

Aplicación de la metodología integral y dinámica a la gestión de proyectos de construcción de edificaciones bajo condiciones de incertidumbre

Ing. Daniel Antonio García Modesto

Universidad de La Sabana

Facultad de Ingeniería

Maestría en Diseño Y Gestión de Procesos.

Bogotá D.C.

2010

Aplicación de la metodología integral y dinámica a la gestión de proyectos de construcción de edificaciones bajo condiciones de incertidumbre

Ing. Daniel Antonio García Modesto

Trabajo de Grado Para optar al título de Magíster en Diseño y Gestión de Procesos

Director

Msc. Leonardo José González Rodríguez

Universidad de La Sabana

Facultad de Ingeniería

Maestría en Diseño Y Gestión de Procesos.

Bogotá D.C

2010

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Jurado

Chía, 2011

CONTENIDO

	pág.
1 RESUMEN	9
2 INTRODUCCIÓN	10
3 EL PROBLEMA	10
4 OBJETIVOS	11
4.1 OBJETIVO GENERAL	11
4.1.1 Objetivos Específicos	12
5 ANTECEDENTES	12
5.1 Logística	12
5.2 Sistema de logística	13
5.3 Principios de logística	14
5.4 Programación de proyectos	15
5.5 Dinámica de sistemas	17
6 METODOLOGÍA	21
6.1 Diagnóstico Organizacional	24

6.1.1	Entendimiento de la organización	24
6.1.2	Direccionamiento estratégico	26
6.1.3	Conocimiento del sistema de gestión	28
6.1.4	Mapa de Procesos	31
6.2	Desarrollo del Modelo	32
6.2.1	Definir características del modelo	32
6.2.2	Determinación de las variables de incertidumbre	34
6.2.2.1	Reprocesos	35
6.2.2.2	Aspectos Ambientales	35
6.2.2.3	Seguridad Industrial y salud ocupacional	37
6.2.2.4	Clima	37
6.2.3	Probabilidad e impacto de las variables no controlables en la ejecución de la actividad	38
6.2.4	Modelo Básico	41
6.2.5	Modelo Simulado	45
6.3	Experimentación	49
6.3.1	Variación de la Semilla	49

6.3.2	Análisis de intervalo de confianza	49
7.	RESULTADOS	51
8.	CONCLUSIONES	55
9.	RECOMENDACIONES	57
10.	BIBLIOGRAFÍA	59
11.	BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA	60

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Actividades y Duración	33
Tabla 2. Probabilidad e impacto de los reprocesos	40
Tabla 3. Probabilidad e impacto de los aspectos ambientales	40
Tabla 4. Probabilidad e impacto seguridad industrial y salud ocupacional	40
Tabla 5. Probabilidad e impacto del clima	41
Tabla 6. Forma de asignación de la probabilidad	42
Tabla 7. Asignación de efecto de la variable impacto ambiental	43
Tabla 8. Criterio de selección del efecto de las variables en el escenario 3	48
Tabla 9. Criterios de Asignación de errores	50
Tabla 10. Resultados Comparación de tiempos	54

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Sistema logística	14
Figura 2. Simbología de los diagramas de Forester	20
Figura 3. Estructura del plan estratégico	30
Figura 4. Mapa de procesos	31
Figura 5. Modelo de simulación básico	44
Figura 6. Nivel de ejecución del proyecto	46

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Representación gráfica de la ejecución del modelo

Anexo 2 Evaluación del modelo para distintos valores de la semilla

1. RESUMEN.

En esta investigación se presenta la realización de un modelo empleando la programación de proyectos y la dinámica de sistemas aplicado a la construcción del hospital del Güavio, realizado por la constructora INCA bajo la dirección del grupo Arkgo. El modelo incluye variables relacionadas de este tipo de proyectos, con el objetivo General de Generar un modelo aplicable a la construcción de edificios basado en la metodología integral y dinámica para la estimación de la duración proyecto, considerando la incertidumbre generada por factores ambientales, de Salud ocupacional, técnicos y de clima.

Para lo anterior fue necesario emplear los conceptos establecidos dentro de la logística, la programación de proyectos, la dinámica de sistemas y los sistemas de producción; aspectos técnicos que son establecidos en el desarrollo de la metodología realizada.

La metodología comprende la definición de las necesidades de la empresa frente a su sistema logístico, una evaluación diagnóstica de su situación actual, la definición de las variables críticas a controlar, la definición de los procesos que gestionan estas variables, construcción del modelo aplicación la programación de proyectos y la dinámica de sistemas, la Evaluación del Modelo en tres escenarios, la evaluación del tiempo de duración del proyecto en los tres escenarios, el análisis de resultados y las conclusiones y recomendaciones necesarias.

Los recursos empleados en este proyecto comprenden: información conceptual de la programación de proyectos y la dinámica de sistemas, información de la organización en cuanto a: actividades, los efectos ambientales, los requerimientos en cuanto a salud ocupacional, la presencia de reprocesos y los efectos climáticos.

Con el proyecto se buscó la evaluación de la aplicabilidad y efectividad de la programación de proyectos, la dinámica de sistemas realizando un modelo General aplicable a este tipo de industrias de construcción y la validación frente al tiempo de realización en el proyecto de construcción del Hospital del Guavio realizado por una empresa constructora colombiana.

2. INTRODUCCIÓN.

En la realización de proyectos de Ingeniería se planifica la realización de las Actividades en los tiempos en que a criterio del planeador son los adecuados producto de la experiencia en la ejecución de los mismos. En la realidad la ejecución de estos planes sufren cambios drásticos en el tiempo de duración debido a variables no controlables que el planeador no tiene en cuenta o no conoce como tenerlas en cuenta en su planificación.

El modelo generado permite estimar el tiempo que cada actividad debe durar teniendo en cuenta las variables consideradas.

3. EL PROBLEMA.

La existencia de los diferentes tipos de Organizaciones sean sociales, industriales o comerciales se da por la identificación de una o varias necesidades de clientes que demandan algún tipo de bien o servicio.

Referente a la planeación y ejecución de proyectos, de forma común se emplean cronogramas o desarrollo de actividades secuenciadas en el tiempo para culminar el desarrollo del mismo.

El problema que se pretende solucionar con el proyecto de investigación mediante la Aplicación de la metodología integral y dinámica a la gestión de proyectos de construcción esta orientado a la evaluación de la posibilidad de optimización de la ejecución del proyecto de construcción del hospital del Guavio en cuanto al tiempo de ejecución teniendo en cuenta variables de incertidumbre.

En los estudios realizados el no cumplimiento de los tiempos programados (que afectan de alguna forma el costo) están relacionados con aspectos externos e internos.

En los aspectos externos están fundamentalmente los ambientales como el estado del tiempo, los imprevistos encontrados por los impactos ambientales generados por la ejecución del proyecto. Factores sociales como la frecuencia de incidentes ocupacionales, el ausentismo del personal de obra, el incumplimiento de contratistas en las actividades asignadas, posibles ajustes a los diseños previamente establecidos que luego de ser aplicados deben corregirse (reprocesos).

4. OBJETIVOS.

4.1 Objetivo General

Generar un modelo basado en la metodología integral y dinámica para la estimación del tiempo de duración en la construcción de edificaciones en forma general, considerando la incertidumbre generada por factores ambientales, de salud ocupacional, reprocesos técnicos y de clima.

4.2 Objetivos Específicos

Aplicar de manera combinada la dinámica de sistemas y la programación de proyectos a la gestión de proyectos de construcción.

Integrar variables de incertidumbre relacionadas con aspectos de gestión ambiental, salud ocupacional, reprocesos y el clima.

Establecer los tiempos de duración de las actividades teniendo en cuenta las variables definidas.

5. ANTECEDENTES.

Para el desarrollo de esta investigación son necesarios conocimientos de cuatro áreas específicas: logística, programación de proyectos, dinámica de sistemas, y sistemas de producción. A continuación se presentan los fundamentos teóricos de dichas áreas que van a ser usados en esta investigación:

5.1 Logística

Antes de hablar de la logística es importante considerar que bajo el enfoque sistémico: “una organización se concibe como un sistema de actividades conscientemente coordinadas entre dos o mas personas, en una situación concreta en la que se dé cooperación. Serán sus componentes varios sistemas diferentes. Algunos serán físicos, otros tecnológicos, otros psicológicos” (Barnard, 1959:93)

Esta definición de organización nos sirve como base para elegir un enfoque logístico para esta investigación.

Existen diversas definiciones y enfoques de logística; sin embargo, para el desarrollo de esta investigación se adoptará el enfoque sistémico propuesto por Sahid Feres en su libro Logística Pura (1998), descrito a continuación.

5.2. Sistema de Logística.

Este enfoque esta relacionado con la clasificación del servicio presentada con anterioridad y con la definición sistémica de organización adoptada, por lo que su aplicación en esta investigación facilita la integración de los conceptos de gerencia de servicios y logística.

Según Feres el **Sistema de Logística** tiene como misión fundamental proveer medios a un proceso de negocio, para que este alcance su identidad (misión, visión, políticas y estrategias) y los medios se concretan en energía, materia e información, es decir, las tres cantidades fundamentales del universo, tal como lo muestra la siguiente figura:

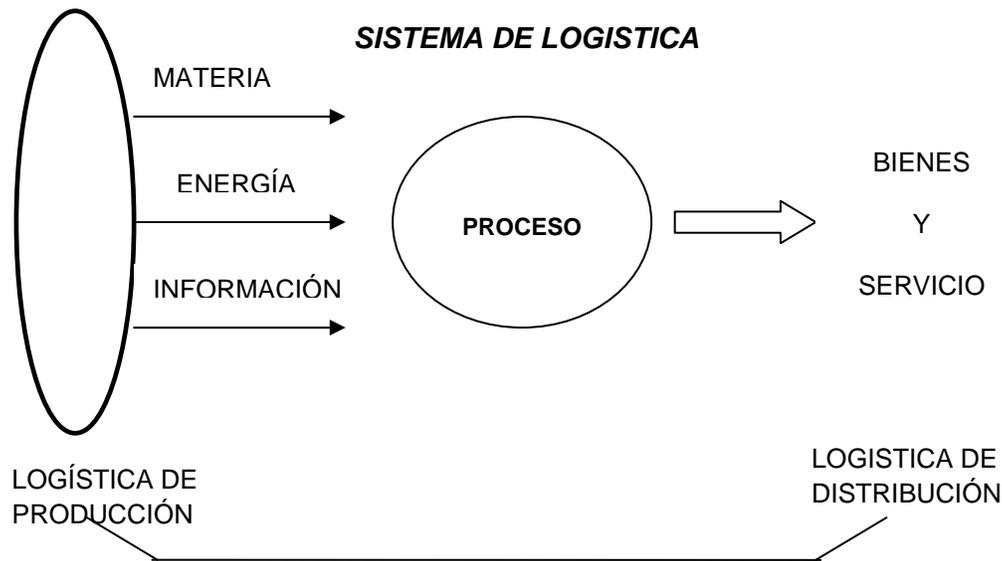


Figura 1. Sistema Logística

Fuente: Logística Pura: Más allá de un proceso logístico de FERES, Sahid C., 1998.

