	10.03%	11.44%	12.82%	14.17%	14.36%	15.00%	15.64%	16.00%	16.39%	16.72%	17.01%	17.25%
\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
\$	34,340.24	37,137.05	40,186.26	43,413.33	46,933.95	50,729.68	54,827.69	59,248.78	64,026.12	69,164.46	74,732.25	80,763.64	87,181.42

[illegible]