



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA



"OPTIMIZACION DEL PROYECTO DE
CONSTRUCCION DE UNA SUBESTACION"

TESIS DE GRADO
Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO EN ELECTRICIDAD
Especialización: POTENCIA

Presentada por:
ROBERTO RODRIGUEZ N.

Guayaquil - Ecuador
1.988

AGRADECIMIENTO

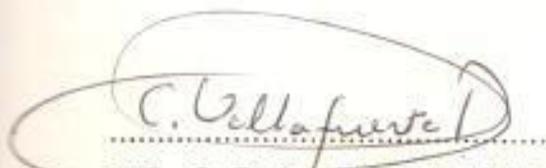
Al Ing. JUAN SAAVEDRA,
Director de Tesis, por su ayu-
da y colaboración para la
realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

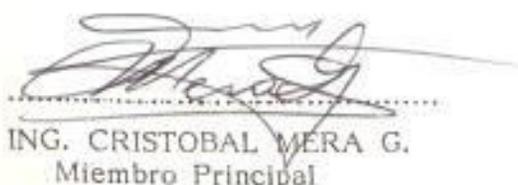
A MIS HERMANOS



ING. CARLOS VILLAFUERTE
Sub-Decano, Facultad de
Ingeniería Eléctrica



ING. JUAN SAAVEDRA M.
Director de Tesis



ING. CRISTOBAL MERA G.
Miembro Principal



ING. CARLOS DEL POZO
Miembro Principal

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).



.....
Nombre y firma del autor

RESUMEN

El Proyecto de Construcción de una S/E puede sufrir durante su ejecución: atrasos, contratiempos, problemas de suministros y de construcción, etc., que producirán un incremento del costo del proyecto y afectará al mismo proyecto de construcción en su ejecución y financiación.

Para lograr la construcción de una S/E dentro del plazo estimado de ejecución y a un costo óptimo, es necesario realizar adecuadamente una planificación, programación y control del proyecto de construcción, y junto a un buen seguimiento y evaluación de la construcción se logrará una actualización y reprogramación, de ser necesario, del proceso de construcción a seguirse bajo la aplicación de acciones correctivas que conlleven a una mejor eficiencia tanto en costo como en tiempo. Aplicando una técnica moderna de planificación, programación y control de proyectos como es la técnica PERT-CPM realizo la programación del proceso de construcción estableciendo un modelo que incluya los siguientes aspectos, tales como: Lista de actividades, Secuencia cronológica, Asignación de recursos, Evaluación de costos y Determinación del tiempo de duración de cada actividad; datos necesarios para realizar el procesamiento de la red mediante la utilización de un programa computacional que aplique el método de la Ruta Crítica y que haga los cálculos necesarios presentando los resultados en informes de salida según sean nuestros requerimientos de control y evaluación del proyecto.

El proyecto de construcción de una S/E implica la realización anticipada del planeamiento técnico y económico del mismo, que incluya varias eta-

pas como son: Estudios preliminares, financiación, diseño, contratación, adquisición y suministros, culminando con la construcción del mismo; pero para fines de estudio del proyecto realizo un análisis técnico de las etapas de diseño y principalmente, de construcción de una S/E, basándome en las especificaciones técnicas adoptadas por INECEL y los conocimientos propios y de investigación para esta tesis.

Desglosando el proyecto de construcción en una lista de actividades, así como conformando la secuencia cronológica de ejecución de las actividades, comienzo la programación del proyecto en estudio. Para lograr la optimización del mismo, será necesario realizar una adecuada asignación de recursos y una evaluación de costos lo más real posible, basándome en ciertos criterios de optimización asumidos. Con el propósito de aplicación y facilidad de análisis considero los costos directos en cada actividad como un fiel reflejo de la inversión realizada en la ejecución de la misma y asumo como recursos los conformados por: Mano de obra y equipos o herramientas. Para el cálculo del tiempo de duración de cada actividad, primero fijo un cierto valor de rendimiento unitario propio de grupo de trabajo (M/O y Equipo) determinado previamente para ejecutar dicha actividad y con la cantidad de obra (civil y/o electromecánica) determinada en su unidad respectiva, calculo la duración posible que tomará ejecutar dicha actividad. Con todos estos datos preparados puedo finalmente realizar el procesamiento de la red y continuar analizando en base a los resultados obtenidos en informes de salida, como parte de la etapa de control y evaluación del proyecto ya antes mencionados.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VIII
INDICE DE FIGURAS	XI
INDICE DE TABLAS	VII
INTRODUCCION	13
I. NORMAS BASICAS DEL PROYECTO	15
1.1. Objetivos	15
1.2. Antecedentes de la Construcción de Subestaciones en el País	17
1.2.1. Sistemas de Transmisión que han sido ejecutados	18
1.2.2. Sistemas de Transmisión que se encuentran en construcción	19
1.2.3. Sistemas de Transmisión que se ejecutarán en el futuro	20
1.3. Técnicas Modernas de Planificación, Programación y control de Proyectos	21
1.3.1. Métodos Tradicionales	22
1.3.2. Métodos a Base de Redes	25
1.3.3. Ventajas de los Métodos PERT - CPM en la construcción de Subestaciones de Transformación	27
1.4. Procedimiento a seguirse en el Proyecto de una Subestación Eléctrica	30
II. TECNICAS DE OPTIMIZACION A UTILIZARSE	33
2.1. El Modelo CPM (Critical Path Method)	33
2.1.1. Red de Actividades	34
2.1.2. Propiedades de las Redes de Actividades	35
2.1.3. Tipos de Red de Actividades	35
2.2. El Modelo PERT (Program Evaluation and Review Technique)	38
2.2.1. Probabilidad de completar un evento en una fecha determinada	41
2.2.2. Limitaciones del Sistema PERT	43
2.3. Establecimiento de un Modelo PERT - CPM	44
2.3.1. Planeamiento	44
2.3.2. Programación	48
2.3.3. Control	55
2.3.4. Pasos para establecer un modelo PERT/CPM	56
2.4. Actividades, Secuencia, Duración	57
2.5. Programación de Recursos Limitados	60
2.5.1. Método de Programación de Recursos (MPR)	61
2.5.2. Reglas Prácticas para Programar Utilización de Recursos	67

2.6. Costos y Tiempos	67
2.6.1. Relación Costo Directo - Tiempo de una Actividad ..	69
2.6.2. Relación Costo Directo - Tiempo de todo el Pro- yector	71
2.6.3. Relación Costo Indirecto-Tiempo	74
2.6.4. Costo Total de un Proyecto	76
2.6.5. Limitaciones del Sistema	77
2.7. Uso del Computador - Paquetes Computacionales	78
2.7.1. Cálculo Manual contra Cálculo Computacional	79
2.7.2. Programas Existentes	81
III. EL PROYECTO DE UNA SUBESTACION DE TRANSFORMA- CION	83
3.1. Etapa de Diseño	84
3.1.1. Filosofía y Planificación del Diseño	84
3.1.2. Consideraciones del Proyecto	86
3.1.2.1. Requerimientos iniciales y finales	88
3.1.3. Factores que inciden en la ubicación de una subes- tación	90
3.1.4. Factores locales de diseño	95
3.1.5. Estudios Eléctricos	99
3.1.6. Características de Diseño	101
3.2. Etapa de Construcción	115
3.2.1. Alcance de los trabajos de construcción	116
3.2.2. Descripción de los Trabajos	117
3.2.3. Sumistro y Transporte de Materiales	120
3.2.4. Programa de Construcción	121
3.3. Actividades de Construcción	122
3.4. Recursos y Costos en la Construcción de Subestaciones	153
3.4.1. Costo de Mano de Obra	154
3.4.2. Costo de Equipo	158
3.4.3. Costo de Materiales	161
3.4.4. Costos Indirectos	163
IV. PROGRAMACION PARA LA CONSTRUCCION DE UNA SUB- ESTACION	165
4.1. Aplicación específica a la S/E de Machala	165
4.1.1. Descripción General de la Subestación	165
4.1.2. Proceso a seguirse en la Programación	168
4.1.3. Datos necesarios para iniciar la Programación	169
4.2. Programación del Proyecto de Construcción de la Subes- tación	171
4.2.1. Lista de Actividades	171
4.2.2. Tabla de Secuencias y su Diagrama	175
4.2.3. Restricciones y criterios de optimización estable- cidos	178
4.2.4. Asignación de Recursos y Evaluación de Costos	180
4.2.5. Evaluación de Tiempos	210
4.3. Procesamiento de la Red y Resultados Obtenidos	211

V. CONTROL Y EVALUACION DEL PROYECTO	241
5.1. Control de un Proyecto y su necesidad	241
5.1.1. Necesidad de controlar el Proyecto	244
5.2. Establecimiento de un Sistema de Información y Control ..	246
5.2.1. Jerarquización de las actividades para control	247
5.2.2. Selectividad del Control	248
5.2.3. Procedimiento de Medición	248
5.2.4. Patrón de Comparación	249
5.2.5. Acciones Correctivas	250
5.3. Revisión periódica del Proyecto durante la construcción ...	250
5.3.1. Fiscalización permanente del Proyecto	254
5.4. Restricciones para la Implantación del sistema	256
5.4.1. Factores Externos	256
5.4.2. Factores Internos	256
5.5. Tipos de Control	258
5.5.1. Control de la Ejecución	258
5.5.2. Control Físico, de Costos	261
5.6. Tipos de Evaluación e Información	264
5.6.1. Evaluación Matemática del Avance	265
5.6.2. Evaluación Tiempo/Costo	272
5.6.3. Evaluación Gráfica del Avance	277
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	282
ANEXOS	299
BIBLIOGRAFIA	317

INTRODUCCION

Conociendo que en nuestro medio, los proyectos de construcción en general, siempre tienden a atrasarse o incumplir con la fecha de terminación, aumentar sus costos de construcción, etc., ha sido mi interés realizar en ésta tesis la "OPTIMIZACION DEL PROYECTO DE CONSTRUCCION DE UNA SUBESTACION".

Con la finalidad de realizar adecuadamente la planificación, programación y control de un proyecto con la mayor eficiencia tanto en costo como en tiempo, y ante la necesidad de un mejor aprovechamiento de los recursos existentes en toda actividad de construcción que se realice, considero para tal efecto la utilización de la técnica PERT-CPM como la herramienta más adecuada, y que a través de su correcta aplicación está llamada a substituir a los métodos tradicionales de programación y control que hasta el momento son utilizados. Además, presento un estudio técnico del proyecto de construcción de una S/E con un análisis detallado de recursos y costos de ejecución.

Empleando la técnica conocida como PERT-CPM que es aplicable a cualquier proceso constructivo, y junto a una adecuada asignación de recursos obtengo la optimización del proyecto de construcción de una S/E, para tal efecto se utilizará el programa computacional HTPM (HARVARD TOTAL PROJECT MANAGEMENT) que aplica el método de la ruta crítica para realizar los cálculos necesarios.

Del procesamiento de datos utilizando el microcomputador como herramienta, obtendremos resultados presentados en informes o reportes de salida que serán considerados necesarios de acuerdo al punto de vista de análisis para llevar a cabo el control y evaluación del proyecto.

CAPITULO I

NORMAS BASICAS DEL PROYECTO

1.1. OBJETIVOS

En los tiempos actuales, dado el crecimiento de las empresas, el avance científico como tecnológico, la complejidad de un proyecto, y debido a la necesidad imperiosa de un mejor aprovechamiento de los recursos existentes en toda actividad que se realice, sirvieron como bases para aplicar esta tesis a la optimización del proyecto de construcción de una subestación eléctrica, siendo necesario una revisión y análisis de los métodos empleados actualmente, con la finalidad de realizar una planificación, programación y control a través de una técnica más adecuada y con la mayor eficiencia tanto en costo como en tiempo.

La técnica que se empleará para la optimización de la construcción será la conocida como PERT-CPM, técnica que es aplicable a cualquier proceso constructivo y que junto a una acertada asignación de recursos permitirá demostrar que dicha técnica es la herramienta más adecuada para realizar la planificación, programación y control de la construcción de una subestación eléctrica, consiguiendo la coordinación de las actividades en construcción, optimizando los recursos de tal manera de lograr la mejor combinación de estos y producir su trabajo con las

condiciones más sencillas al menor costo y en el menor tiempo sin desmedro de sus condiciones técnicas indispensables.

La no utilización de esta técnica en nuestro medio se ha debido en gran parte a la diversidad de las condiciones de construcción que pueden presentarse, a la dificultad de relacionar actividades que corresponden a uno u otro proceso, a la inercia y la resistencia a variar el actual estado de las cosas. Además, es mi objetivo presentar un estudio más detallado del proyecto de construcción de una subestación, realizando un análisis desglosado de los recursos a emplearse y los costos de construcción a financiarse, definidos en forma particular a las características de construcción de la subestación en estudio.