5.3 Principios de la Logística

De los principios de la logística expuestos por Feres, se consideran relevantes para esta investigación los siguientes:

- **Primer principio:** Existe una organización con una identidad claramente definida por su misión, visión, políticas y estrategias. Esta organización debe ser apoyada por otra organización, mediante procesos autónomos interconectados entre sí. Esa organización es el **Sistema de Logística**.
- **Segundo principio:** Toda organización tiene dos procesos relativamente complejos, que pueden ser administrados mediante **Gerencias Recursivas**. El

primero que se dedica al negocio y con el logra la misión y el segundo que apoya todos los procesos y actividades del negocio.

- **Noveno principio:** Un Sistema de logística que quiera apoyar exitosamente un proceso de negocio, debe contar con un Sistema de Planeación Logística.
- **Décimo tercer principio:** La coordinación de acciones parciales es el elemento esencial para la eficacia del esfuerzo logístico del Sistema de Logística el cual debe estar conformado por un conjunto de procesos autónomos e interconectados entre sí. (Gerencia Recursiva).

Los anteriores principios permiten incorporar a las organizaciones que realizan proyectos de ingeniería la aplicación del modelo propuesto como una herramienta de gestión que facilitará el logro de la Visión , la Misión y las políticas de la Organización.

5.4 Programación de Proyectos

En la programación de proyectos, se considera que una red es una representación gráfica de un proyecto, el cual está compuesto por una serie de problemas delimitados que se denominan actividades. El momento de iniciación o terminación de una o más actividades o de todo el proyecto se denomina evento, el cual no gasta ni tiempo ni recursos ya que representa el estado en el cual no hay ninguna actividad.

La estructura de la red esta determinada por el orden y las relaciones recíprocas de todas la actividades; es decir, por la dependencia existente entre las actividades predecesoras y futuras del proyecto.

Cada actividad requiere una cantidad de recursos para su ejecución, los cuales pueden ser renovables o no renovables, y limitados o ilimitados, para esta investigación consideraremos el desarrollo de las actividades de los sistemas de apoyo como un proyecto con recursos limitados, al que puede aplicarse programación de proyectos (RCPSP).

El análisis del tiempo en que se ejecutan estas actividades y por lo tanto en que se ejecuta el proyecto, y la gestión del tiempo de duración de todas las actividades se puede realizar por el método PERT o CPM.

La diferencia entre el análisis CPM y PERT, radica en que este último es un análisis estocástico ya que la estimación del tiempo de duración de las actividades se realiza con base en una distribución de probabilidad[12].

En el análisis CPM se establecen los tiempos de inicio y terminación más tempranos y tardíos para cada una de las actividades, una actividad es crítica cuando su tiempo de inicio temprano es igual a su tiempo de inicio tardío. Una demora en el desarrollo de estas actividades ocasiona una demora en la finalización del proyecto, que en nuestro caso se traduce en una demora en la prestación del servicio y por lo tanto en una inconformidad del cliente.

Las actividades que no son consideradas como críticas tienen un tiempo de duración permitido mayor que el tiempo de duración normal, el cual se denomina tiempo de reserva de la actividad.

CPM realiza el análisis de tiempo por el método de la ruta crítica. La ruta crítica esta definida como la ruta que parte del nodo inicial hasta el nodo final y tiene el tiempo de duración más largo, esta ruta contiene solamente actividades críticas; es decir en ella no hay ningún tiempo de reserva.

El método PERT tiene en esencia la misma estructura que el CPM, pero el tiempo de duración de las actividades es un tiempo esperado calculado con base en un tiempo optimista (a_{ij}) , un tiempo más probable (m_{ij}) y un tiempo pesimista (b_{ij}) tal que:

$$a_{ij} \leq m_{ij} \leq b_{ij} \quad (1)$$

5.5 Dinámica de Sistemas

Un estudio organizacional con dinámica de sistemas implica el modelado de aquellos aspectos que inciden sobre su dinámica de comportamiento.

Alrededor de esta temática se ha venido consolidando una rama conocida como “Dinámica de Sistemas” cualitativa que en el campo de los estudios organizacionales promueve el aprendizaje sobre y en la organización, con la intención de constituir organizaciones inteligentes, organizaciones abiertas al aprendizaje[4].

La dinámica de sistemas originalmente se denominó dinámica industrial. Los trabajos pioneros se desarrollaron hacia finales de los años 50, y durante los 60 tiene lugar su implantación en los medios profesionales[14] [5]

La aplicación de la dinámica de sistemas es muy variada, se ha empleado para construir modelos de simulación informática en casi todas las ciencias. Por ejemplo en sistemas sociológicos ha encontrado multitud de aplicaciones, desde aspectos más bien teóricos como la dinámica social de Pareto o de Marx[14], hasta temas relacionados con la Justicia [7], se han realizado aplicaciones en los sistemas ecológicos y medioambientales, en donde se han estudiado problemas de dinámica de poblaciones como de difusión de la contaminación[7][8], se ha aplicado también en el campo energético con el objetivo de definir estrategias del empleo de recursos energéticos[6][11]. Se ha empleado en problemas de defensa simulando problemas LOGISTICOS de evolución de tropas y otros problemas analógicos[3].

Para entender el “Pensamiento Sistémico” y su repercusión en el mundo empresarial debemos conocer como los sistemas influyen. La idea de aplicar la Dinámica de Sistemas para fomentar el aprendizaje en las organizaciones no es reciente, se inicia con la aparición de los planteamientos sistémicos de Jay W. Forrester, el cuál ha seguido desarrollando este campo[14].

La **Dinámica de Sistemas** es una metodología para la construcción de modelos de simulación para sistemas complejos, como los que son estudiados por las ciencias sociales, la economía o la ecología.

El objeto de los modelos de **Dinámica de Sistemas** es llegar a comprender cómo la estructura del sistema es responsable de su comportamiento. Esta comprensión normalmente debe generar un marco favorable para la determinación de las acciones que puedan mejorar el funcionamiento del sistema o resolver los problemas observados.

La ventaja de la Dinámica de Sistemas consiste en que estas acciones pueden ser simuladas a bajo costo, con lo que es posible valorar sus resultados sin necesidad de ponerlas en práctica sobre el sistema real.

La dinámica de sistemas trabaja sobre sistemas dinámicos, los cuales son el modelo del comportamiento dinámico de un sistema, para la construcción de estos modelos es fundamental definir claramente los límites del sistema. El concepto de límite pretende explicar que el comportamiento de interés del sistema se genera en el interior de los límites y no viene dado por el medio.

Un modelo está compuesto por un conjunto de definiciones que permiten identificar los elementos que constituyen el sistema y un conjunto de relaciones que especifican las interacciones entre los elementos que aparecen en el modelo[1].

Los elementos que intervienen en el modelo pueden clasificarse como exógenos y endógenos, los primeros pueden ser modificados desde el exterior del mismo, mientras que los segundos están determinados completamente por la estructura del sistema.

Para representar el sistema dinámico se usan los **Diagramas Forrester**, en el cual los elementos se representan por medio de variables, las cuales se clasifican en tres grupos: variables de nivel, variables de flujo y variables auxiliares.

Las variables de nivel constituyen el conjunto de variables cuya evolución es significativa para el estudio del sistema; las variables de flujo determinan las variaciones en los niveles del sistema y las variables auxiliares representan pasos o etapas en que se descompone el cálculo de una variable de flujo a partir de los valores tomados por los niveles.

Los diagramas de Forrester también incluyen canales de material y de información, así como retrasos y variables exógenas.

A continuación se muestran los símbolos de los elementos presentes en los diagramas Forrester:

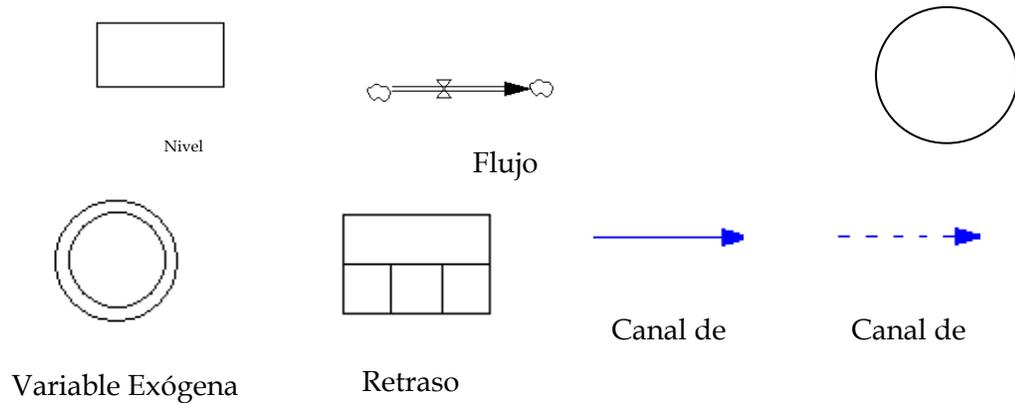


Figura 2. Simbología de los Diagramas Forrester.

Fuente: Introducción a la Dinámica de Sistemas. ARACIL, Javier 1986

Demoras

Un aspecto importante que se debe considerar en el estudio de sistemas dinámicos es el retraso que se produce en la transmisión de información o de materiales a lo largo de estos.

Al construir el diagrama de un sistema se debe considerar que la relación causal que liga a dos variables puede implicar la transmisión de información o material para la cual se requiere el transcurso de cierto tiempo, lo cual implica un retraso.

Los retrasos de materiales se producen cuando existen elementos en el sistema que almacenan el material que fluye por el mismo. Los retrasos de información resultan de la necesidad de conservar y almacenar información del sistema antes de tomar una decisión. En esencia, la demora es un proceso de conversión que acepta una tasa de entrada de flujo dada y entrega una tasa de flujo resultante en la salida[1].

En la investigación se da aplicación a la programación de proyectos y la Dinámica de sistemas propuesta por Kalenatic et.al (2001) para entender la integración de los objetivos organizacionales y las actividades de ejecución del proyecto específico de

estudio con el fin de evaluar su aplicabilidad y de alguna forma poder predecir las desviaciones posibles en cuanto al tiempo de ejecución.

6. METODOLOGIA.

La metodología a emplear para la realización de la investigación tiene como componente fundamentales elementos de la metodología Integral y dinámica[5] de la cuál se aplicaron las siguientes etapas:

1. El entendimiento o diagnóstico del sistema existente dentro de la organización por medio del cual se realiza la gestión organizacional y establecer las fuentes de la información para la construcción del modelo.
2. Establecer las características de las actividades fundamentales relacionadas con la construcción de edificios para la Construcción del Hospital del Guavio y su aplicación para la elaboración del modelo de forma general para construcción de edificaciones.
3. Definir la forma en que las variables no controlables pueden afectar la ejecución por medio de la estimación de la probabilidad de aparición de un evento y el establecimiento del efecto de este evento en el tiempo de ejecución de la Actividad.
4. Proponer un modelo básico para la evaluación de la duración de la actividad teniendo en cuenta el efecto combinado de las variables no controlables

5. Construir el modelo de ejecución de la construcción teniendo en cuenta el modelo básico, la dependencia de las actividades para avanzar en la ejecución del proyecto hasta su finalización

6. Evaluar en dos escenarios la duración del proyecto comparándolos con los tiempos planificados. El primer escenario tiene en cada actividad el efecto de las cuatro variables no controlables y el segundo solo tiene en cuenta los efectos de las variables no controlables de acuerdo a la experiencia de la organización evaluada en históricos de proyectos y los resultados obtenidos en los procesos administrativos, por ejemplo el proceso de Gestión integral evalúa la aparición de accidentes o incapacidades en los proyectos y en que actividades primordialmente se han venido sucediendo.

En este sentido debe entenderse bajo esta perspectiva que las Organizaciones cuentan hoy por hoy con un solo “sistema” no con varios sistemas si se aplica el concepto de “gestión por procesos”. En ella la Organización desarrolla el concepto de proceso el cual busca el logro de un objetivo específico que apunta a un interés organizacional o a una necesidad específica para lograr su misionalidad.

La palabra proceso tiene aquí una importancia fundamental debido a que sus componentes permiten ver de forma precisa como se realizan; cuentan con un objetivo específico que da origen al mismo, posee actividades propias de planificación, ejecución, verificación y control para lo cual necesita unas entradas o insumos los cuales generan unas salidas o productos e información que permite

planificar la ejecución del producto o servicio en este caso suministran la información para la evaluación de las variables no controlables.

Las entradas y salidas pueden ser medidas en el tiempo es decir deforma “dinámica” permitiendo monitorear el resultado final esperado. Estas entradas y salidas pueden definirse como las variables que afectan el desempeño del proceso o las actividades en la realización de un proyecto.

La estructura del “sistema” contendría entonces la definición y descripción específica de los procesos que la componen, procesos de dirección, misionales, de apoyo y eventualmente procesos de evaluación y mejora.

Estableciendo esta estructura se debe entonces definir la interrelación entre ellos, esta interrelación esta establecida fundamentalmente por las entradas y salidas que los procesos necesitan y generan por lo cual hay una relación específica de dependencia. Cuando la dependencia existe hay encadenamiento, existe movimiento que puede de alguna forma ser modelado por la metodología integral y dinámica.

Para lograr la aplicación práctica en la realización de proyectos de Ingeniería, es fundamental entender como se realizan este tipo de proyectos, en donde se deben definir claramente las actividades a realizar que la componen y definir estas actividades en términos de las variables que han de considerarse claves para la realización de la misma.

En la metodología propuesta se incluyen variables definidas en los lineamientos estratégicos en cuanto a tiempo de la ejecución así como variables de tipo ambiental, de salud ocupacional, reprocesos y clima.

6.1. Diagnóstico Organizacional

6.1.1. Entendimiento de la Organización.

Constructora ARKGO Ltda. Es una compañía fundada en septiembre de 2003, cuyo objeto principal es ejecutar proyectos de consultoría y construcción de obras civiles y arquitectónicas, concretamente de obras verticales y obras horizontales. En su consolidación como organización ha estructurado sus valores institucionales, misión y visión; esta última con plazo concreto para su revisión, basado en la intencionalidad de evaluar los cambios efectivos a partir de la estructuración del Sistema de Gestión Integral.

Consecuentes con este enfoque la organización diseñó y divulga a sus partes interesadas su Política de Gestión Integral la cual se basa en la integración de los enfoques de calidad, ambiental, seguridad y salud ocupacional y responsabilidad social variables que son incorporadas al desarrollo del modelo. La estructura de cargos, se basa en los niveles de autoridad y responsabilidad determinados de acuerdo a los procesos y la interrelación entre éstos, plasmados en el manual de competencias por cargos.

Experiencia en Construcción:

Obras Verticales: Hospitales, Parques, Coliseos, Edificios para vivienda y uso institucional y comercial.

Obras Horizontales: Acueductos, alcantarillados.

Constructora ARKGO Ltda. En su consolidación como organización, tanto en su ámbito interno, basado en el desarrollo eficaz y eficiente de sus procesos, así como en su ámbito externo basado en el propósito de afianzarse en el sector de la construcción, ingeniería y arquitectura; ha identificado, de acuerdo su Plan Estratégico, como una de sus estrategias prioritarias "Implementar y mantener un sistema de gestión integral* que dé respuesta a diferentes requisitos y necesidades de la organización". En este sentido, la compañía reconoce que desarrollar su objeto social implica asumir de manera clara su responsabilidad frente a la seguridad y salud ocupacional de sus colaboradores internos, así como la responsabilidad ambiental y social ante sus partes interesadas externas y responder de manera satisfactoria ante las necesidades y/o requerimientos de sus clientes.

Sustentado, en esta estrategia, ha definido un Manual de Gestión Integral de la Constructora ARKGO LTDA. Cuya finalidad es dar a sus partes interesadas, principalmente internas, una visión general y completa de la estructura del Sistema de Gestión Integral de la compañía, desde su direccionamiento estratégico hasta el registro de las actividades operativas en cada uno de los procesos de la compañía.

El sistema de gestión integral: Integra los enfoques de gestión de las normas de referencia NTC ISO 9001:2000, NTC ISO 14001:2004 y NTC OHSAS 18001. Igualmente pretende integrar criterios de relación responsable con sus partes interesadas. Lo que permite el establecimiento claro de los criterios para evaluar la influencia de los aspectos ambientales y de salud ocupacional en el modelo.

6.1.2. Direccionamiento estratégico

Misión.

La consultoría y la construcción de obras civiles y arquitectónicas es nuestra impronta y punto de referencia ante nuestros clientes públicos y privados, la cual desarrollamos con base en tecnología apropiada y talento humano competente, claro sentido social y respetando el medio ambiente

Visión.

En el 2010 continuaremos ofreciendo servicios de consultoría y construcción de obras civiles y arquitectónicas, destacándonos como una compañía de referencia en el ámbito local y departamental.

Política de gestión Integral

En la Constructora INCA LTDA. Tenemos el interés de satisfacer las necesidades de nuestros clientes a través de los servicios de consultoría, construcción e Interventoría, con compromisos en la protección del medio ambiente, generando condiciones de trabajo seguras y relaciones responsables con las partes interesadas; para ello nos

comprometemos

con:

Implementar y mejorar el sistema de gestión integral, logrando incrementar la eficacia y la eficiencia de todos los procesos, así como optimizar la infraestructura. Asegurando un talento humano competente en un ambiente laboral adecuado y cumpliendo los requisitos legales aplicables a nuestras actividades económicas.

Estrategias:

Financiera

Asegurar la liquidez y la utilidad mediante una adecuada gestión empresarial.

Fortalecer el reconocimiento crediticio, que nos permita una disponibilidad económica

Realizar alianzas estratégicas nacionales e internacionales que aporten capital y consoliden la empresa.

Gestionar adecuadamente los recursos económicos de la empresa.

Mercados

Fortalecer el conocimiento del mercado y desarrollar planes que aseguren un buen posicionamiento de la empresa dentro del sector de la construcción.

Investigas permanentemente el mercado de la construcción a nivel nacional y regional, en el sector público y privado.

Implementar un plan de ventas coherente con la investigación de mercado.

Implementar un plan de posicionamiento de imagen.

Procesos:

Fortalecer la empresa con la optimización de la infraestructura.

Implementar un sistema de gestión integrada que de respuesta a diferentes requisitos y necesidades de la organización.

Incrementar la eficacia y la eficiencia de todos los procesos de la compañía.

Mejorar el desempeño de la organización: procesos y proyectos.

Conocimiento y aprendizaje.

Fortalecer el talento humano que participa en la organización.

Garantizar un ambiente de trabajo aumentando el sentido de pertenencia del equipo humano con la empresa.

Asegurar las competencias laborales del talento humano de la empresa.

6.1.3. Conocimiento de su “Sistema de gestión”

Evaluar la forma en que la organización realiza su gestión por medio del entendimiento de su sistema “Empresa” enfocado y establecido bajo el concepto de procesos. De no existir se deberá entonces estructurarlo en sus componentes fundamentales.

La estructuración comprende la definición de los procesos claves que debe tener la organización, la definición de las variables dinámicas que afectan su resultado desde el punto de vista de los objetivos que la organización desea alcanzar.

El Sistema de Gestión Integral de la compañía sustenta su estructura y su propósito en su plan estratégico, con el cual se identifica las estrategias y objetivos estratégicos; éstos fueron asignados según pertinencia a cada proceso de gestión (Delegación de Responsabilidad). Paralelamente, dichos objetivos estratégicos han sido calificados en función de los requisitos del sistema de gestión integral, priorizando aquellos que poseen mayor impacto para responder efectivamente a dichos requisitos. Los objetivos estratégicos priorizados son el insumo para la formulación de la Política de Gestión Integral de la compañía.

A partir de este elemento de planificación, se estructura cada uno de los procesos de la organización, involucrando su documentación, dueños de proceso y planes de medición.