Aplicando la técnica PERT-CPM en la programación del proyecto, permitirá: establecer el orden a seguirse en la ejecución de los trabajos, se podrá conocer en cada momento qué actividades se están realizando, permitirá tener el control sobre el tiempo durante la ejecución del proyecto, siendo posible ir analizando si se están cumpliendo las diferentes etapas dentro de los tiempos previstos, se podrá conocer cuáles son las actividades críticas, de las cuales depende la duración del proyecto. Se analizará cómo realiar la programación de la construcción para poder realizar el proyecto dentro del plazo establecido, se podrá detectar y corregir errores en el transcurso de la realización del proyecto. Se dará énfasis a la programación de recursos, control de costos y análisis de avance, tanto desde el punto de vista del construc-

tor como del fiscalizador. Se utilizará el computador como herramienta para los cálculos, ya que tienen un cierto grado de complejidad y duración considerable.

1.2. ANTECEDENTES DE LA CONSTRUCCIÓN DE SUBESTACIONES EN EL PAIS.

Hata antes de 1970 el servicio eléctrico se lo hacía básicamente a partir de sistemas regionales aislados, los cuales atendían las necesidades de su propia área y no requerían de sistemas de transmisión con voltajes elevados, luego el crecimiento de la demanda de energía eléctrica en el País, ha hecho pensar en la posibilidad de interconectar los diferentes sistemas eléctricos regionales para lo cual se hace necesario la construcción de subestaciones de transformación y de líneas de interconexión que enlacen los mercados eléctricos y permitan una utilización óptima de las centrales generadoras existentes.

En los primeros estudios de planificación realizados por INECEL, a partir de 1966 se estableció la necesidad de desarrollar el Sistema Nacional de Transmisión (SNT) que permita transportar hacia los principales centros de consumo del País, la energía producida por las grandes centrales de generación. Por esta razón INECEL decide la construcción del Sistema Nacional Interconectado (SNI) que constituido por centrales de generación hidráulicas y térmicas, por subestaciones principales de elevación y reducción y por líneas de transmisión, está siendo estructurado

desde 1978 año de entrada en operación del Sistema Pisayambo.

Se orientó la planificación del sistema de transmisión hacia un esquema concebido como un gran anillo troncal a 230 KV, al cual fuirã la potencia de las centrales generadoras y desde donde se servirã a todas las provincias del Païis.

Partiendo de este anillo estãn las lïneas radiales a 138 KV que servirãn al resto de las provincias a travãs de las subestaciones de reducciïn y las lïneas de subtransmisiïn, a los Sistemas de Distribuciïn de las diferentes centros poblados regionales. Esta estructuraciïn del Sistema Nacional Interconectado viene siendo ejecutada en diferentes fases o proyectos de construcciïn segùn la determinada expansiïn del sistema de transmisiïn.

1.2.1. SISTEMAS DE TRANSMISIION QUE HAN SIDO EJECUTADOS.

Las fases o sistemas de transmisiïn que han sido construidos hasta el momento y que se encuentran en operaciïn son:

- Sistema de Transmisiïn Pisayambo
- Sistema Nacional de Transmisiïn: Fase A
- Sistema Nacional de Transmisiïn: Fase B
- Sistema Nacional de Transmisiïn: Fase C1

- Sistema Nacional de Transmisión: Fase C2

Constituidos por las siguientes subestaciones de transformación del SNI:

TRANSFORMACION SUBESTACION DE REDUCCION S/E	CAPACIDAD MVA OA	RELACION DE TENSION KV/KV	ENTRADA EN OPERACION
Vicentina	66	138/46	1977
Ambato	33	138/69	1977
Ibarra	30	138/34.5	1979
Santa Rosa (Quito)	45	138/46	1980
Salitral (Guayaquil)	90	138/69	1980
Quevedo	20	138/69	1980
Santo Domingo	60	138/69	1981
Esmeraldas	45	138/69	1981
Portoviejo	45	138/69	1981
Santa Rosa (Quito)	225	230/138	1982
Pascuales (Guayaquil)	225	230/138	1982
Santo Domingo	100	230/138	1982
Quevedo	100	230/138	1982
Molino	450	230/138	1983
Milagro	100	230/69	1983
Cuenca	60	230/69	1983
Totoras	60	230/138	1985
Totoras	60	138/69	1985

SUBESTACION DE ELE- VACION, S/E:	CAPACIDAD MVA OA	RELACION DE TENSION KV/KV	ENTRADA EN OPERACION
Guangopolo	30	6.6/138	1977
Pisayambo	80	13.8/138	1977
Estero Salado	130	13.8/69	1976/1980
Esmeraldas	90	13.8/138	1981
Santa Rosa	84	13.8/138	1980
Molino	570	13.8/138	1983

1.2.2. SISTEMAS DE TRANSMISION QUE SE ENCUENTRAN EN CONSTRUCCION.

Actualmente se encuentra en construcción el Sistema

Nacional de Transmisión: Fase C3, para interconectar El Oro, Santa Elena, Loja, Riobamba y Tulcán, previniéndose su entrada en operación en 1988, año en el cual el Sistema Nacional de Transmisión quedará estructurado según se ilustra en la Fig. N° 1. Comprende las siguientes subestaciones de transformación:

- S/E Riobamba:	60 MVA, 230/69 KV
- S/E Santa Elena:	40 MVA, 138/69 KV
- S/E Posorja:	20 MVA, 138/69 KV
- S/E Machala:	60 MVA, 138/69 KV
- S/E Loja:	40 MVA, 138/69 KV
- S/E Tulcán:	20 MVA, 138/69 KV
- S/E Milagro:	60 MVA, 69/138 KV

1.2.3. SISTEMAS DE TRANSMISION QUE SE EJECUTARAN EN EL FUTURO.

En el futuro se ejecutaran las siguientes fases o sistemas de transmisión:

- Sistema Nacional de Transmisión: Fase D
- Sistema Nacional de Transmisión: Fase E

Comprenden las siguientes subestaciones de transformación:

- S/E Guayaquil: 225 MVA, 230/138 KV

- S/E Ibarra (ampliación): 20 MVA, 138/69 KV
- S/E Babahoyo: 40 MVA, 138/69 KV
- S/E Latacunga: 20 MVA, 138/69 KV
- S/E Cuenca: 1 posición a 69 KV
- S/E Limón: 1 posición a 69 KV
- S/E Daule-Peripa: 4 posiciones

Quedando de esta manera formado el Sistema Nacional de Transmisión y alimentados todos los Sistemas Eléctricos Regionales del País.

1.3. TECNICAS MODERNAS DE PLANIFICACION, PROGRAMACION Y CONTROL DE PROYECTOS.

El método PERT-CPM (Evaluación de Programas y Técnicas de revisión-Método de la ruta crítica) es una técnica nueva y eficaz en la planificación, programación y control de todo tipo de proyectos. En esencia es la representación del plan de un proyecto en un diagrama o red, que describe la secuencia e interrelación de todas las componentes del proyecto, así como el análisis lógico y la manipulación de esta red, para la completa determinación del mejor programa de operación. Es un método que se adapta a la industria de la construcción, nos brinda un enfoque mucho más útil y preciso, que las gráficas de barras convencionales, anteriormente empleadas como bases de las planeaciones, programaciones y control de la construcción. Esta técnica nos permite la evaluación

y comparación rápida de distintos programas de trabajo, métodos de construcción y tipos de equipo. Una vez que el mejor plan ha sido elaborado en esta forma, el diagrama de la ruta crítica indica claramente las operaciones que controlan la ejecución fluida de los trabajos. Finalmente, durante la construcción, el diagrama provee al director del proyecto de una información precisa de los efectos de cada variación o retraso en el plan adaptado, permitiendo así identificar las operaciones que requieren cambios.

1.3.1. METODOS TRADICIONALES

En toda obra y realización, sea de la importancia que sea, debe haber alguna clase de planificación, programación y control, que nos permitan vigilar como las partes de un programa encajan a través del tiempo.

La primera de ellas fue el sistema de gráficas desarrollado por Henry L. Gantt, en los primeros años del siglo XX, que culminó con la gráfica que lleva su nombre. Aunque sencilla en su concepto, esta gráfica muestra las relaciones de tiempo entre eventos de un programa de producción, este es un método visual de presentación de un plan, para su presentación divide al plan en una serie de actividades principales, luego en un eje de coordenadas se ubica las actividades en orden de ocurrencia en el eje de las ordenadas,

y la escala de tiempo se ubica en el eje de las abscisas, la duración de cada actividad es representada por una barra, que es dibujada paralelamente al eje de las abscisas, este método de presentación de un plan puede ser fácilmente leído, sin embargo tiene sus limitaciones que consisten:

- Al proyecto se lo ha descompuesto únicamente en actividades principales dejando la planeación y programación de actividades menores a juicio del personal directivo secundario sin darles la debida importancia.
- Las intenciones de la planificación original no son fáciles de averiguar por quien no esté familiarizado con el proyecto.
- La lógica del plan está poco clara o, como máximo, queda muy vaga, por lo que esta falta de definición obliga al empleo de soluciones arbitrarias en muchos casos, que modifican el programa y que un plan más explícito habría presentado como incorrectas.
- Por su misma naturaleza, el método del diagrama de barras, hace que sea difícil averiguar posteriormente qué decisiones fueron tomadas al planificar y cuáles al programar. Esto suele ocasionar a

menudo dificultades al tratar de revisar el plan para saber si el programa fue calculado demasiado corto a la fecha término fue modificada durante el curso de la obra.

- Otra de sus limitaciones está dada por la dificultad para controlar el proceso, ya que se tiene poca información relacionada con la utilización de recursos, y además no se puede realizar un seguimiento de las actividades secundarias, ya que no se tiene información de éstas en el diagrama.

- Si las actividades del plan no se han podido cumplir en los tiempos estimados, se necesitará realizar un ajuste que consistirá en comprimir las barras hacia el origen de la escala de tiempos, este ajuste se basará en la experiencia del personal que elabora este diagrama.

- La duración de las actividades y su iniciación con relación a las actividades anteriores esá totalmente al criterio del director del proyecto lo que ocasiona que la duración del mismo resulte arbitraria.

Lo anterior no quiere decir que la utilidad del diagrama de barras haya desaparecido. Una de las mejores representaciones del CPM para pie de obra es en

forma de diagrama de barras, que puede abarcar un período de un mes de la ejecución de la obra proyectada, tomando este método la denominación de CPM - GANT, en este método a las Barras de se le agrega información que es calculada con el CPM. Este diagrama resulta de lectura tan fácil como la de un diagrama de barras del tipo ordinario pero ofrece además mucha información adicional relativa a la importancia de las diferentes tareas a programar.

1.3.2. MÉTODOS A BASE DE REDES

Reconociendo las deficiencias del método tradicional para la planeación, programación y control, en los últimos años se han desarrollado nuevos métodos a base de redes y son: a) Método del camino crítico (PCM) y b) Evaluación de programas y técnicas de revisión (PERT).

Por un lado, la compañía E.T. du Pont de Nemours, estaba construyendo importantes plantas químicas en América. Estos proyectos requerían que el tiempo y el costo fueran estimados con bastante precisión por lo que fue desarrollado el Método del camino crítico a principio de 1957 por el Sr. Morgan R. Walker, entonces miembro del Departamento de Ingeniería de la Compañía E.T. du Pont de Nemours Co.,

y por el Sr. James E. Kelley, Jr. entonces investigador de la Compañía Remington Rand. El Método CPM se puso a prueba por primera vez en el período 1957-58 en la construcción de una planta química y los resultados fueron excelentes.

Desde 1958, el número de aplicaciones del método CPM que se han hecho en Estados Unidos y Canadá es realmente notable. Su uso en el campo de la construcción ha venido aumentando. A pesar de que siempre existen algunas variables inciertas en cualquier proyecto de construcción; el costo y tiempo correspondientes a cada operación pueden valuarse satisfactoriamente y, posteriormente; todas las operaciones pueden revisarse por el CPM, de acuerdo con las condiciones que se hayan establecido originalmente y los imprevistos que se presentan en el momento de su realización.

Por otro lado, la Marina de los Estados Unidos, estaba interesada en el control de contratistas en su programa de proyectiles Polaris, para lo cual en 1958 un grupo de investigadores de la firma Booz, Allen y Hamilton de Chicago, crea el método PERT para facilitar el control del programa Polaris. Los contratos comprendían la investigación y desarrollo de trabajo, así como las manufacturas de componentes que no estaban

todavía hechas. Por lo tanto, ni el costo ni el tiempo podían ser estimados con exactitud, y los tiempos de terminación tenían que estar basados en la probabilidad. Se les pedía a los contratistas, que estimaran el tiempo requerido de sus operaciones con el siguiente criterio: tiempo optimista, tiempo pesimista y tiempo más probable. Posteriormente estas estimaciones se sometían a procesos matemáticos, para determinar la fecha de terminación probable para cada contrato. Por lo anterior, es importante comprender que los sistemas PERT constituyen "un enfoque probabilístico" de los problemas de planeación y control de proyectos, y son más apropiados para la información sobre trabajos en los que existe mayor grado de incertidumbre.