Se identifica los procesos de dirección, procesos corporativos (apoyo al logro del objeto social de la organización) y los misionales. Entre estos últimos se destaca la Administración de Proyectos por Construcción de obras verticales (edificaciones) para el sector hospitalario, educativo, recreativo (coliseos), comercial y residencial, obras de urbanismo (plazas, parques); así como obras horizontales relacionadas con vías, acueductos y alcantarillados, en zonas rurales y urbanas en el país y para clientes públicos y privados.

De acuerdo al Plan Estratégico, a continuación se presenta gráficamente la estructura del Sistema de Gestión Integral de la Compañía.

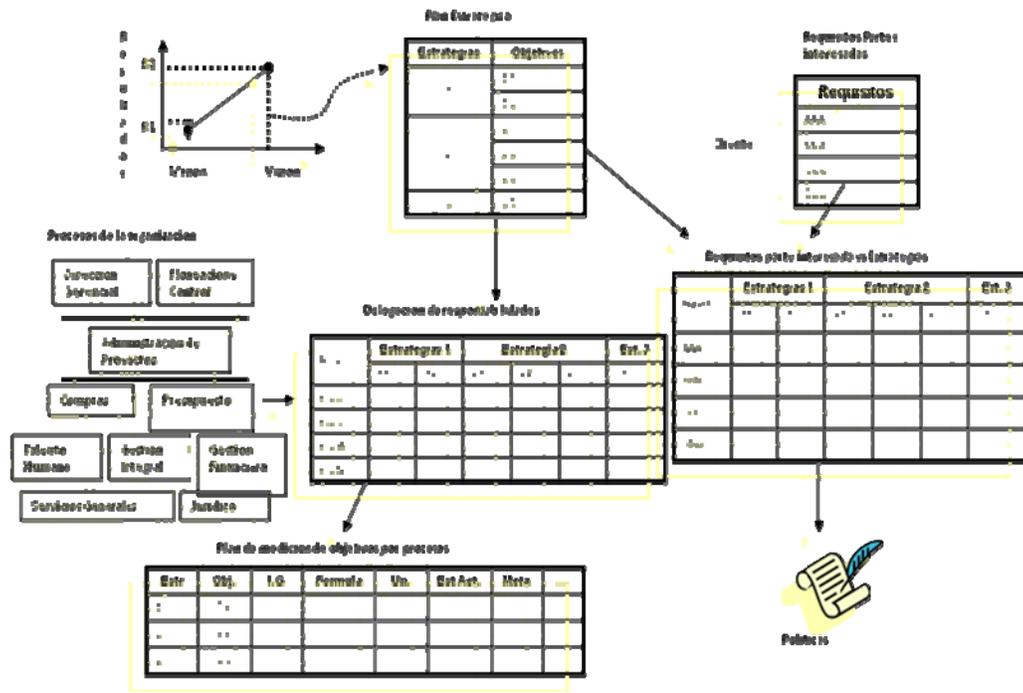


Figura 3. Estructura del Plan Estratégico

Fuente: Documento plan estratégico Constructora INCA.

Teniendo en cuenta la naturaleza de la organización, asociada al sector de la ingeniería y arquitectura, se expresa que los siguientes requisitos de la norma de gestión de referencia del Sistema de Gestión Integral, la NTC ISO 9001:2000 se consideran exclusiones:

Numeral 7.3 Diseño y Desarrollo: Teniendo en cuenta que la compañía en su proceso de administración de proyectos por construcción, se orienta a la ejecución de los mismos, tal como lo describen los términos de referencia, pliegos de condiciones y

contratos, no tiene responsabilidades en la elaboración de diseños para la obras objeto de ejecución, máxime cuando es el cliente quien determina los requerimientos de manera previa a la contratación de nuestros servicios.

Para el caso de proyectos ejecutados por cuenta y riesgo de la compañía, los diseños contratados, se exige para su entrega los soportes técnicos del mismo, que garanticen la confiabilidad de éstos por parte de la compañía contratante para tal fin.

Es fundamental aclarar que el entendimiento de cómo funciona la empresa permitió establecer como para la empresa el modelo generado puede aportar a la mejora de sus resultados y al logro de la misión. De otro lado permite establecer los procesos de donde se obtiene la información necesaria para la construcción del modelo.

6.1.4 Mapa de Procesos e Interrelaciones entre éstos

Con base en lo expresado anteriormente, se cuenta con los procesos de dirección, corporativos y misionales. Para su clara identificación se adjunta en la figura 2 el Mapa de Procesos.



Figura 4. Mapa de procesos de la Organización

Fuente: Manual de sistema de gestión integral Constructora INCA.

El mapa de procesos permite establecer que la planificación para la ejecución de los proyectos en la organización es desarrollada por el proceso constructivo de donde se obtuvo la información de planificación de la ejecución del proyecto de construcción del hospital del guavio.

El proceso Gestión integral aporta la información relacionada a salud ocupacional y los criterios establecidos para esta variable, del mismo proceso se generó la información de los aspectos ambientales establecidos para el sistema de gestión ambiental y los programas desarrollados por la empresa para controlar dichos aspectos críticos que son evaluados en el modelo generado.

6.2. Desarrollo del modelo de simulación integral y dinámica

6.2.1. Definir las características del proyecto

Consiste en determinar el conjunto de actividades que lo componen, el orden lógico en términos de la precedencia y ocurrencia de cada una de las actividades, en este sentido en el cuadro 1 se encuentran las actividades, su dependencia y el tiempo de duración en días.

Las actividades consideradas fueron evaluadas con los miembros de la Organización de la especialidad de ingeniería y como fuente se tomo la planificación de ejecución del proyecto, la discusión sobre la aplicación general a proyectos de construcción y la comparación de dicha generalización con documentos relacionados con la planificación de proyectos de Ingeniería.

ACTIVIDADES	PRECEDENCIA DE ACTIVIDADES	TIEMPO DE EJECUCIÓN (días)
<u>C. Preliminares</u>	-	
C1. Replanteo inicial		6
C2. Valla de Construcción		2
C4. Señalización		5
C5. Campamento de obra		10
C6. Cerramiento de obra		15
C3. Demoliciones	C1,C2,C3,C4,C5,C6	60
<u>Constructivas</u>	-	
D1. Excavaciones en el terreno	C3	86
D2. Cimentación	D1	120
D3. Rellenos	D1	40
D4. Estructuras en concreto	D2,D3	93
D5. Acabado de Refuerzo	D4	114
D6. Mampostería y divisiones	D2	80
D7. Instalaciones Eléctricas	D4,D6	132
D8. Instalaciones Hidráulicas	D4,D6	155
D9. Aire Acondicionado	D4,D6	75
D10. Red de gases Medicinales	D4,D6	85
D11. Cubiertas y Terrazas	D4	113

D12. Bases Pisos	D4	35
D13. Pañetes	D6,D7,D8,D9,D10	60
D14. Acabados Pisos	D7,D8,D9,D10,D12	120
D15. Cielos Rasos	D7,D8,D9,D10	55
D16. Carpintería Metálica	D13	30
D17. Carpintería Madera	D13	15
D18. Muebles especiales	D4	25
D19. Muebles varios y superficie de trabajo	D13	25
D20. Enchapes	D13	120
D21. Aparatos Sanitarios y Accesorios	D8	16
D22. Pinturas	D6,D13	62
D23. Cerraduras	D13	10
D24. Vidrios y Espejos	D16	30
D25. Obras Exteriores	D4,D6	25
D26. Retiro de equipos especiales	D25,D24	5
D27. Aseo General y aseo final de la obra	D26	66

Tabla 1 Actividades y duración.

6.2.2 Determinación de las variables de incertidumbre y su influencia

Para la identificación de variables se establece una distribución analítica en variables dependientes, independientes y de control en línea con lo establecido por Namakforoosh (2000) e incluye también La identificación de las mismas de acuerdo a sus características;

Variabes estratégicas: desde el punto de vista de la rentabilidad, utilidad y costo.

Estas variables no son evaluadas por el modelo.

Variabes de las actividades constructivas asociadas a la ejecución del proyecto: materias primas, mano de obra , tiempo de duración de la actividad y reprocesos. Se considera solo la duración de la Actividad y los reprocesos.

Variables ambientales: Aspectos e impactos sobre el medio ambiente, en las actividades. Variable que es considerada en el modelo.

Variable Clima: influencia del clima en la ejecución de las actividades, la cuál retrasa la ejecución de las mismas. Es considerada en el modelo.

Variables ocupaciones. Accidentes laborales e incapacidades. Variable que es considerada por el Modelo.

En ella se representa la relación de las variables evaluadas las cuales son:

6.2.2.1 Reprocesos.

Esta variable evalúa la influencia en la ejecución de la actividad cuando se deben realizar reprocesos por mala ejecución en cuanto a la Calidad. Se consideraron las siguientes situaciones:

Ningún reproceso: en la actividad no existen reprocesos

Menores: hay algunos reprocesos por aspectos como presentación o terminados pero que no detienen la ejecución de la Actividad.

Parciales Constructivos: se presenta reprocesos en algún aspecto constructivo a criterio del interventor que deben ser corregidos.

Total Constructivo: la ejecución debe ser definida totalmente debido a la calidad técnica constructiva y que debe ser corregida esta decisión es definida por el residente o por el interventor.

6.2.2.2 Aspectos Ambientales

En esta variable se evalúan los aspectos e impactos ambientales que se presentan en la ejecución del proyecto, son evaluados a partir de la matriz de aspectos e impactos ambientales realizado por la empresa. Es importante tener en cuenta aquí que la evaluación y definición de aspectos e impactos ambientales es un requisito del modelo de gestión ambiental ISO 14001:2004, el cuál es establecido por el profesional de HSE de la empresa aplicando los procedimientos y requisitos de ISO 14001:2004. Dicha matriz de aspectos e impactos ambientales es un requisito legal que deben cumplir las empresas del sector de la construcción para poder desarrollar proyectos constructivos.

Los programas ambientales son definidos por la organización para reducir el efecto del impacto ambiental, su definición depende del resultado de la evaluación de aspectos e impactos ambientales quiere decir esto que pueden ser mas o menos dependiendo específicamente del tipo de proyecto, el sitio de ejecución, el ambiente o medio ambiental donde se desarrolla.