No existe radical diferencia entre los métodos CPM y PERT salvo que en el segundo presupone un estudio probabilístico que estime 3 duraciones: optimista, más probable y pesimista.

1.3.3. VENTAJAS DE LOS METODOS PERT - CPM EN LA CONSTRUCCION DE SUBESTACIONES DE TRANSFORMACION.

Si la construcción de una subestación eléctrica se la realiza utilizando los métodos PERT-CPM desde

sus fases iniciales de planificación y programación, se podrá evitar y resolver de mejor manera los problemas que se presentaran durante el desarrollo del proyecto, se tendrá un criterio de los pasos que se tienen que dar durante la ejecución, de tal forma que puedan tomarse las providencias necesarias como consecuencia de la incertidumbre en la planeación original, así como facilitar la revaluación de futuras dudas.

Facilitará la coordinación y organización de las diversas actividades de que consta el proyecto, estableciendo el orden a seguirse en la ejecución de los trabajos y las fechas en que se requieran determinados materiales, mano de obra, equipo, financiamiento, etc. Una de las principales ventajas es que el uso de las técnicas PERT-CPM permitirá la construcción en el menor tiempo y con el menor costo posible sin desmedro de la calidad técnica indispensable, esto es posible porque estos métodos muestran claramente los procesos cuyos tiempos de terminación definen, la duración total del proyecto; estas operaciones críticas deben mantenerse "continuamente a tiempo", juntas forman una ruta conexa de operaciones dentro de la red que determina la ruta crítica del proyecto. Todas las demás operaciones tienen alguna variación en sus fechas de inicio y terminación (holgadu-

ra), y pueden adaptarse (dentro de ciertos límites) para uniformar los requerimientos de la mano de obra y equipo.

El uso del PERT-CPM permite la planeación más económica, y en forma tal que todas las operaciones sean terminadas en las fechas deseadas. Proporciona el medio para estimar los efectos de todas las variaciones: cambios de orden, trabajos extras, o deducciones; sobre el tiempo de terminación y sobre el costo de los trabajos.

Si el proyecto se ha retrasado y se lo quiere acelerar, se cuenta con la información necesaria para reforzar la marcha y acelerar su ejecución de una manera efectiva sin desperdiciar esfuerzos que resultarían de apurar o aumentar recursos en actividades no crítica, con lo que no se lograría ningún resultado efectivo.

Las ventajas antes mencionadas serán conseguidas siempre y cuando se utilice estas nuevas técnicas de planificación-programación, debiendo ser adaptadas por parte de contratistas que trabajan en construcción de subestaciones y exigido por parte de INECEL en las especificaciones técnicas que son necesarias en las licitaciones, previas a la adjudicación de un

determinado contrato de construcción.

1.4. PROCEDIMIENTO A SEGUIRSE EN EL PROYECTO DE UNA SUBESTACION ELECTRICA.

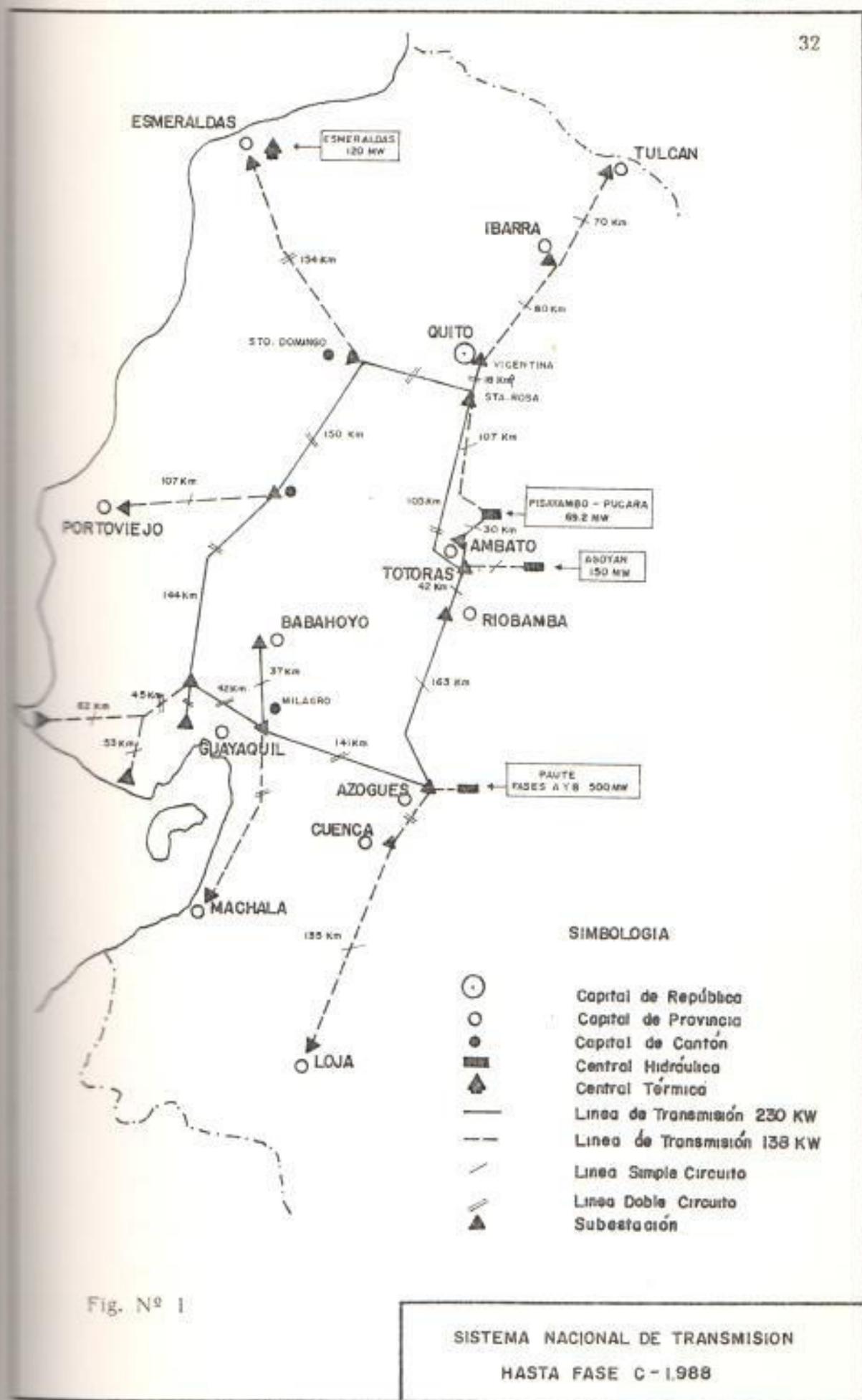
Para realizar la optimización del proyecto de construcción de una S/E, se debe partir de una programación lo más detallada posible y una adecuada asignación de recursos. Para la programación de la S/E, se partirá de las especificaciones técnicas de construcción de subestaciones, y así conformar una lista de actividades, desglosada de una manera adecuada. Una vez definidas las actividades se forma una tabla de secuencias, o red en la que se determinará qué actividades preceden a cada actividad dada, o cuáles se realizan simultáneamente.

Se realiza una estimación de la cantidad de obra de cada una de las actividades; luego, una evaluación de costos en base a la asignación de recursos realizada para cada actividad. El costo directo se descompone en mano de obra, equipo y materiales; la evaluación del costo de c/actividad se realizará en base a grupos de personal y equipos de trabajo formados y a rendimientos unitarios. Con la cantidad de obra y el rendimiento unitario se estima un tiempo de duración por actividad.

Con los datos de costos, tiempos y recursos disponibles se podrá obtener del procesamiento, resultados como: la ruta

crítica, duración del proyecto, costos mensuales y totales, análisis de los recursos que se consideren más adecuados, etc. Todo esto nos da como resultado el programa HTPM que se utilizará para el procesamiento de datos en el microcomputador.

Es de mencionar que para efectos de optimización del proyecto, se tomaron ciertos criterios fundamentales, tales como: mejor utilización del personal, tanto en la especialización de los grupos en una determinada actividad, como en la ocupación total del mismo; balancear el personal entre las diferentes actividades; una correcta secuencia constructiva, etc., todas estas restricciones y criterios de optimización establecidos se los analizará más adelante en el capítulo IV de esta tesis.



CAPITULO II

TECNICAS DE OPTIMIZACION A UTILIZARSE

2.1. EL MODELO CPM (CRITICAL PATH METHOD)

El método del Camino Crítico es un proceso administrativo de planificación, ejecución y control de todas y cada una de las actividades componentes de un proyecto que debe desarrollarse dentro de un tiempo crítico y al costo óptimo.

Se trata de un método DETERMINISTICO, esto es, se desarrolla en un medio en que las actividades de un proyecto son completamente conocidas y de las que se tiene suficiente información. Representa mediante un diagrama o red, el plan de construcción de un proyecto, en el que las actividades de este, se encuentran debidamente coordinadas dándoles secuencia e interrelación; además, nos indica claramente las actividades que controlan la ejecución de la obra, una vez determinada la ruta crítica. Durante el proceso de construcción, el diagrama provee información sobre el desarrollo de cada actividad, dando lugar a un eficiente control. Es un método matemático basado en el tiempo normal para la ejecución de cada actividad. Con la correcta utilización de este método se logra reducción de tiempo, de recursos y del costo del proyecto.

La aplicación del CPM implica el seguimiento de una serie de procedimientos lógicos, tales como: planeación, programación y control, entendiéndose por planeación, el proceso de seleccionar un método y orden, dentro de las posibilidades y secuencias en que podría efectuarse un proyecto; en tanto que la programación comprende el desarrollo del proyecto en el tiempo, es decir, la determinación de los tiempos, recursos y costos de las distintas actividades que comprende el proyecto y la coordinación de las mismas, a fin de poder calcular la duración total; y el control que nos permite realizar el seguimiento de la ejecución del proyecto y la actualización de los planes en caso de que se produzca desviaciones, respecto a la programación original, así como tomar las acciones correctivas en caso de ser necesarias.

2.1.1. RED DE ACTIVIDADES

Una actividad se define como elemento que consume tiempo (dinero, recursos) en un proyecto. En la descripción de una actividad están involucrados el comienzo, el contenido y la terminación. Un proyecto es un conjunto de actividades inter-relacionadas que se realizan para cumplir un objetivo preestablecido, en un tiempo dado.

Una red de actividades es un conjunto de eventos (nodos, vértices o puntos) conectados por un conjunto de activida-

des (arcos, ramas o bordes), estas actividades están dirigidas de un evento a otro, denotándose al evento inicial por "i" y al final por "j" y a la actividad que conecta los dos eventos por (i,j).

2.1.2. PROPIEDADES DE LAS REDES DE ACTIVIDADES

Las redes de actividades cumplen con las siguientes propiedades:

1. Antisimétricas: Una red es antisimétrica si se tiene que la actividad $(i,j) \in P \Rightarrow (j,i) \notin P$
Es decir, una red de actividades no puede contener anillos y entre toda pareja de eventos adyacentes no puede existir más de una actividad.
2. Son fuertemente conexas: Una red es fuertemente conexa, si para todo evento "i" y para todo evento "j" con $i \neq j$ siempre existe un camino.
3. Son transitivas: Es decir, si la actividad "u" precede a la actividad "v" y esta a la vez precede a la actividad "z".
4. Las redes de actividades poseen únicamente un solo evento inicial y un solo evento final. El evento

inicial tiene la propiedad de que de él emanan una o varias actividades, pero ninguna actividad precede al mismo. En cambio, el evento final tiene la propiedad de que es precedido por una o varias actividades, pero este evento no precede a ningún otro evento del proyecto.

5. Las relaciones de las diferentes actividades de la red, son relaciones de precedencias, las cuales son establecidas por la naturaleza, la tecnología o la misma sociedad, donde se lleva a cabo el proyecto.
6. Todos los eventos y actividades de la red, tienen asociado un número o varios, que representan su duración, costo, tiempo de iniciación, etc.

2.1.3. TIPOS DE RED DE ACTIVIDADES

Existen dos tipos de red:

- a) Red de Flechas o Ramas.
- b) Red de Precedencias.

a) RED DE FLECHAS

La red de flechas se compone de los tres elementos siguientes:

Evento o nudo: Evento es un hecho bien definido en el tiempo, que marca una decisión, el comienzo o la terminación de una actividad específica del proyecto (no la ejecución de la misma), ocupa tan sólo un instante en el tiempo, habitualmente está representado por un círculo o bloque.

Actividad o trabajo: La actividad es una parte del proyecto, que se desarrolla entre los eventos sucesivos y consume tiempo, o sea uno de los trabajos requeridos por el proyecto. Cada actividad será representada por una flecha, su origen indica el principio de la actividad y el extremo de la flecha indica la terminación. Una sucesión de flechas representa una secuencia de actividades.

Actividades ficticias: Las actividades ficticias son las que se usan para indicar las imposiciones y dependencias entre ciertos eventos de la red. Tienen una duración y costo de cero. Estas actividades son representadas por flechas punteadas.

b) RED DE PRECEDENCIAS

Con el objeto de evitar las actividades ficticias, se utiliza la red de precedencias o de nodos. En esta nueva notación se considera que cada nodo

(círculo o bloque) representa una actividad del proyecto y las flechas o ramas que conectan a los nodos indican solamente precedencia. Para este tipo de red es necesario a veces un nodo de comienzo y un nodo de terminación, los cuales pueden representar actividades de duración cero (artificiales). Cabe anotar, que este método es poco utilizado. Es decir, la red es en realidad un diagrama de las actividades necesarias e interrelacionadas para lograr el objetivo final del proyecto. Y está constituido por cadenas o trayectoria de eventos y actividades consecutivas requeridas para desarrollar el proyecto desde su punto inicial hasta su terminación.

2.2. EL MODELO PERT (PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE)

El PERT introduce la incertidumbre en los tiempos estimados para las duraciones de las actividades, y por ende, del proyecto. Es por lo tanto, apropiado para programar y controlar proyectos compuestos principalmente de actividades cuyos tiempos de duración están sujetos a variaciones considerables que pueden ser provocadas por factores, tales como: el clima, fallas de equipos, problemas de personal, duda en los métodos o procedimientos a utilizar, etc.

El PERT considera la duración de una actividad como variable

aleatoria, cuya distribución de probabilidad sigue aproximadamente la ley "BETA" de distribución, para lo cual determina tres tipos de tiempos: (Fig. N° 2).

TIEMPO OPTIMISTA (a): Es el tiempo más corto en que podría razonablemente esperarse la terminación de la actividad.

TIEMPO MAS PROBABLE (m): Es el tiempo más frecuente para que una actividad se realice.

TIEMPO PESIMISTA (b): Es el tiempo más largo en el cual la actividad puede ser realizada.

Estas tres estimaciones del tiempo, son usadas para calcular el tiempo de duración de la actividad, llamado tiempo esperado (te), mediante la siguiente expresión:

$$te = \frac{a + 4m + b}{6}$$

donde te: tiempo esperado

a: tiempo optimista

m: tiempo más probable

b: tiempo pesimista

Como el valor de "te" es calculado estadísticamente, deberá tener un cierto rango de inseguridad asociado a él. Esta incertidumbre es relativa al grado de variación entre los plazos optimis-

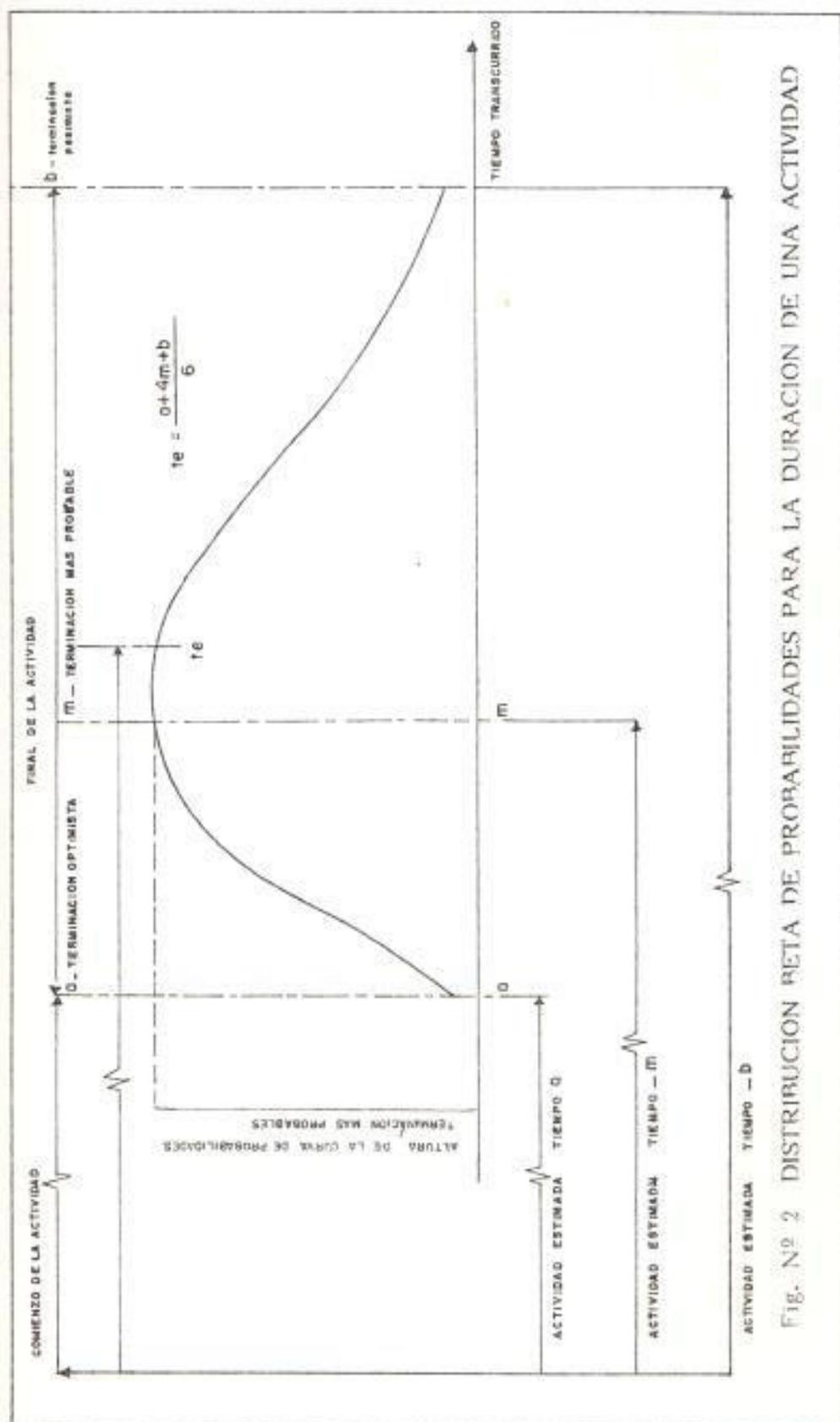


Fig. N.º 2 DISTRIBUCION BETA DE PROBABILIDADES PARA LA DURACION DE UNA ACTIVIDAD

ta y pesimista de la actividad y la obtenemos mediante la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{b - a}{6} \quad \text{ó} \quad V_j = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

donde: σ : desviación estándar

V_j : varianza

Las estimaciones de los tiempos optimista, pesimista y más probable, no deberán ser influenciados por el tiempo disponible para completar el proyecto, ya que esto invalida completamente las actividades del PERT.

2.2.1. PROBABILIDAD DE COMPLETAR UN EVENTO EN UNA FECHA DETERMINADA

En base a las tres estimaciones del tiempo de duración de una actividad, es posible conocer la probabilidad de que el proyecto termine en una determinada fecha y un posible rango de tiempo para la terminación del proyecto con las respectivas probabilidades. Si el cálculo se lo hace para un evento final, se podría calcular la probabilidad de que el proyecto sea terminado en el tiempo programado, en menos tiempo, o en un tiempo mayor, es decir, en cualquier fecha determinada.

Para esto se considera que el tiempo de terminación

de un evento tiene una distribución normal de probabilidad con un tiempo medio esperado EST_i , que corresponde al tiempo más temprano de comienzo de las actividades que salen de ese evento; y, una varianza σ_i^2 , que corresponde a la suma de las varianzas de las actividades que están en el camino más largo entre el nodo de iniciación y el nodo para el cual se calculan las probabilidades. La determinación de la probabilidad de que el proyecto se realice en una fecha determinada se efectúa en la siguiente manera:

1. Se halla la función z de probabilidad según la fórmula siguiente:

$$z = \frac{T_s - T_e}{\sqrt{\sum V_j}}$$

donde: T_s : tiempo o fecha determinada

T_e : tiempo esperado

$\sum V_j$: es la suma de las varianzas de las actividades utilizadas para calcular T_e .

2. Con este valor de z y con la ayuda de las tablas de distribución normal se determina el nivel de probabilidad. Si el plazo fijado T_s es anterior a la fecha esperada T_e , la probabilidad es inferior al 50%; si el plazo dado coincide con T_e , la probabilidad de cumplir el plazo será del 50%; y para los plazos

datos que se extienden más allá de la fecha esperada, esta probabilidad supera el 50%.

2.2.2. LIMITACIONES DEL SISTEMA PERT

1. No es rigurosa la condición de que la variable tiempo sea aleatoria, pues (a), (m) y (b) obedecen a la magnitud de los trabajos y a la disponibilidad de recursos.
2. A los tiempos se les atribuye una distribución de frecuencia del tiempo (Beta) tan solo por comodidad de cálculo de (T_e) y (σ) , valores no demostrados rigurosamente.
3. Solo es posible aplicar el sistema cuando existe un camino lo suficientemente largo entre el evento inicial y el evento analizado.
4. La determinación de los valores de (a), (m) y (b) debe tener un respaldo histórico-estadístico bastante sólido.
5. Con la experiencia adquirida es posible apreciar directamente el tiempo esperado (T_e) de las actividades.
6. Prácticamente el PERT se encuentra en desuso.

7. Su utilización se recomienda para proyectos en los cuales la duración de las actividades es incierta, como los proyectos de desarrollo o investigación.

2.3. ESTABLECIMIENTO DE UN MODELO PERT - CPM

Una verdadera planeación, programación y control de proyectos debe involucrar todas y cada una de las variables técnico-económicas y administrativas necesarias en la Administración de Proyectos.

Las técnicas PERT-CPM cumplen eficazmente estos requisitos y nos conducen sistemáticamente a la consecución del objetivo deseado, por ello, en la actualidad se las considera las más adecuadas para la programación y control de proyectos para lo cual se requiere la aplicación de estas técnicas en las siguientes etapas: Planeamiento, Programación y Control.

2.3.1. PLANEAMIENTO

La etapa de planeamiento consistirá de las siguientes fases:

Estudios

Análisis

Ordenamiento o Secuencia.

FASE DE ESTUDIO DEL PROYECTO

- Determinación de Metas y Objetivos: Se determina el trabajo que se debe realizar y cómo lograr la ejecución del mismo al mínimo costo, en el tiempo más adecuado y con la utilización óptima de recursos.

- Directrices: Son lineamientos bajo los cuales se va a realizar el proyecto, siendo estas directrices de tipo: material, como la subordinación de la fuerza de trabajo y el costo en beneficio del plazo; social, subordinando la mecanización a la utilización de la mano de obra local con incremento de plazo y costo; ó económico, como la subordinación de recursos y plazos de acuerdo a las circunstancias financieras que dispondrá la obra.

- Antecedentes: Consiste en la recopilación de información acerca del proyecto a realizarse, conteniendo información acerca de los antecedentes del proyecto, de construcción, geográficos, regionales, económicos, sociales, geopolíticos y empresariales.

FASE DE ANALISIS DEL PROYECTO

Consiste en establecer una subdivisión de la obra en actividades y eventos, hitos básicos y/o puntos de control, con miras a formular un plazo de trabajo. Para realizar la fase de análisis se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Las actividades son elementos que consumen tiempo, recursos y que tienen un costo. Todas las actividades deberán tener un nombre, descripción, dependencia, un código.

- Los eventos son sucesos esperados que ocurren en un cierto instante y constituyen los hitos básicos de un plan de trabajo, estos hitos tienen duración despreciable. Todo evento deberá ser descrito y asociado al proyecto.

- Las actividades del mismo orden y naturaleza semejante deben ser comparables entre sí, ya sea por su costo, por su dificultad, por su duración o su importancia relativa.

- Puede modificarse el orden de magnitud "n" de las actividades de un proyecto por factores como: antecedentes del proyecto, precisión de los resultados, antecedentes previos, experiencia de los ejecutores, presentación del programa, etc.

FASE DE ORDENAMIENTO O TECNICA DE PLANEACION POR REDES

Consiste en establecer entre todas las actividades componentes de una obra una relación de orden estricto

asociado de acuerdo a las restricciones establecidas entre ellas.

Establecer una relación de orden o restricciones.-

Se deben indicar cuáles actividades son simultáneas, cuáles son inmediatamente anteriores y cuáles son inmediatamente posteriores. Para lo cual se tomará en cuenta:

- Limitación de espacio; que obliga a realizar en secuencia una actividad, cuando otra ya ha sido terminada.
- Limitación de recursos; para fines de secuencia hay que tomar en cuenta la disponibilidad de recursos.
- Limitación tecnológica; nos obliga a realizar un determinado proceso constructivo en un orden preestablecido.
- Limitación de responsabilidad; que obliga a que las órdenes se cumplan de la manera prevista aunque aparentemente no tengan razón lógica.

Representación del ordenamiento de actividades.-

Este ordenamiento puede representarse ya sea mediante una red de flechas o ramas (red i,j) o mediante una red de precedencias.