Para el caso del modelo se tuvieron en cuenta los programas ambientales definidos para este proyecto del hospital del Guavio, y su aplicación son de uso generalizado en la industria de la construcción como fuente de verificación puede verse para

cualquier sistema de gestión ambiental en el sector de la construcción que los programas asociados a la evaluación de efecto de la variable son de uso generalizado.

Las situaciones definidas son:

Ningún efecto ambiental. En la Actividad no hay ningún efecto ambiental.

Programa 1. Manejo de residuos: la actividad genera residuos los cuales pueden frenar la ejecución de la Actividad si no son retirados del sitio de trabajo en forma adecuada en el momento adecuado.

Programa 2. Manejo de Materiales de obra: la actividad se afecta por la presencia de los materiales empleados en el área de trabajo, este aspecto se relaciona con su uso y evitar su almacenamiento que pueda frenar la ejecución de la actividad.

Programa 3. Gestión de recurso Hídrico, esta relacionado con el empleo y suministro de agua para realizar la actividad.

Programa 4. Manejo de emisiones y ruido. Esta relacionado con la presencia de ruido en el área o emisiones producto de quemas en el sitio de trabajo.

Programa 5. Orden y Aseo. El orden y aseo en las actividades puede afectar la realización de la Actividad debido a la disposición adecuada de equipos herramientas, insumos, materiales que permitan el desarrollo frecuente de la actividad.

6.2.2.3 Seguridad Industrial y Salud ocupacional

Esta relacionado con la aparición de incidentes que atentan contra la salud de los trabajadores y que afectan la ejecución de la Actividad como tiempo perdido por ausentismo o incapacidades y sustitución de personal.

Las situaciones consideradas fueron:

Ningún efecto: no se presenta ninguna situación o acto inseguro.

Incidentes menores: lesiones personales pequeñas que no incapacitan al trabajador para ejecutar la actividad.

Accidentes: accidentes que presentan incapacidades entre 1 y 2 días

Accidentes incapacitantes: generan incapacidades mayores a 3 días.

Los criterios definidos fueron estructurados en compañía del profesional de HSE encargado de la evaluación y seguimiento a las incapacidades o apariciones de incidentes o accidentes laborales que estadísticamente en sus registros se han presentado en la ejecución de proyectos en su organización.

La generalización de estos aspectos depende de la aparición y de los métodos de control establecidos por el programa de salud ocupacional en las empresas del sector de la construcción, sin embargo es importante dejar en claro que los criterios definidos son de evaluación también general por los programas de salud ocupacional de las empresas de este sector.

6.2.2.4 Clima

Esta relacionado con la influencia del clima en la ejecución de las Actividades (tiempo perdido).

Las situaciones climáticas consideradas son:

Sol.

Vientos fuertes.

Aguaceros.

Inundaciones.

Los criterios definidos para la evaluación del clima se establecieron por medio de entrevistas y seguimientos realizados por el residente de obra en el sitio de ejecución de este proyecto.

6.2.3 Probabilidad e impacto de las variables no controlables en la ejecución de la Actividad

Cada variable no controlable es evaluada en la probabilidad de aparición de las situaciones consideradas en cada una de ellas como tiempo perdido, la probabilidad fue estimada de acuerdo a la experiencia y evaluaciones realizadas por la empresa en los registros de seguimiento y control de proyectos establecidos en el proceso de gestión integral, además se realizaron reuniones de entrevistas y evaluación de alternativas de cada situación con el profesional de HSE y el residente de obra.

Para la estimación de la probabilidad la empresa en su experiencia de ejecución cuenta con los registros de generación de cada situación considerada. Se presenta los cuadros 1,2,3,4 la probabilidad de aparición e impacto para cada variable.

La probabilidad es establecida para cada aspecto y la sumatoria de todos en cada variable no controlable suma un valor de 1.

El impacto en la ejecución de la Actividad es un porcentaje de tiempo de retraso de la actividad fue estimado de acuerdo a la demora en la ejecución de la actividad debida a la aparición de la situación. Los porcentajes de impacto en el tiempo de ejecución fueron evaluados y discutidos con la empresa de acuerdo a los registros de control de seguimiento al avance de la actividad y el control de la programación de ejecución del proyecto.

Los impactos de las variables evaluadas se evidenciaron en las reuniones de seguimiento al desarrollo del proyecto en ellos el equipo de dirección del proyecto informó los retrasos en la ejecución del proyecto, el tiempo perdido y los eventos presentados relacionados con incidentes laborales, incapacidades ausencias, y reprocesos.

	Distribución de probabilidad y efecto
--	---------------------------------------

	REPROCESOS	Probabilidad	Efecto
1	Ningún reproceso	0,3	0
2	Menores	0,1	0,05
3	Parciales constructivos	0,3	0,15
4	Total Constructivo	0,3	0,2

Tabla 2. Probabilidad e impacto de los reprocesos.

		Distribución de probabilidad y efecto	
	EVENTOS SISO	Probabilidad	Efecto
1	Ningún efecto SISO	0,2	0
2	Incidentes menores	0,3	0,05
3	Accidentes	0,25	0,1
4	Accidentes incapacitantes	0,25	0,15

Tabla 3. Probabilidad e impacto efecto Ambiental

		Distribución de probabilidad y efecto	
	ASPECTOS AMBIENTALES	Probabilidad	Efecto
1	Ningún efecto Ambiental	0,1	0
2	Programa 1 Manejo de Residuos	0,1	0,1
3	Programa 2 Manejo de Materiales de Obra	0,2	0,3
4	Programa 3 Gestión del recurso Hídrico	0,1	0,2
5	Programa 4 Manejo de emisiones y ruido	0,3	0,2
6	Programa 5 Orden y Aseo	0,2	0,3

Tabla 4. Probabilidad e impacto Seguridad Industrial y Salud Ocupacional

		Distribución de probabilidad y efecto

		Probabilidad	Efecto
	CLIMA		
1	Sol	0,3	0
2	Llovizna	0,2	0,05
3	Vientos fuertes	0,1	0,15
4	Aguaceros	0,2	0,3
5	Inundaciones	0,2	0,3

Tabla 5. Probabilidad e impacto del Clima.

6.2.4 Modelo Básico de Simulación

Se Genera un modelo básico de Simulación de ejecución de la Actividad que considera la probabilidad y el efecto de cada variable no controlable, las cuales se interrelacionan entre si para generar un efecto final en la ejecución de la Actividad. Ver figura 5.

Cada variable aleatoria se evalúa en la ejecución de la actividad. Para explicar el como se ha definido se toma como ejemplo la variable no controlable gestión ambiental para la actividad 1:

Semilla SEMILLA GA1: las semillas permiten definir un número aleatorio, el cuál va a partir al modelo validar en varias circunstancias los resultados de la realización de la actividad. Es una constante, que se puede variar en el modelo a diferentes valores.

Variable aleatoria VARIABLE ALEATORIA GA: Con el valor de la Semilla se genera un número aleatorio.

Variable no controlable VNCGA: aquí la probabilidad se formula en función de la variable aleatoria, permite que la distribución de probabilidad para cada situación establecida pueda ser asignada al azar .

$$VNGA = \text{MAYEPROBGA}(\text{VARIABLE ALEATORIAGA}) \quad (2)$$

Distribución de probabilidad MAYEPROBGA: Se programa aquí la probabilidad asignada de acuerdo a la tabla 6.

Probabilidad	Valor asignado
0	1
0.1	1
0.1001	2
0.2	2
0.2001	3
0.4	3
0.4001	4
0.5	4
0.5001	5
0.8	5
0.8001	6
1	6

Tabla 6. Forma de asignación de la probabilidad variable gestión ambiental.

Decisión de influencia de la variable no controlable ANAELEFECTO GA: aquí se decide si la variable no controlable afecto o no el desarrollo de la actividad toma

valor 0 si no afecta la actividad y 1 si afecta la ejecución de la actividad. La decisión es tomada por el tomador de decisiones.

Efecto de la variable no controlable EFECTOGA: a partir de los valores asignados para la distribución de probabilidad mostrados en la tabla 6 , se crea una relación entre el valor de probabilidad asignado y los porcentajes de efecto de los eventos evaluados en el tiempo de ejecución de la Actividad.

Valor Asignado	Porcentaje de tiempo adicional
1	0
2	0.1
3	0.3
4	0.2
5	0.2
6	0.3

Tabla 7. Asignación de efecto de la variable gestión ambiental

Combinación de efectos ENT EJECUCION NOT ACT C1.: aquí se combinan los efectos de las variables no controlables en la ejecución de la actividad. En la formula 3 se presenta como se calcula.

$$\text{ENTEJECUCIONNOTACTC1} = (1 - \text{ENTEJCPRECLIMA}) * (1 - \text{ENTEJCPREGA}) * (1 - \text{ENTEJCPREPRO}) * (1 - \text{ENTEJCPRESISO}) \quad (3)$$

Norma técnica NTEJECAC1: Aquí se define el tiempo programado para la ejecución de la actividad es un valor específico.

Tasa de ejecución de la Actividad: es el nivel de ejecución de la actividad paso a paso que permite posteriormente en el nivel de ejecución acumular el avance de ejecución de la Actividad en la ecuación 4 ese muestra como esta definida.

$$TASA \ EJECACTC1 = \text{IF THEN ELSE} (NEJECAC1 < 100, \text{IF THEN ELSE}(100 - NEJECAC1 < (100 / NTEJECAC1 * ENTEJECUCIONNOTACTC1), 100 - NEJECAC1, 100 / NTEJECAC1 * ENTEJECUCIONNOTACTC1), 0). \quad (4)$$

Nivel de ejecución de la actividad NEJEC ACT C1: La evaluación de la ejecución de la actividad esta definida en la ecuación 5.

$$NEJEC \ ACT \ C1 = \text{INTEGER} (TASA \ EJECACTC1) \quad (5)$$

En la figura 5 se presenta el modelo básico para la Actividad C1, teniendo en cuenta las cuatro variables no controlables.