2.3.2. PROGRAMACION

Una vez que se ha completado la elaboración lógica del plan, el siguiente paso del método PERT-CPM es el establecimiento de un programa de acciones. La etapa de programación complementa el planeamiento y su objetivo es evaluar los planes de trabajo escogidos.

En la programación de obra deben considerarse los siguientes procesos: asignación de recursos, estimación de tiempo y costo, procesamiento de redes o mallas, utilización de recursos, factibilidad y optimización, programas e informes.

- Asignación de recursos: Consiste en buscar una adecuada distribución para así obtener una correcta utilización de los recursos, entendiéndose por recurso todo elemento material o humano requerido para la realización de una actividad, los recursos que deben ser asignados son: mano de obra, maquinaria o instrumentos, materiales, métodos de trabajo y financiamiento.

- Estimación de tiempo y costo: Es necesario los tres parámetros del proceso de programación como son: cantidad de obra, recursos necesarios y la duración de la obra, parámetros necesarios para lograr los objetivos de la construcción. Se debe estimar la duración y el costo de todas las actividades del proyecto y de la obra total. En la realización de este paso existe una diferencia entre el PERT y el CPM, ya que el primero se basa en un tiempo probabilístico, y el segundo en un tiempo determinístico.

Hay que considerar los tres casos siguientes:

Caso más frecuente: Conocida la cantidad de obra y los recursos, determinar la duración (programación).

Caso de atraso de la obra: Conocida la cantidad de obra y la duración, determinar los recursos (reprogramación).

Caso de postergación de la obra: Conocidos los recursos y la duración, determinar la cantidad de obra.

Para asignar el tiempo de duración de una actividad

debemos basarnos en la manera más eficiente para terminarla, de acuerdo con los recursos disponibles, y se lo obtiene de la relación entre la cantidad de obra de dicha actividad y el rendimiento, entendiéndose por rendimiento, la cantidad producida en el lapso elegido. El costo de una actividad está representado por el precio unitario de dicha actividad, y el costo total de la obra por el presupuesto de la obra.

- Procesamiento de Redes o Mallas: Una vez que tenemos la red de actividades con sus respectivos tiempos de duración, procedemos a determinar la ruta crítica, que es la secuencia de actividades conectadas desde el inicio hasta la finalización del proyecto y tienen el tiempo de duración más largo, su obtención nos permitirá conocer qué actividades definen la duración del proceso, a las que se les llama actividades "críticas". Por consiguiente, existen las actividades "no críticas", cuyos tiempos de duración relacionados a los de las anteriores nos da como resultado las denominadas holguras.

Para el cálculo del camino crítico se hacen necesarias las siguientes definiciones:

Tiempo más temprano de iniciación (EST): Es el tiempo más temprano posible al cual una actividad puede ser comenzada.

$$\text{EST}(i) = \text{Máximo (EFTs)}$$

de una actividad de las actividades
que sale del nodo que entran al nodo

Tiempo más temprano de terminación (EFT): Es el tiempo más temprano posible al cual una actividad puede ser completada.

$$\text{EFT}_i = \text{EST}_i + \text{Duración } i$$

Tiempo más tardío de terminación (LFT): Es el tiempo más tardío al cual una actividad puede ser completada sin retardar ninguna otra actividad.

$$\text{LFT}(i) = \text{Mínimo (LSTs)}$$

de una actividad de las actividades
que entra al nodo que salen del nodo

Tiempo más tardío de iniciación (LST): Es el tiempo más tardío al cual una actividad puede ser comenzada sin retardar ninguna otra actividad.

$$\text{LST}_i = \text{LFT}_i - \text{Duración } i$$

Holgura Libre (HL): Es la cantidad total de tiempo que la actividad puede ser retrasada sin que se retrase ninguna otra actividad.

$$HL(i) = \text{Mínimo (ESTs) de las actividades que siguen a la actividad en cuestión} - EFT(i).$$

Holgura Total (HT): Es la cantidad total de tiempo que la actividad puede ser retrasada sin que se retrase todo el proyecto.

$$HT(i) = LFT(i) - EFT(i)$$

$$HT(i) = LST(i) - EST(i)$$

El camino crítico está determinado por las actividades cuya holgura total es cero, estas actividades se denominan críticas y son las que fijan la duración total del proyecto.

- Utilización de Recursos: No solo es necesario asignarse los recursos a cada actividad, sino que además debe conocerse la utilización o distribución de estos en el período de construcción de la obra, a objeto de evaluar los servicios e instalaciones que se requieren en el proceso constructivo y usarlos óptimamente.

Se puede aprovechar la propiedad de la holgura en la utilización de recursos, ya que la ubicación de las actividades en el tiempo puede no ser indefectiblemente único; por el contrario, se pueden permitir desplazamientos en el tiempo sin afectar los objetivos de plazo del proyecto total.

Cuando el uso de holguras no es suficiente para programar la utilización de recursos, hay otras posibilidades:

- Desplazamiento de tareas usando márgenes
 - Cambio de la modalidad de ejecución
 - Aumento del plazo de ejecución
 - Cambio de la fuente proveedora del recurso
 - Cambio del tipo de recurso
 - Toda utilización de recursos conlleva una nivelación, es decir, una optimización del proyecto.
- Factibilidad y Optimización: En el proceso de factibilidad y optimización, utilizando PERT y CPM se incorpora al grafo actividad tiempo, el concepto de costo de cada actividad. En esta fase se trata de optimizar los costos con el objeto de reducir el tiempo de duración del proyecto. Puesto que surge la duda sobre el grado de precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos en

el procesamiento, sobre posibilidades de cumplimiento del plazo fijado y alcanzar la fecha de puesta en servicio de la obra a tiempo, entonces nace el PERT/CPM/COSTO como elemento de planificación y de información para ayudar al control de ejecución de proyectos.

El concepto de establecer un costo mínimo, está relacionado con la designación de los recursos generales a las diferentes actividades. La forma de la curva costo - tiempo forma la base para la redesignación. La forma como encontrar el costo mínimo y un tiempo óptimo de realización se tratará más adelante en el subcapítulo costos y tiempos.

- Programas e Informes: Finalmente, la programación de la obra concluye con la presentación de programas de construcción que cumplan con los requisitos y metas de la programación. Naturalmente que dichos informes de resultados estarán dependientes del sistema PERT/CPM a usarse, teniendo para el propósito de esta tesis el sistema HTPM (HARVARD TOTAL PROJECT MANAGEMENT), que proporciona diferentes tipos básicos de informes de salida o reportes, los cuales pueden presentarse en forma tabular o gráfica de acuerdo al criterio

de evaluación y control que se requiera aplicar durante la ejecución del proyecto.

2.3.3. CONTROL

El planeamiento y la programación constituyen la base en la implantación de cualquier proyecto. La programación de un proyecto es inicialmente establecida antes que el proyecto empiece, pero como está sujeta a variaciones durante el curso del mismo, es necesario establecer la información adecuada que permita disponer de un conocimiento actualizado de los planes en cualquier momento del desarrollo del proyecto.

Por ello, no solo es necesario planear y programar sino que debe controlarse la ejecución, procurando se encuadre dentro de los límites previstos. El objetivo fundamental que persigue el control, es asegurar que los programas, subprogramas, proyecto y sus diversas actividades, se ajusten a lo programado y al mismo tiempo cumplan con los requisitos y metas de la programación. La parte correspondiente a control del proyecto se tratará ampliamente en el capítulo V.

2.3.4. PASOS PARA ESTABLECER UN MODELO PERT/CPM

1. Definir las diferentes actividades de que consta un proyecto. Esta definición depende de los requerimientos de información de los niveles de toma de decisión en una empresa (estratégico, táctico, técnico).
2. Establecer una secuencia lógica entre las actividades.
3. Calcular el tiempo de duración de una actividad (costo, recursos).

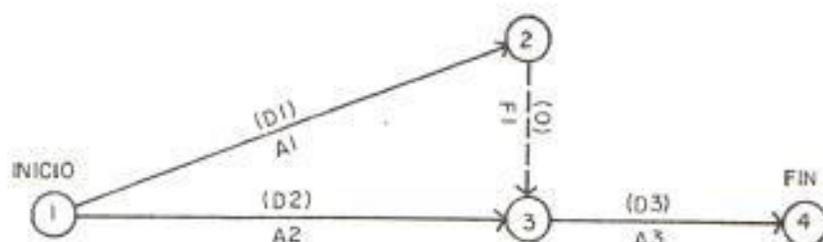
Para determinar el tiempo de duración de una actividad, es necesario conocer:

- a) El volúmen del trabajo a realizarse.
- b) La cantidad de recursos a utilizar en la actividad.
- c) El rendimiento (mano de obra, equipos, etc).

Otros factores que intervienen en el cálculo de la duración de una actividad son: el tipo y las condiciones de trabajo, la localización, el clima, las herramientas y equipos disponibles, el nivel de capacitación de los obreros y el grado de supervisión.

2.4. ACTIVIDADES, SECUENCIA, DURACION

Para poder conformar una red de actividades es necesario considerar un mismo formato y simbología a lo largo de toda red a conformarse, siguiendo las relaciones entre las actividades para establecer la topología de la red y la secuencia lógica de la misma. Tomaremos como ejemplo ilustrativo la siguiente red de ramas:



donde:

A1 = Nombre de la actividad N^o 1

D1 = Duración de la actividad N^o 1

F1 = Actividad ficticia N^o 1

Cada rama de la red representa una **ACTIVIDAD**, o sea uno de los trabajos requeridos por el proyecto.

Cada nodo representa un **EVENTO**, o sea un instante en el tiempo cuando las actividades que llegan a ese nodo se han completado.

Las flechas indican la secuencia en la cual los eventos deben ser alcanzados.

- Lógica de una Red:

1. Una actividad o evento debe preceder inmediatamente a otra actividad o evento. (Excepto para el último de la red, el que se conecta con el fin).
2. Una actividad o evento debe suceder inmediatamente a otra actividad o evento. (Excepto para el primero de la red, el que está como SOURCE).
3. Una actividad o evento pueden ser efectuados u ocurrir simultáneamente con otra actividad o evento.
4. Una red o malla muestra la interrelación entre las actividades de una manera cronológica y secuencial.
5. El principio básico es que ciertas actividades deben ser completadas antes que otras puedan ser empezadas. La red debe seguir un orden cronológico dictado por las características del proyecto.

- Reglas al estimar duración de las actividades:

1. Hacer estimaciones de tiempo como ejecución "normal" de las actividades con los recursos disponibles.
2. Considerar el tiempo con presencia de factores atmosféri-

cos y sin su presencia.

3. No hacer distribución que favorezca a determinada actividad.
4. No asumir duración del proyecto mientras se estima la duración de las actividades.
5. No es necesario precisión o exactitud absoluta para estimar las duraciones.
6. No hacer previsiones de contingencias incontrolables, como sobretiempos, huelgas, entregas atrasadas, autorizaciones atrasadas, mal tiempo, fuerza mayor, etc.
7. La unidad de tiempo depende del tipo de proyecto y debe ser homogénea.
8. Considerar el exceso de tiempo de ciertas actividades con motivo de la unidad de tiempo empleada y la forma en que se complementa la misma.
9. Debe alentarse pero no presionarse a dar duraciones estimadas.

2.5. PROGRAMACION DE RECURSOS LIMITADOS

En una red, las actividades no críticas, pueden ser realizadas de dos maneras, en tiempos tempranos y en tiempos tardíos, pero independientemente de las condiciones de requerimientos de recursos de actividades simultáneas. Por lo tanto, es necesario realizar una programación de recursos limitados para acomodar las limitaciones en la disponibilidad de recursos.

Los recursos son analizados para:

1. Determinar los niveles de programación (en tiempo) requeridos para implementar el proyecto.
2. Alterar un plan de trabajo no factible de una manera eficiente, de tal forma de convertir el proyecto en un proyecto factible.

La limitación de determinados recursos durante la realización de un proyecto puede ocasionar retrasos en la finalización del mismo; pero el problema surge cuando varias actividades tienen que desarrollarse paralelamente, y los recursos a utilizarse se acumulan. La acumulación técnica exigida en caso de no contar con recursos suficientes provocarían conflicto. En este caso la solución es:

- Adquirir recursos adicionales en otras fuentes.
- Reprogramar las actividades en el proyecto.

En el primer caso se tendría que invertir una cantidad de dinero en alquiler de maquinaria, mano de obra no fijada o materiales. Esto provoca incurrir en costos adicionales a los programados inicialmente, lo que se reflejaría en un aumento del costo total del proyecto.

En el segundo caso, el reordenar las actividades aprovechando de sus holguras, tratando siempre de no incrementar la duración del proyecto o tratando de que este incremento sea mínimo. Para realizar la reprogramación de las actividades se puede utilizar el Método de Programación de Recursos (MPR) que a continuación se explica.

La decisión de elegir entre una u otra solución, dependerá del análisis económico de las dos alternativas a aplicarse.