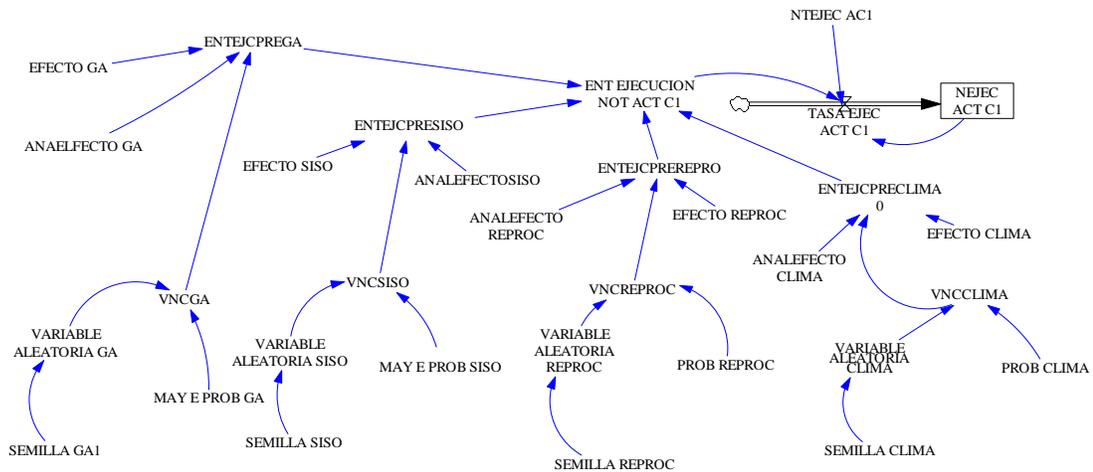


Figura 5. Modelo de simulación Básico

6.2.5 Modelo Simulado

De acuerdo al modelo básico establecido se creo el modelo de simulación de ejecución del proyecto, teniendo en cuenta las dependencias y secuencias establecidas en la tabla 1.

El modelo esta presentado en varias etapas o vistas en la primera se ejecutan las actividades preliminares C1 a C6 . Ver anexo 1.

En la vista 2 se ejecutan las actividades D1 a D11 El modelo permite definir la duración de todas las actividades teniendo en cuenta el efecto de las variables de incertidumbre definidas. Ver Anexo 1.

En la vista 3 se ejecutan las actividades D12 A D27 teniendo en cuenta las relaciones de dependencia entre ellas. Ver Anexo 1.

Etapas 4 en la vista 4 se consolida la ejecución de las actividades y la evaluación final de ejecución del proyecto. Ver figura 6.

La tasa de ejecución total del proyecto esta definida en la ecuación 6.

$$TASA\ EJEC\ PROYECTO = \sum (TASA\ EJEC\ ACT\ C_i) \quad (6)$$

Y el nivel de ejecución del proyecto esta definido en la ecuación 7 como:

$$NEJPROYECTO = \text{INTEGER}(TASA\ EJEC\ PROYECTO) \quad (7)$$

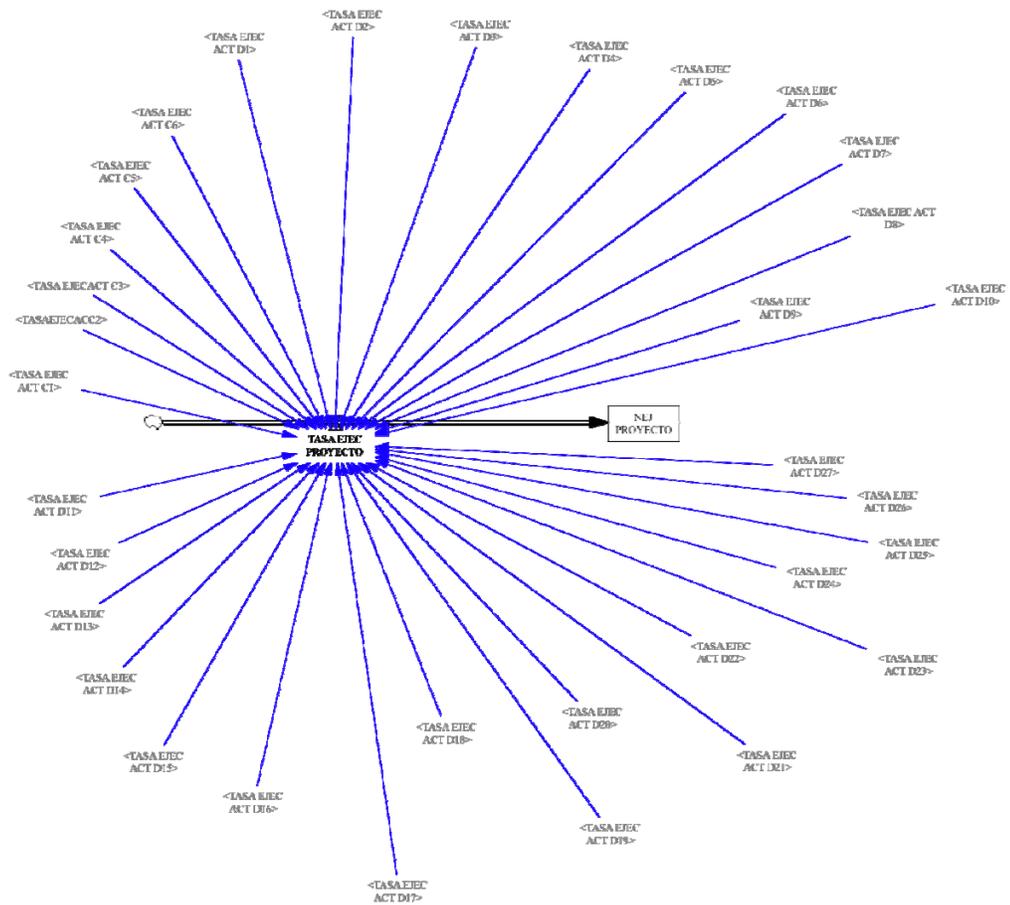


Figura 6, Nivel de ejecución de todo el proyecto.

6.3. Experimentación

El modelo de simulación se evaluó en tres escenarios

Escenario 1. En el se simula la duración del proyecto sin inclusión del efecto de las variables de incertidumbre con los tiempos de duración especificados en la programación del proyecto. Ver tabla 1.

Escenario 2. Evalúa la duración de las actividades y del proyecto con los efectos de las variables de incertidumbre en todas las actividades establecidas.

Escenario 3. Evalúa la duración del proyecto teniendo en cuenta en cada actividad solo el efecto de las variables de incertidumbre bajo el criterio de incidencia definida de acuerdo al tipo de actividad, dicho criterio fue establecido teniendo en cuenta los efectos fundamentales en cada una de ellas.

La incidencia se evaluó para este escenario basados en los datos históricos de influencia de cada una de ellas en las actividades de ejecución del proyecto teniendo en cuenta además el conocimiento interno de la organización y de la experiencia en el desarrollo de proyectos de Ingeniería. En la tabla 8 se presenta la selección de influencia de las variables en cada actividad para el escenario 3.

ACTIVIDADES	ESCENARIO 3			
	EFECTOS VARIABLES NO CONTROLABLES			
	GESTION AMBIENTAL	SEGURIDAD INDUSTRIAL SALUD OCUPACIONAL	REPROCESOS	CLIMA
C. Preliminares				
C1. Replanteo inicial		SI		SI
C2. Valla de Construccion		SI		SI
C4. Señalización		SI		SI
C5. Campamento de obra	SI	SI		SI
C6. Cerramiento de obra	SI	SI		SI
C3. Demoliciones	SI	SI		SI
Constructivas				
D1. Excavaciones en el terreno	SI	SI		SI
D2. Cimentacion	SI	SI		SI
D3. Rellenos	SI	SI	SI	SI
D4. Estructuras en concreto	SI	SI		SI
D5. Acabado de Refuerzo	SI	SI		SI
D6. Mampostería y divisiones		SI		SI
D7. Instalaciones Electricas		SI	SI	
D8. Instalaciones Hidraulicas	SI	SI	SI	
D9. Aire Acondicionado		SI	SI	
D10. Red de gases Medicinales		SI	SI	
D11. Cubiertas y Terrazas		SI	SI	SI
D12. Bases Pisos			SI	SI
D13. Pañetes	SI	SI	SI	SI
D14. Acabados Pisos	SI		SI	
D15. Cielos Rasos		SI	SI	SI
D16. Carpintería Metalica	SI	SI	SI	
D17. Carpintería Madera	SI	SI	SI	
D18. Muebles especiales	SI	SI	SI	
D19. Muebles varios y superficie de trabajo	SI	SI	SI	
D20. Enchapes	SI	SI	SI	
D21. Aparatos Sanitarios y Accesorios		SI	SI	
D22. Pinturas		SI	SI	SI
D23. Cerraduras		SI	SI	
D24. Vidrios y Espejos	SI	SI	SI	SI
D25. Obras Exteriores	SI	SI	SI	SI
D26. Retiro de equipos especiales	SI	SI		SI
D27. Aseo General y aseo final de la obra	SI	SI		SI

Tabla 8 Escenario 3. Criterios de selección de efectos de las variables .

La metodología de definición de estas influencias fue la realización de entrevistas con el personal que toma decisiones en la ejecución del proyecto, conformado por el residente de obra el profesional de HSE y los supervisores o encargados de la coordinación de los diferentes grupos ejecutores del proyecto.

El escenario 3 fue una base de evaluación pero no se quiere decir con esto que no puedan existir otros en donde se evalúe la ejecución del proyecto. Para el caso de la aplicación general del modelo propuesto es fundamental que se evalúe la influencia de las variables establecidas en cada una de las actividades de acuerdo a las necesidades, experiencias y desarrollos definidos por la empresa.

En la tabla 8 se presenta el efecto en la actividad para el escenario 3.

6.3.1 Variaciones en la Semilla

Para evaluar la confiabilidad de los datos resultado de la evaluación de ejecución de las actividades del proyecto se hicieron simulaciones para diferentes valores de la semilla de 100, 150, 200, 2500, 300, 350.

6.3.2 Análisis de intervalo de confianza

Se hicieron 5 corridas del modelo para los valores de semilla seleccionados, a partir de allí se realiza el análisis de intervalo de confianza para una distribución t student

con un error estimado para las actividades de acuerdo a los siguientes criterios y una confianza de 85%. Ver datos Anexo 2.

Duración de la Actividad (días)	Error permitido (días)
0- 15	1
16-30	2
31-45	3
46-60	4
61-90	5
90 o mas	6

Tabla 9 Criterios de asignación de errores.

Los errores permitidos fueron establecidos bajo el criterio de que no todas las actividades ejercen en su duración el mismo efecto en la ejecución del proyecto. Las actividades son en general necesarias para la ejecución adecuada, al evaluar las duraciones de las actividades, se decidió asignar estos errores permitidos indistintamente de la actividad bajo el criterio de lo tolerable para el tomador de decisiones (Director de proyecto).