2.5.1. METODO DE PROGRAMACION DE RECURSOS (MPR)

El MPR es un procedimiento diseñado para modificar redes (proyectos) no factibles en forma óptima. El objetivo de este método es reprogramar la secuencia de actividades, de tal manera que los conflictos de recursos sean resueltos y la duración del proyecto sea incrementada en una cantidad mínima.

Este procedimiento puede ser implementado solamente después que los resultados han sido obtenidos por

lo menos una vez. Los requerimientos de información para este método son:

1. Los niveles de recursos necesarios para la realización de una actividad en el tiempo especificado.
2. la disponibilidad máxima de cada recurso.

Se deberá tener presente que, en general, la cantidad mínima disponible de cada recurso deberá ser mayor o al menos igual que la máxima cantidad de aquel recurso requerida por una sola actividad en el plan de trabajo.

La única consideración a tomarse en cuenta cuando existe una disponibilidad ilimitada de algún recurso, es la de conservar lo más constante posible el nivel de requerimientos del recurso durante la ejecución del proyecto de tal manera de evitar fluctuaciones extremas.

Supongamos que tres actividades P, Q y R tienen las siguientes características:

ACTIVIDAD	DURACION	RECURSO	$\frac{GRUAS}{DIA}$	EST	EFT	LST	LFT	HT
P	5	1		7	12	7	12	0
Q	4	1		6	10	8	12	2
R	5	1		8	13	9	14	1

La disponibilidad máxima del recurso grúas es 2 grúas/día.

El diagrama de barras sería el indicado en la figura N° 3 .

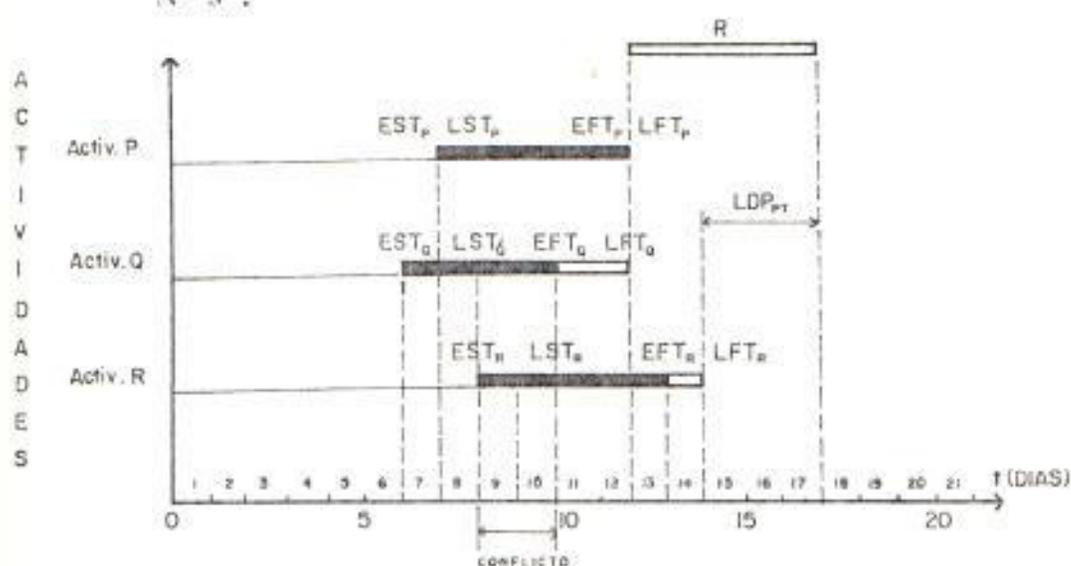


Fig. 3 DIAGRAMA DE UTILIZACIÓN DE RECURSOS DEL EJEMPLO.

Como se dispone sólo de 2 grúas, y para la realización de cada actividad se requiere de una, en los días 9 y 10 se produce un conflicto de recursos, puesto que se requiere de 3 grúas para c/día.

Examinemos las siguientes posibilidades para reprogramar las actividades y tomando dos cada vez, resolver el conflicto sin incrementar la duración del proyecto, o con un incremento mínimo de ésta. Por ejemplo:

P podría seguir a Q.

Q podría seguir a P.

P podría seguir a R.

R podría seguir a P.

R podría seguir a Q.

Q podría seguir a R.

Es decir hay 6 asociaciones posibles, entre las cuales se deberá escoger el óptimo. En general las posibles asociaciones de n actividades tomadas en grupos de m están dadas por:

$$A_n^m = \frac{n!}{(n-m)!}$$

Para desarrollar un criterio para una reprogramación óptima, asumimos que el mejor plan es permitir que R siga a P. Si se puede realizar esto, el incremento en la duración del proyecto (IDP_{pr}) puede ser calculado como sigue:

$$IDP_{pr} = EFT_p + \text{Duración R} - LFT_R$$

Sin embargo:

$$\text{Duración R} - LFT_R = - (LFT_R - \text{Duración R}) = -LST_R$$

Por lo tanto:

$$IDP_{PR} = EFT_P - LST_R$$

En general si una actividad J es reprogramada para seguir a una actividad I , el incremento en la duración del proyecto será:

$$IDP_{ij} = EFT_i - LST_j$$

Ya que el objeto de este procedimiento es minimizar IDP , se debe seleccionar para seguir a una actividad i , la actividad j entre las que producen el conflicto, tal que LST_j es el máximo, y la actividad i será aquella con el mínimo EFT_i . Se debe tomar en cuenta que para realizar la programación hay que efectuar dos operaciones a la vez y que el último objetivo es resolver el conflicto. Si el incremento en la duración resulta ser negativo, esto indica que la holgura total de la actividad que sigue no ha sido excedida y, consecuentemente la duración del proyecto no se incrementará.

Regresando al caso planteado:

$$IDP_{qr} = EFT_q - LST_r = 10 - 9 = 1 \text{ día.}$$

Por lo tanto, si R es reprogramada para seguir a Q , el incremento en la duración del proyecto será de 1 día, y esta precedencia deberá ser tomada en

cuenta en la red cuando se realicen los cálculos nuevamente.

Ahora, si tecnológicamente no es factible cambiar la secuencia lógica de las actividades; en este caso, el IDP nos indicará el número de días en los que subsistirá el conflicto si (sin cambiar la secuencia) solamente se utiliza la holgura de las actividades que los ocasionan.

La decisión a tomarse será en base a comparar dos costos:

1. El costo indirecto y otros costos (multas) que resultan de extender la fecha de terminación del proyecto.
2. El costo de conseguir recursos adicionales desde fuentes externas.

Se deberá decidir por lo más económico.

Es necesario aclarar que la utilización de toda la holgura de una actividad no crítica en un proyecto para la realización de la reprogramación del proyecto ocasionaría que la actividad pueda ser crítica y no debido a la conformación lógica de un proyecto,

sino debido a las restricciones en la utilización de recursos.

2.5.2. REGLAS PRACTICAS PARA PROGRAMAR UTILIZACION DE RECURSOS

1. Considerar el programa con los tiempos o fechas más tempranas.
2. Programar por períodos o etapas en el tiempo.
3. Asignar el recurso a la actividad que tiene menor holgura.
4. Si las actividades tienen igual holgura, dar el recurso a la más larga.
5. Cuando hay conflicto entre actividades, se debe preferir la que necesita mayor cantidad de recurso.
6. Cuando hay más de una sobrecarga en un período, se debe dar preferencia a la que ocupa el recurso de más alta prioridad.

2.6. COSTOS Y TIEMPOS

El establecimiento de la (o de las) rutas(s) crítica(s) ha permiti-

do localizar las actividades que gobiernan el desarrollo de un proyecto y su terminación, y, en particular su fecha media de realización; pero asumiendo hasta ahora que cada actividad puede ser realizada solamente de una manera, es decir en el tiempo establecido. El cálculo de las holguras de las actividades ha puesto en evidencia la elasticidad de las actividades o de los eventos no críticos y los retrasos que se podrían tolerar en su puesta en práctica.

En general los tiempos de las actividades ya sean determinísticos o aleatorios, varían en función del costo y su importancia radica en determinar cuáles actividades deberán ser acortadas o comprimidas para decrecer la duración de proyecto a un costo mínimo, estableciéndolo mediante la redesignación de los recursos generales a las diferentes actividades y basándonos en la forma de la curva costo - tiempo.

El problema costo - tiempo tiene un número infinito de soluciones. Si el tiempo no tuviera consecuencia, cada operación podría ser ejecutada de tal forma que resultará el mínimo costo directo. Si el costo no tuviera importancia, cada proceso podría ser acelerado hasta terminarlo en el menor tiempo. Entre estos dos límites se haya la mejor solución. Acelerar un proceso aumenta su costo y disminuye su tiempo, pero puede no disminuir el tiempo total del proyecto, a menos que la operación acelerada sea crítica, dentro de la larga cadena de actividades que constituye un trabajo. De esto resulta necesario encontrar una combinación apropiada de

operaciones que deberán ser reducidas en tiempo a fin de que produzcan el proyecto más económico.

Los costos directos tienden a disminuir si hay más tiempo disponible para una operación, pero los costos indirectos y extras aumentarán con el tiempo. El equilibrio apropiado entre el tiempo y el costo total es el que nos da la solución óptima.

2.6.1. RELACION COSTO DIRECTO - TIEMPO DE UNA ACTIVIDAD

Para cada actividad existe un costo asociado que, generalmente depende de su tiempo específico de terminación. Los costos directos o internos de una actividad comprenden los costos de material, equipo y mano de obra directos, necesarios para la ejecución de la actividad de que se trate.

La relación costo - tiempo para una actividad puede ser asumida como una línea recta (fig. N° 4), esta suposición produce un error igual a la diferencia en costo, entre la curva y la recta, sin embargo esta diferencia debido al alto grado de incertidumbre (costos de mano de obra especialmente, los cuales son difíciles de estimar en forma exacta) no es de significación para propósitos prácticos.

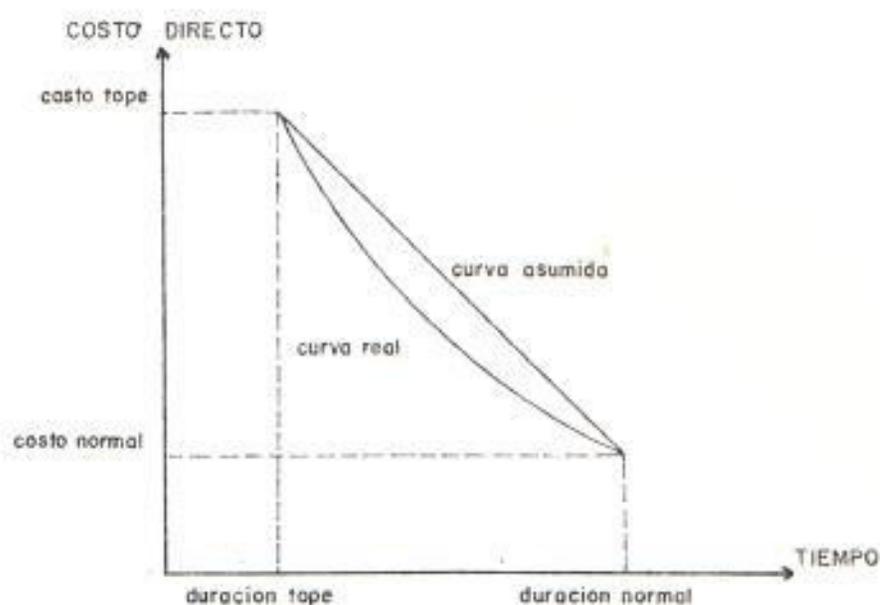


Fig. N° 4: CARACTERISTICA DE COSTO DIRECTO DE UNA ACTIVIDAD.

El costo de una actividad puede variar entre dos límites: el de duración normal y el de duración tope.

Duración Normal: Es el tiempo necesario para ejecutar una actividad con la movilización de los recursos normales disponibles, y al menor costo directo posible, cualquier tiempo menor a éste costará más, a causa del tiempo de trabajo extraordinario, mano de obra y equipos extra.

Duración tope: Es aquella bajo la cual es físicamente imposible completar la actividad sea cual fuere el

nivel, calidad y/o costo de los recursos empleados.

Los puntos intermedios muestran los costos para diversos tiempos factibles a los que el trabajo puede ser acelerado con el empleo de procedimientos de construcción eficientes y con una combinación (realista) de las cantidades de material, mano de obra, etc., para la terminación de esta actividad en diferentes fechas.

Los datos de costo - tiempo son una información detallada del costo y tiempo de las actividades obtenidas de los presupuestos para cada una de las actividades que intervienen en el proyecto. En base a la información de cada actividad se puede hallar la característica de costo directo para todo el proyecto.

2.6.2. RELACION COSTO DIRECTO -TIEMPO DE TODO EL PROYECTO

El costo directo o interno del proyecto se obtiene simplemente sumando los costos directos normales de todas las actividades comprendidas en él. El gráfico costo - tiempo para todo el proyecto se construye a partir de la información generada por las características individuales de cada actividad. (Fig. N° 5).