El valor de distribución t student se calculó para el intervalo de confianza definido y 4 grados de libertad).

Los valores de n estimados obtenidos significan las corridas necesarias para poder asegurar que el intervalo obtenido tiene una confiabilidad del 85%. En la ecuación 8 se muestra su forma de cálculo

$$n=(tstudent*S/error)^2 \quad (8).$$

7. RESULTADOS.

Los resultados de las evaluaciones del modelo se presentan en la tabla 9. Allí se reportan el promedio de duración de las actividades, y los valores optimistas y pesimistas logrados con el intervalo de confianza establecido del 85% .

Los tiempos de ejecución del proyecto con la influencia de todas las variables en todas las actividades (Escenario 2) fue de 945 días con un intervalo de confianza de 951 a 939 días vs un tiempo programado de 533 días genera un 56% de tiempo adicional, comparado con lo real empleado (795 días) se acercó en un 84% .

Frente al modelo de ejecución mostrado en el escenario 3 se realiza la ejecución en 806 días con un intervalo de confianza de 828 a 816 días. Comparando con un tiempo programado de 533 días se obtiene un tiempo adicional de 273 días que corresponde a un 43% adicional. Comparando con el tiempo real de 945 días se acercó en un 98% en la ejecución.

Las actividades para la ejecución del proyecto presentaron en los dos escenarios variaciones en su duración frente a lo programado. En la tabla 10 se presentan los resultados y porcentajes de variación en los dos escenarios.

Para el escenario 2 el porcentaje de tiempo adicional en la ejecución de las actividades tiene un valor promedio del 80%, con un rango de variación del 50% sin embargo, si del análisis del promedio se excluye la actividad C4 (Señalización) y C2 (valla en construcción) que en cuanto a la ejecución de la construcción no se consideran críticas, el promedio de duración es del 80% con un rango del 13%, mostrando que los valores obtenidos de duración son muy cercanos en estas actividades.

Para el escenario 3 se obtiene que el promedio de duración adicional de las actividades es del 49% con un rango de variación del 65%, valores mucho mas distantes en promedio que los obtenidos en el escenario 2. En este caso se observan actividades críticas en cuanto a la duración obtenida, son D1,D2,D3,D4,D5,D13,D18,D19,D20,D24,D25,D26.

En estas actividades es necesario mejorar los controles y seguimientos para garantizar que se ajusten a los tiempos programados y que las variaciones en ellos se encuentren en los límites permitidos.

Con relación a los intervalos de confianza para los tiempos de ejecución de las actividades, teniendo en cuenta los errores permitidos permiten ser mas seguros en la programación que se haga inicial.

ACTIVIDADES	PRECEDENCIA DE ACTIVIDADES	ESCENARIO 1		ESCENARIO 2				ESCENARIO 3				
		TIEMPO DE EJECUCIÓN PROGRAMADO (días)	TIEMPO DE EJECUCIÓN PROMEDIO (días)	Tiempo optimista (días)	Tiempo Pesimista (días)	Rango (días)	error permitido (días)	TIEMPO DE EJECUCIÓN (días)	Tiempo Optimista (días)	Tiempo Pesimista (días)	Rango (días)	error permitido (días)
C. Preliminares												
C1. Replanteo inicial		6	11	11	13	2	1	8	7	9	2	1
C2. Valla de Construcción		2	3	2	4	2	1	3	2	4	2	1
C4. Señalización		5	10	9	11	2	1	7	6	8	2	1
C5. Campamento de obra		10	18	18	20	2	1	16	15	17	2	1
C6. Cerramiento de obra		15	27	25	29	4	2	23	21	25	4	2
C3. Demoliciones	C1,C2,C3,C4,C5,C6	60	103	98	108	10	5	88	83	93	10	5
Constructivas												
D1. Escavaciones en el terreno	C3	86	155	150	160	10	5	140	135	145	10	5
D2. Cimentación	D1	120	218	213	225	12	6	192	187	199	12	6
D3. Rellenos	D1	40	72	69	75	6	3	71	68	74	6	3
D4. Estructuras en concreto	D2,D3	93	168	163	175	12	6	151	146	158	12	6
D5. Acabado de Refuerzo	D4	114	205	200	212	12	6	183	178	190	12	6
D6. Mampostería y divisiones	D2	80	142	138	148	10	5	100	95	105	10	5
D7. Instalaciones Electricas	D4,D6	132	240	234	246	12	6	160	154	166	12	6
D8. Instalaciones Hidraulicas	D4,D6	155	280	274	286	12	6	216	210	222	12	6
D9. Aire Acondicionado	D4,D6	75	133	129	139	10	5	90	86	96	10	5
D10. Red de gases Medicinales	D4,D6	85	152	147	157	10	5	104	99	109	10	5
D11. Cubiertas y Terrazas	D4	113	205	199	211	12	6	160	155	167	12	6
D12. Bases Pisos	D4	35	64	61	67	6	3	47	44	50	6	3
D13. Pañetes	D6,D7,D8,D9,D10	60	109	106	114	8	4	108	105	113	8	4
D14. Acabados Pisos	D7,D8,D9,D10,D12	120	214	208	220	12	6	170	165	177	12	6
D15. Cielos Rasos	D7,D8,D9,D10	55	98	94	102	8	4	78	74	82	8	4
D16. Carpintería Metálica	D13	30	54	53	57	4	2	46	45	49	4	2
D17. Carpintería Madera	D13	15	26	25	29	4	2	22	21	25	4	2
D18. Muebles especiales	D4	25	45	44	48	4	2	39	37	41	4	2
D19. Muebles varios y superficie de trabajo	D13	25	47	46	50	4	2	43	42	46	4	2
D20. Enchapés	D13	120	214	208	220	12	6	186	181	193	12	6
D21. Aparatos Sanitarios y Accesorios	D8	16	29	28	32	4	2	19	18	22	4	2
D22. Pinturas	D6,D13	62	111	107	117	10	5	87	83	93	10	5
D23. Cerraduras	D13	10	19	18	20	2	1	12	12	14	2	1
D24. Vidrios y Espejos	D16	30	54	53	57	4	2	55	53	57	4	2
D25. Obras Exteriores	D4,D6	25	44	42	46	4	2	45	44	48	4	2
D26. Retiro de equipos especiales	D25,D24	5	9	8	10	2	1	8	7	9	2	1
D27. Aseo General y retoques finales de la obra	D26	66	117	112	122	10	5	105	100	110	10	5
TIEMPO TOTAL DURACIÓN PROYECTO		533	944	939	951	12	6	822	816	828	12	6

Tabla 10. Resultados de la evaluación del modelo

ACTIVIDADES	PRECEDENCIA DE ACTIVIDADES	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2		ESCENARIO 3			
		TIEMPO DE EJECUCIÓN PROGRAMADO (días)	TIEMPO DE EJECUCIÓN PROMEDIO (días)	Tiempo Adicional (días)	Porcentaje	TIEMPO DE EJECUCIÓN (días)	Tiempo Adicional (días)	porcentaje
C. Preliminares								
C1. Replanteo inicial		6	11,0	5,0	83%	8	2	33%
C2. Valla de Construcción		2,00	3,0	1	50%	3	1	50%
C4. Señalización		5	10,0	5,0	100%	7	2	40%
C5. Campamento de obra		10	18,0	8,0	80%	16	6	60%
C6. Cerramiento de obra		15	27,0	12,0	80%	23	8	53%
C3. Demoliciones	C1,C2,C3,C4,C5,C6	60	103,0	43,0	72%	88	28	47%
Constructivas								
D1. Escavaciones en el terreno	C3	86	155,0	69,0	80%	140	54	63%
D2. Cimentación	D1	120	218,0	98,0	82%	192	72	60%
D3. Rellenos	D1	40	72,0	32,0	80%	71	31	78%
D4. Estructuras en concreto	D2,D3	93	168,0	75,0	81%	151	58	62%
D5. Acabado de Refuerzo	D4	114	205,0	91,0	80%	183	69	61%
D6. Mampostería y divisiones	D2	80	142,0	62,0	78%	100	20	25%
D7. Instalaciones Eléctricas	D4,D6	132	240,0	108,0	82%	160	28	21%
D8. Instalaciones Hidráulicas	D4,D6	155	280,0	125,0	81%	216	61	39%
D9. Aire Acondicionado	D4,D6	75	133,0	58,0	77%	90	15	20%
D10. Red de gases Medicinales	D4,D6	85	152,0	67,0	79%	104	19	22%
D11. Cubiertas y Terrazas	D4	113	205,0	92,0	81%	160	47	42%
D12. Bases Pisos	D4	35	64,0	29,0	83%	47	12	34%
D13. Pañetes	D6,D7,D8,D9,D10	60	109,0	49,0	82%	108	48	80%
D14. Acabados Pisos	D7,D8,D9,D10,D12	120	214,0	94,0	78%	170	50	42%
D15. Cielos Rasos	D7,D8,D9,D10	55	98,0	43,0	78%	78	23	42%
D16. Carpintería Metálica	D13	30	54,0	24,0	80%	46	16	53%
D17. Carpintería Madera	D13	15	26,0	11,0	73%	22	7	47%
D18. Muebles especiales	D4	25	45,0	20,0	80%	39	14	56%
D19. Muebles varios y superficie de trabajo	D13	25	47,0	22,0	88%	43	18	72%
D20. Enchapes	D13	120	214,0	94,0	78%	186	66	55%
D21. Aparatos Sanitarios y Accesorios	D8	16	29,0	13,0	81%	19	3	19%
D22. Pinturas	D6,D13	62	111,0	49,0	79%	87	25	40%
D23. Cerraduras	D13	10	19,0	9,0	90%	12	2	20%
D24. Vidrios y Espejos	D16	30	54,0	24,0	80%	55	25	83%
D25. Obras Exteriores	D4,D6	25	44,0	19,0	76%	45	20	80%
D26. Retiro de equipos especiales	D25,D24	5	9,0	4,0	80%	8	3	60%
D27. Aseo General y retoques finales de la obra	D26	66	117,0	51,0	77%	105	39	59%
promedio tiempo adicional					80%			49%
Valor Máximo de Variación					100%			83%
Valor Mínimo de Variación					50%			19%
Rango					50%			65%
TIEMPO TOTAL DURACIÓN PROYECTO		533	944,0	411,0	77%	822	289	54%
promedio actividades constructivas D1 a D27					80%			
Valor máximo de duración					90%			
Valor mínimo de duración					73%			
Rango					17%			

Tabla 10. Comparación de los tiempos programados y los obtenidos con el modelo.

8. CONCLUSIONES

Frente al Objetivo General Fue posible generar un modelo basado en la metodología integral y dinámica que combina la dinámica de sistemas y la programación de proyectos para la estimación de la duración de un proyecto de construcción.

Se logro establecer la influencia generada por factores ambientales, de salud ocupacional, técnicos en cuanto a reprocesos y el clima que permitió establecer el tiempo de duración teniendo en cuenta varios escenarios de influencia de las variables de incertidumbre como se explica en el Numeral 6.2.2 .

Con el modelo se establecieron los tiempos de duración de las actividades evaluadas en dos escenarios mostrando una variación Los tiempos de ejecución del proyecto con la influencia de todas las variables en todas las actividades (Escenario 2) fue de 945 días con un intervalo de confianza de 951 a 939 días que vs un tiempo programado de 533 días tiene un 56% de tiempo adicional. Este resultado comparado con lo real empleado (945 días) se acercó en un 84% . En el escenario 3 se realiza la ejecución en 806 días con un intervalo de confianza de 828 a 816 días que vs el tiempo programado de 533 días se obtiene un tiempo adicional de 273 días que corresponde a un 43% adicional. Comparando con el tiempo real de 945 días se acercó en un 98% en la ejecución.

El análisis de las variables de aspectos ambientales y de salud ocupacional fue posible gracias a la existencia del proceso de Gestión integral, en donde se planifica

el cumplimiento de los requisitos de las normatividades ISO 14001:2004 y OHSAS 18001.

Los criterios de evaluación de la variable reprocesos y clima depende de la situación específico de cada organización, por ubicación geográfica (clima), y por calidad y experiencia de los ejecutores de las actividades constructivas, para hacer valida la generalización de la modelación presentada es necesario revisarla, validarla y establecer los criterios, actividades de control necesarias para que sea homologada.

La incidencia de las variables establecidas en la ejecución del proyecto demostraron que la duración planificada es equivocada y que debe incorporarse la evaluación de estas variables en la planificación del proyecto. De hecho el tiempo real y el tiempo ejecutado para el escenario 2 demuestran dicha variación con una variación vs lo planificado del 43%. Para el caso del escenario 3 el tiempo real ejecutado se ajusto en un 98%.

La evaluación de la influencia de las variables en cada una de las actividades es fundamental para lograr establecer un tiempo mas ajustado a la duración del proyecto. De hecho es necesario que en la aplicación del modelo se haga de forma especifica la valoración de la influencia de dichas variables en las actividades.

De forma general las actividades constructivas críticas que definen de forma especifica la duración del proyecto son : D1 excavaciones en el terreno, D2 cimentación, D3 rellenos, D4 Estructuras en concreto, D5 acabados de refuerzo, D13 Pañetes, D18 muebles especiales, D19 muebles varios y superficies de trabajo, D20

Enchapes, D24 vidrios y espejos, D25 retiro de equipos especiales debido a las variaciones en los tiempos de ejecución con relación a lo planificado (ver tabla 10).

Para estas actividades críticas es necesario realizar mayores controles y evaluaciones en la afectación de las variables críticas en cuanto a los aspectos ambientales, los eventos relacionados con salud ocupacional y reprocesos por calidad, mediante programas o planes específicos de seguimiento y control que permitan reducir la variación del tiempo de ejecución y hacer mas segura la finalización de las mismas dentro de los tiempos planificados.

Con relación a los rangos de error permitidos es necesario ejercer mayores controles de seguimiento vía monitoreo permanente de los responsables de su ejecución para garantizar estar dentro de los periodos permitidos, de no ser posible el modelo permite que el tomador de decisiones pueda programar dichas variaciones con mayor confiabilidad y hacer compromisos de finalización mas seguros.

9. RECOMENDACIONES.

Para emplear el modelo propuesto es importante que la organización cuenta con la implementación de los modelos de Gestión Ambiental y de Salud Ocupacional, ya que estos modelos definen la metodología de identificación de aspectos e impactos ambientales y la forma de valorar accidentes laborales.

Es necesario tener los conocimientos técnicos básicos de los sistemas de Gestión Ambiental y de Salud Ocupacional para poder entender la forma en que se deben aplicar las variables en las actividades establecidas en el modelo. Las relaciones matemáticas entre variables de los dos Sistemas (Ambiental y ocupacional) no aportan al objetivo de la evaluación del tiempo de ejecución de la Actividad, y no son del interés del objetivo de la aplicación desarrollada.

Para realizar la aplicación del modelo generado de forma adecuada a la situación de la Organización, es fundamental la etapa de análisis organizacional en donde establecer los objetivos estratégicos de la organización y el como se logran al interior de la empresa permite establecer los procesos de donde se puede obtener la información necesaria y generar la responsabilidades de evaluación y seguimiento para un adecuado uso del modelo

Revisar el efecto de las variables evaluadas (Clima, reprocesos, Gestión ambiental y salud ocupacional) en el caso particular de aplicación que se dese hacer con el objeto de armonizarlo a la situación y aplicación que se le pretenda dar. Para el caso el escenario 3 fue una aplicación específica para el proyecto en donde se desarrolló el modelo.

Revisar las actividades genéricas y agrupar las establecidas para un proyecto en las definidas por el modelo de tal forma que sea adecuada su aplicación .

Evaluar los aspectos del clima para la aplicación del modelo en otros zonas o sitios con el objetivo de garantizar su adecuada aplicación.

Realizar varias corridas del modelo en los escenario establecido para estimar los intervalos de confianza de la ejecución de las actividades y mejorar su planificación en el tiempo de ejecución.

Explorar con mayor detalle la modelación propuesta en cuenta a la influencia de las variables y la forma de establecer su probabilidad y efecto con el ánimo de enriquecer el modelo propuesto.

Continuar con la investigación del desarrollo de este modelo incorporando la evaluación de costos debidos a los retrasos de la ejecución de las actividades y el costo generado por variable cuando una o varias afectan la ejecución de las actividades.

10. BIBLIOGRAFIA.

1. ARACIL J. Y GORDILLO F. Dinámica de sistemas. Ed. Alianza universidad Madrid, España 1ed. 1998.
2. BATTERSBY. A. Planificación y programación de proyectos complejos. Ed. Ariel 2da edición Barcelona España.
3. CHOUCRI. N., International Energy Futures, The MIT Press 1981.
4. FORRESTER J. Industrial Dynamics Ed. Pegasus. Communications. M.I.T Press. Cambridge. 1961.
5. GONZALEZ L, KALENATIC D., LOPEZ C. Informe final proyecto de investigación “metodología integral y dinámica aplicada a la programación de proyectos”, (Working paper) CITAD, Universidad de La Sabana. Chia, Colombia. 2006
6. GUTIERREZ, L. W. FEY. Ecosystem Succession. The MIT Press, 1980.
7. HANNEMAN, R.A. Computer-assisted Theory Building. Sage, 1988.
- ROBERTS E.B. Managerial Applications of system Dynamics. The MIT Press, 1978
8. JACOBSEN, C. Y R BRONSON Simulating Violators ORSA 1985.
9. KALENATIC, Dusko. Técnicas de Planeación de Redes, Ed. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia. 1987.

10. KALENATIC D. **Modelo integral y dinámico para el análisis, planeación, programación y control de las capacidades productivas en empresas manufactureras.** Ed. Instituto de estudios e investigaciones educativas, Centro de investigación y desarrollo científico, Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”. Ed. 1. 166 Páginas. 2001.
11. MEADOWS. D.L., Y D.L. MEADOWS TOWARD Global Equilibrium, Wriugh-Allen Press 1973
12. NAIL,. R.F. Managing The Energy Transition. Ballinger, 1977.
13. NAMAUFOROOSH NAGHI MOHAMMAD. Metodología de la Investigación. Ed Limusa. 2000.
- WOLSTENHOLME,. E., Systems Enquiry, Wiley, 1990.
14. SENGE. P.M. The fifth discipline. Ed. Doubleday. New Cork U.S.A . 1994.
15. WOLSTENHOLME,. E., Systems Enquiry, Wiley, 1990.

11. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA.

1. ARISTIZÁBAL J.& ZÁRATE H. Diseño e implementación de un algoritmo genético para la calendarización de actividades de un proyecto variando la disponibilidad de los recursos. Ed. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogota, Colombia. PP.5-13. 81 paginas. 2006
2. BALLESTIN. F. Nuevos métodos de resolución del problema de secuenciación de proyectos con recursos limitados. Ed. Universitat de Valencia - Servei de publicacions, Primera edición. Valencia, España. PP.5-9. 230 Páginas. 2002
3. ELMAGHRABY S. & KAMBUROWSKI J. The analysis of activity networks under generalized precedence relations (GPRs). Management science. Vol.38, No 9.pp. 1245-1263. Sep 1992

4. FORRESTER J., Principles of systems. Wright-Allen Press. Cambridge. 1968
5. HANNON B., RUTH M. Y MEADOWS D.H.. Dynamic Modeling. Ed. Springer. 2 ed. 388 paginas. 2001
6. HARTLEY H.O. & WORTHAM A.W. A statistical theory for PERT critical path analysis. Management Science. Vol 12, No 10. PP B-469 a B-481. Jun 1966
7. HARTTMANN S. Project scheduling under limited resources. Springer. Berlin, Germany. 221 paginas. 1999
8. KAZAN. H. One application for using PERT methodology in strategic decision. Journal of American Academy of Bussines, Cambridge. Vol.7, No 2. pp. 293-301. Sep 2005
9. KEEFER D. & VERDINI W. Better estimation of PERT activity time parameter. Management Science Vol. 39, No 9. pp.1086-1091. Sep 1993
10. KELLEY J. Critical path planning and scheduling, mathematical basis. Operations research. 9. PP 296-320. 1961
11. MACCRIMMON K.R. & RYAVEC C.A.. An analytical study of the PERT assumptions. Operations research. 12. PP 16-39. 1964
12. NEUMANNK., SCHWINDT C. , ZIMMERMANN J. Project scheduling with time windows and scarce resources. Ed. Ed.Springer. Berlin, Germany. 2 ed., 385 páginas. 2003
13. STERMAN J. D.. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Ed. McGraw-Hill/Irwin. 1 ed. U.S.A.. 1008 Paginas. 2000.