El primer programa se elabora con costos y tiempos normales; el costo total y el tiempo hallado en estas condiciones marcan un punto de la curva. Para reducir la duración de un proyecto con un aumento mínimo de costos, se utiliza la técnica de aceleración para las actividades del camino crítico. El término aceleración significará la concentración de esfuerzos en una actividad determinada y la consecuente reducción de la duración correspondiente.

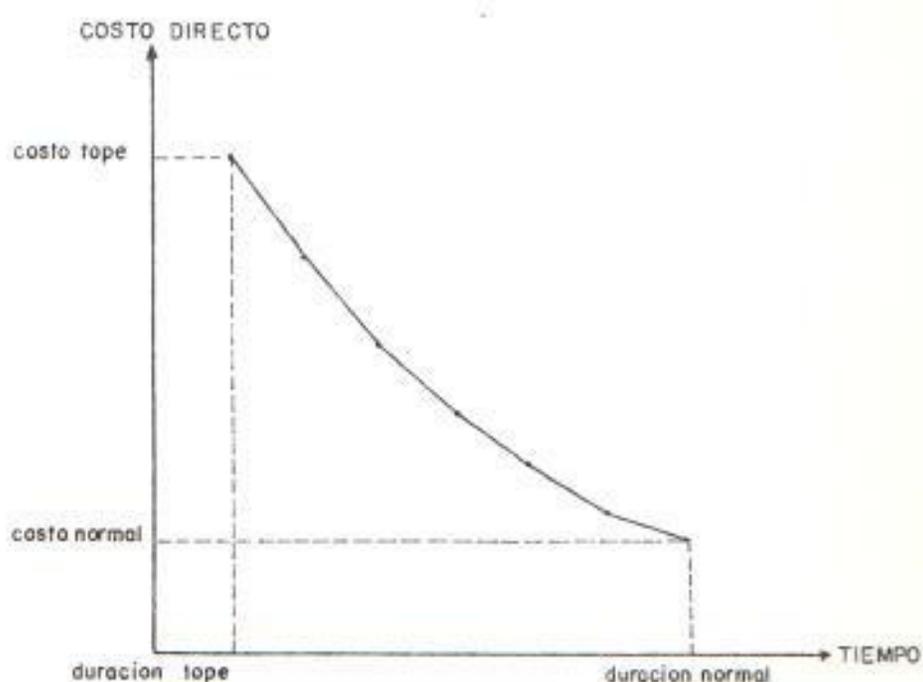


Fig. N° 5 CARACTERISTICA DE COSTO DIRECTO PARA TODO EL PROYECTO.

El siguiente paso es comenzar a comprimir las actividades individualmente. Si comprimimos una actividad

no crítica no conseguiremos reducir el tiempo del proyecto, entonces procederemos a comprimir las actividades críticas una a una, escogiendo la actividad con pendiente de costo más barata, y proseguiremos en un orden creciente del costo de la actividad a comprimirse sucesivamente.

La cantidad de tiempo que una actividad puede ser acortada, está dada por el menor de los límites siguientes:

1. Límite tope
2. Límite de holgura total.

donde:

Límite Tope: Es la diferencia entre la duración que tenga (n) la (s) actividad (es) seleccionada y su duración tope.

Límite de Holgura Total: Es la cantidad de compresión de una actividad que produce una reducción a cero de la holgura total para alguna otra actividad.

Si hay varios caminos críticos en la red, varias actividades deben ser acortadas simultáneamente, de otra manera, uno o más de estos caminos pueden llegar

a ser no - críticos, incrementando de este forma el costo del proyecto pero sin decrecer su duración. La compresión realizada en cada paso crea diferentes programas y cada punto terminal en un segmento de recta está asociado con un programa en particular. La curva así obtenida es la curva límite inferior para todos los puntos costo - duración que pueden ser generados comprimiendo las actividades de la red individualmente, y determina cuál tiempo deberá ser usado por cada actividad en la red, para conseguir la terminación del proyecto a un mínimo costo en cada programa de esta curva.

Como el proyecto es afectado también por los costos indirectos, es necesario incluirlos en una curva total que mostrará el desarrollo real del proyecto en diferentes tiempos.

2.6.3. RELACION COSTO INDIRECTO-TIEMPO

Los costos indirectos o externos de un proyecto son aquellos que no pueden ser imputados a actividades individualmente, sino a grupos de actividades o a todo el proyecto. Se puede considerar como costos indirectos, los gastos de administración del proyecto: secretaría, contabilidad, alquiler de oficina, depreciaciones, obligaciones y seguros, pago de servicios, pago

Inv. No. _____

de intereses, multas por atraso, etc., y los costos indirectos de obra como traslado de personal, comunicaciones y fletes, construcciones provisionales, consumos varios, etc.

Tales costos se expresan en función de la duración del proyecto, es así que, como característica del costo indirecto se establece que cuando mayor es la duración de un proyecto, mayor es su costo indirecto. (Fig. N° 6).

El costo indirecto está representado por una curva que, en una primera aproximación podría asemejarse a una recta; sin embargo, la experiencia indica que conforme el tiempo es mayor, la pendiente crece. Una representación de la curva de costo indirecto podría ser como la que se muestra a continuación en la Fig. N° 6.

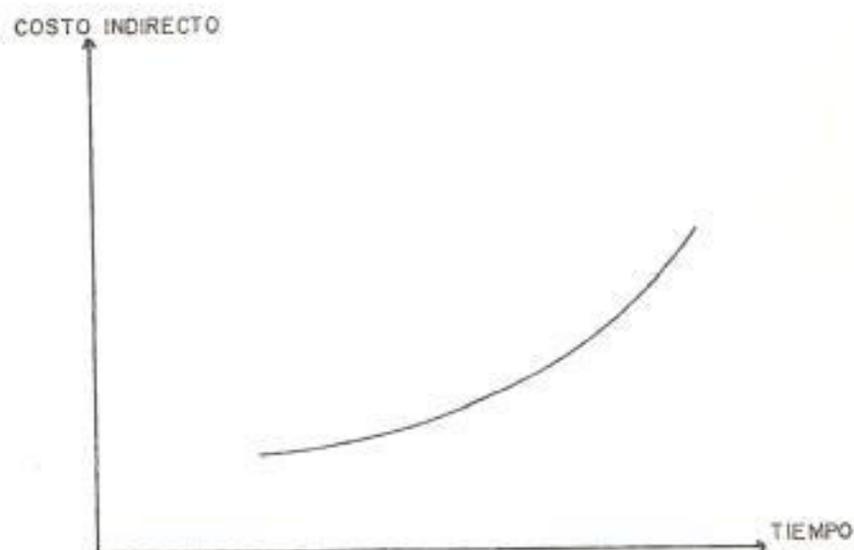


Fig. N° 6 CARACTERÍSTICA COSTO INDIRECTO - TIEMPO.

2.6.4. COSTO TOTAL DE UN PROYECTO

El costo total de un proyecto es la suma del costo indirecto y el costo directo; en tanto los costos directos disminuyen con el aumento de la duración del proyecto, los costos indirectos aumentan. Al calcularse el costo total en función del tiempo (Fig. N° 7), obtendremos una duración óptima del proyecto que ha de corresponder al costo total mínimo.

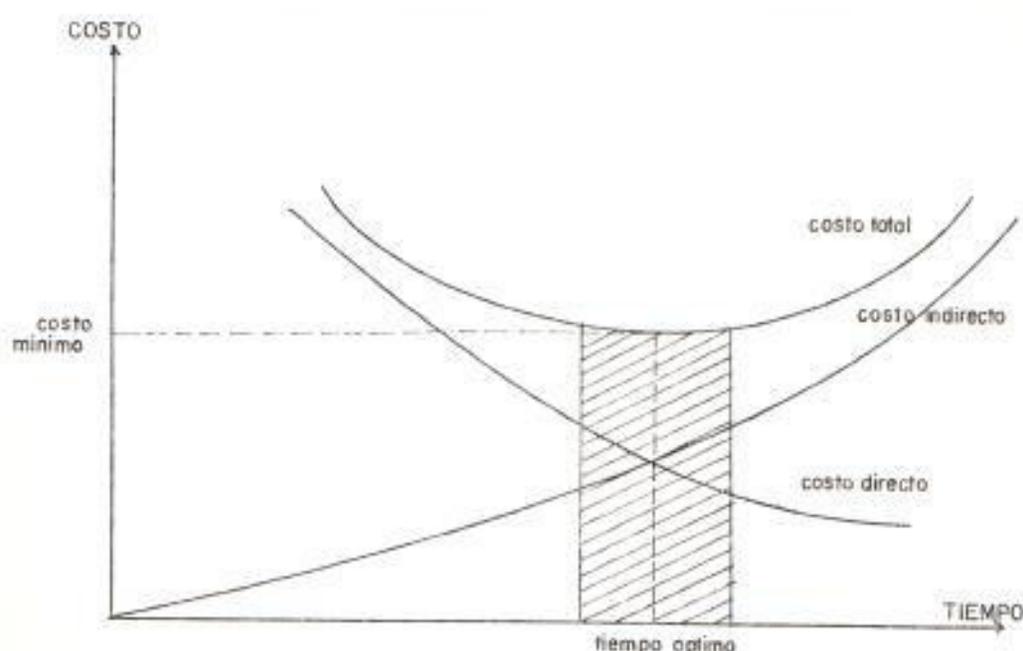


Fig. N° 7 COSTO TOTAL DE UN PROYECTO

Se puede determinar así el tiempo óptimo en el cual debe ser construido el proyecto y a un mínimo costo. Alrededor de este punto es posible establecer una zona de tiempo dentro de la cual el proyecto puede ser ejecutado en las condiciones más óptimas de costo. Para conocer qué duración debe tener

cada actividad para que el proyecto pueda realizarse en un tiempo óptimo, es decir, aquel que ocasiona el menor costo total, se utiliza la información obtenida para encontrar la curva de costo directo.

2.6.5. LIMITACIONES DEL SISTEMA

1. La estimación de tiempos y costos normales y de falla exige tener antecedentes estadísticos completos sobre los métodos utilizados.
2. Es importante registrar datos de proyectos ya realizados para que por medio de la actualización correspondiente se posibilite la determinación de la característica de costo directo para cada actividad de un proyecto, especialmente para las actividades críticas.
3. Exige un permanente ajuste de los "Bancos de Datos", debido al dinámico progreso en el uso de nuevas técnicas y equipos cada vez más sofisticados.
4. Para obras de gran envergadura se requiere el auxilio del computador en el procesamiento.

2.7. USO DEL COMPUTADOR - PAQUETES COMPUTACIONALES

Entre los recursos que el hombre tiene a su alcance, el tiempo figura entre los más valiosos; en la conservación de este preciado recurso, la computadora puede ser de gran utilidad para el proyectista en ingeniería y el uso hoy en día en todos los sectores de la industria de la construcción y profesiones con ella relacionadas. Las computadoras electrónicas no hacen más que aplicar el método de selección múltiple en velocidades elevadas de trabajo.

El uso de computadoras ha adquirido una importancia tan grande en los últimos tiempos que a cada paso nos encontramos con su empleo en la solución de un gran número de problemas prácticos, especialmente de los que usan el PERT/CPM como instrumento.

El amplio interés en el CPM y en su empleo en el campo de la construcción ha sido reconocido rápidamente por la compañía de computadoras y principalmente de microcomputadoras, quienes enseguida produjeron un gran número de programas preparados especialmente para los distintos aspectos de la planeación y el control. Los primeros paquetes tenían como objeto la obtención de la ruta crítica, tiempos flotantes, comprensión de la red y programas actualizados en días calendario, todo lo cual podía emplearse en la planeación inicial, o como herramienta dinámica para la administración del proyecto. Ahora estos programas están disponibles para casi todas las computadoras y microcomputadoras en uso; en ciertas

máquinas han sido desarrollados para manejar modelos de red muy grandes para uniformizar los requerimientos de los recursos, por medio de una programación dentro de los tiempos flotantes disponibles.

2.7.1. CALCULO MANUAL CONTRA CALCULO COMPUTACIONAL

En el caso de proyectos simples que incluyen varios centenares de actividades se pueden efectuar todos los cálculos a mano o con la ayuda de una máquina calculadora. El cálculo manual de un proyecto de varios centenares de actividades requería menor tiempo que el trabajo de preparación de los datos de entrada de un computador, puesto que los programas existentes para computadoras requieren seguir los instructivos correspondientes al pie de la letra, en cuanto a forma de presentar los datos y a la operación del programa en la computadora. Pero, en la actualidad con la creación de los programas aplicados en Microcomputadoras, el proceso de entrada de datos, presentación y operación del programa y salida de informes es iterativo, fácil y rápido, lo que ha ocasionado una mayor factibilidad en el uso de dichos programas para el cálculo computacional de proyectos simples. Más aún si se producen modificaciones necesarias de la red, con consecuentes repeticiones de cálculos

y reprogramaciones del proyecto, la computadora resulta mucho más rápida y ventajosa.

Otros factores decisivos que deberán tomarse en cuenta son: la disponibilidad de la máquina, el costo relativo, la duración del cálculo, la frecuencia y duración de su empleo, sin contar con el número de informaciones periódicas, etc. De todos modos si se dispone de una computadora, es siempre conveniente utilizarla. El uso de la computadora no significa necesariamente, tener que conocer la programación del cálculo, puesto que esta es misión del personal especializado.

Para ejecutar en términos óptimos, la programación y control de un proyecto, es necesario utilizar un instrumento adecuado, que posibilite hacer las operaciones de una manera rápida y sin errores. En la elección de un servicio de computación de los sistemas de programación es necesario tener presente los siguientes factores:

- a) Experiencia en la elaboración de sistemas de programación.
- b) La disponibilidad y calidad de los programas, incluido la verificación de errores.

- c) Costo de la elaboración por actividad,
- d) Número y variedad de salidas,
- e) Cercanía del servicio.

2.7.2. PROGRAMAS EXISTENTES

En la actualidad existen varios programas de computador que permiten realizar la programación y el control de proyectos de una manera eficiente. Dichos programas han sido desarrollados para poder ser ejecutados en diversos tipos de computadores; sin embargo, a causa de la gran expansión que han tenido en estos últimos años los computadores personales (MICROCOMPUTADORES), debido sobre todo a su costo, relativamente bajo, la tendencia a desarrollar "software" relacionado con proyectos se enfoca hoy en día principalmente a este tipo de máquinas.

El bajo costo de los programas para microcomputadoras indica que actualmente es posible para las empresas efectuar la programación y el control de los proyectos en forma automatizada, con una inversión relativamente baja que puede ser fácilmente recuperable, tomando en cuenta el gran ahorro de costo que se produce en los proyectos por el hecho de que pueden ser realiza-

dos a tiempo y debido a que la utilización del computador puede ser expandida a otras áreas.

Una presentación de las características de varios de estos programas y, especialmente del programa HTPM usado en la elaboración de esta tesis, se encuentra detallada en el Anexo N^o 1 .

CAPITULO III

EL PROYECTO DE UNA SUBESTACION DE TRANSFORMACION

Como parte integrante del sistema de transmisión, la subestación funciona como punto de conexión o interrupción de las líneas de transmisión, de las líneas alimentadoras de transporte secundario, de los circuitos generadores y de los transformadores elevadores y reductores. En este capítulo se trata de dar una idea global de los pasos a seguirse en el Proyecto de una Subestación de Transformación desde su fase de diseño hasta culminar con la construcción de la misma; es necesario acotar que la fase de contratación se excluye de este estudio por no ser compatible con el criterio de análisis técnico-económico que se ha fijado para esta tesis, pero sí se hará referencia sobre las condiciones del contrato asumido para el estudio.

En la fase se tratarán tópicos como filosofía, consideraciones, requerimientos para el diseño de una S/E, además se determinarán las características prácticas de diseño que conforman esta fase, mas no se profundizará sobre ellas, ya que debido a su extensión salen fuera del alcance de este trabajo. En la fase de construcción en cambio, se presenta un desglose de todas las actividades que la conforman, incluyendo una definición apropiada de cada una de

ellas procurando abarcar lo más importante y necesario para su completo entendimiento.

3.1. ETAPA DE DISEÑO

El objetivo del proyecto de la subestación es conseguir seguridad, flexibilidad y continuidad de servicio máximas con los costes de inversión mínimos que satisfagan los requerimientos del sistema. Basándonos en cada uno de los factores y criterios que pueden ser considerados en las etapas de diseño de una S/E, se pueden satisfacer los requerimientos que un sistema determinado imponga.

3.1.1. FILOSOFIA Y PLANIFICACION DEL DISEÑO

Una juiciosa ponderación de los datos e informaciones obtenidas de un sistema, sirven como punto de partida para la apreciación del problema técnico a resolverse respecto a las características del abastecimiento eléctrico.

Debido al aumento del consumo de electricidad y el hecho de que suele producirse una demora entre el momento en que se toma la decisión de construir una subestación y el ponerla en servicio, es necesario la comunicación oportuna del particular a las empresas de suministro de energía, previo al inicio de la planificación. Por otro lado, no se puede pretender que una

planificación a largo plazo sea de una rigurosa precisión y, por lo tanto, esta debe trazarse más bien para períodos limitados, considerando siempre al estudiar las proyecciones o expansiones futuras, el carácter de las decisiones tomadas.

Si al término de un programa de diseño y construcción de una S/E, se observa que los problemas que surgieron en la práctica eran los que se preveían, las decisiones tomadas garantizan el cumplimiento de los objetivos apetecidos, y, al contrario es posible que las circunstancias reales difieran de lo contemplado en el programa. En otras palabras, un programa por minucioso, lógico y coherente que sea, no puede por su misma naturaleza prever todas las eventualidades y ni tampoco ser la solución óptima de todos los problemas actuales y futuros.

Las subestaciones deberán ser diseñadas, construídas y operadas para satisfacer las necesidades y requerimientos que un determinado sistema imponga, optimizando el costo y la calidad de servicio deseada, bajo condiciones de carga y operación en etapas iniciales y futuras. Ante esto, se impone una planificación oportuna del proyecto con la finalidad de asegurar en gran parte la integridad física y financiera del proyecto.

3.1.2. CONSIDERACIONES DEL PROYECTO

En la elección del tipo más adecuado de subestación para una ampliación determinada, influyen muchos factores. Entre estos se encuentran el nivel de tensión, la capacidad de carga, las consideraciones ambientales, las limitaciones de emplazamiento y las servidumbres de paso de las líneas de transmisión; además, los criterios para el proyecto pueden variar según los distintos sistemas.

Con el continuo aumento general en los costes de los equipos, mano de obra, terreno y preparación del emplazamiento, hay que esforzarse al máximo para elegir criterios que representen la mejor composición para satisfacer los requisitos del sistema con el coste mínimo. Como los costes mayores de las subestaciones están constituidos por los transformadores de potencia, disyuntores e interruptores desconectores, la disposición del embarrado y de las conexiones determina el número de conexionadores y disyuntores necesarios.

Es esencial el análisis cuidadoso de los diferentes esquemas de conexión, de lo cual se pueden conseguir ahorros importantes mediante la elección del equipo mínimo que satisfaga los requisitos del sistema. Entre estos requisitos del sistema figura la selección de niveles de tensión óptimos, que dependen de las necesidades de consumo y de las longitudes de las líneas de transmi-

sión.

Al seleccionar la disposición del embarrado y de las conexiones de una S/E, hay que considerar diversos factores: Una subestación debe funcionar con regularidad, debe ser económica, segura y lo más sencilla posible. Debe estar concebida de modo que permita un alto nivel de continuidad en el servicio. Además, debe prever su futura ampliación y permitir un funcionamiento flexible, con costos iniciales y finales reducidos. Hay que disponer los medios necesarios para conservar las líneas, interruptores y conccionadores sin interrupciones de servicio ni peligro para el personal.

Las condiciones materiales que siguen las líneas de transmisión, imponen muchas veces, el emplazamiento de las subestaciones y la disposición de los embarrados. El lugar elegido debe permitir la disposición adecuada de las líneas.

Para tener regularidad de servicio, las subestaciones tienen que evitar la interrupción total del mismo originada por fallo de disyuntores o defectos en las barras y deben estar dispuestas de forma que la reanudación del servicio después de un fallo sea rápida. La planificación de líneas con las subestaciones conectadas en frente de los centros de consumo facilita la regularidad

de servicio; la disposición general debe permitir futuras ampliaciones sin interrumpir el servicio.

3.1.2.1. REQUERIMIENTOS INICIALES Y FINALES

Dependiendo de qué tipo de sistema se trate, generalmente están presentes algunos o todos los requerimientos iniciales que se mencionan a continuación:

1. Localización de centros de cargas actuales y futuros.
2. Localización de redes de suministro público de energía eléctrica.
3. Ubicación de líneas de distribución teniendo en cuenta:
 - a) Concentración de cargas
 - b) Caída de voltaje
 - c) Regulación de voltaje
 - d) Costo de conductores
 - e) Seguridad pública.
4. Características de la maquinaria industrial existente.

5. Grado requerido en la continuidad de servicio.
6. Voltaje de servicio.
7. Condiciones de carga (alumbrado, sistemas de refrigeración, calefacción, transportación).
8. Ciclo de carga total promedio.
9. Demanda máxima esperada.
10. Factor de crecimiento del sistema.
11. Previsión para cargas extras.
12. Flexibilidad del sistema ante: expansiones, mantenimiento, condiciones de emergencia.
13. Consideraciones ambientales.
14. Protección ante descargas atmosféricas.
15. Coordinación en lo que respecta a ubicación de sistemas de agua, vapor o gas.
16. Seguridad del personal de trabajo.

17. Prevención de explosiones fuego.

18. Limitaciones financieras.

Los requerimientos finales están concentrados en el grado de flexibilidad del sistema para el desarrollo y futuras expansiones, por ello debemos considerar 2 factores que de ellos dependerá realizar una inversión costosa al comienzo, pero económica a largo plazo; siendo estos factores los siguientes:

- a) Factor de seguridad.
- b) Factor de crecimiento.

3.1.3. FACTORES QUE INCIDEN EN LA UBICACION DE UNA SUBESTACION

Uno de los puntos más críticos e importantes en el diseño eléctrico de un sistema es la localización y ubicación de la S/E. Para el efecto se recomienda evaluar los siguientes puntos:

- a) Localización de redes de suministro de energía actuales y futuros.
- b) Localización de centros de carga actuales y futuros.

- c) Posibles objeciones considerando efectos de ruido.
- d) Condiciones de suelo. Resistividad.
- e) Remoción y adición de tierras.
- f) Condiciones atmosféricas.
- g) Seguridad pública.
- h) Espacio considerando posibles expansiones futuras.
- i) Restricciones en lo que respecta a ordenanzas municipales.

A continuación se tratarán en forma resumida los puntos más importantes:

LOCALIZACIÓN DE REDES DE SUMINISTRO DE ENERGIA ACTUALES Y FUTUROS

Previo a cualquier decisión en lo que concierne a ubicar una S/E, se deberá comunicar a la empresa suministradora de energía del proyecto a realizarse a fin de que se tomen en consideración los siguientes puntos:

1. Si la red actual está o no acorde a la ubicación

de la S/E y en capacidad de asumir las cargas asociadas a dicha S/E.

2. Si la red actual está en capacidad de asumir las cargas asociadas a la S/E, pero no está acorde a la ubicación de la misma.
3. Si la red actual no está en capacidad de asumir las cargas asociadas a la S/E.

LOCALIZACION DE CENTROS DE CARGA ACTUALES Y FUTUROS

Las cargas de un sistema pueden estar concentradas o distribuídas; en el caso de tener CARGAS CONCENTRADAS, la tarea de ubicar la subestación y el sistema de distribución se facilita, así como también la selección de alimentadores y transformadores de distribución.

CONDICIONES DEL SUELO: RESISTIVIDAD

Es recomendable que la resistividad del suelo sea analizada, ya que ésta variará de acuerdo a la profundidad desde la superficie, al contenido de humedad y a la temperatura del suelo. Cabe indicar que la presencia de agua en la superficie del terreno no necesariamente indica baja resistividad.

REMOCION Y ADICION DE TIERRAS

Dependiendo de la naturaleza del terreno, entran en consideración ciertos factores como: relleno, compactación y cimentaciones adecuadas para los equipos y estructuras. Del análisis del terreno en cuanto a sus características y a su levantamiento topográfico, se deducirán las necesidades inherentes.

POSIBLES OBJECIONES CONSIDERANDO EFECTOS DE RUIDO

Las fuentes de ruido audible de una S/E están especialmente en: transformadores, disyuntores, interruptores, etc., el problema es crítico cuando la S/E está próxima a zonas pobladas. Entre estas fuentes, el transformador tiene el más alto potencial para producir ruido.

Los niveles de ruido de los transformadores tienden a incrementarse con los KVA de capacidad y con el número de etapas de enfriamiento. Puede reducirse el nivel del ruido: mejorando el diseño constructivo del transformador, utilizando ventiladores de baja velocidad o utilizando muros pantalla elevados. El reducir el nivel del ruido de éstos, incrementa el costo de los mismos en aproximadamente 1.5% por cada dB de reducción.

CONDICIONES ATMOSFERICAS

Es imprescindible para la adecuada ubicación de la S/E y selección de los equipos, el tener en consideración las condiciones más adversas como: temperatura, viento, lluvias, descargas atmosféricas, humedad, altitud, etc.

Si estas condiciones adversas están presentes, inevitablemente conducen a:

1. Ubicar la S/E y equipos de maniobra en cuartos cerrados con adecuada ventilación.
2. Considerar factores de decremento en cuanto a la capacidad del transformador.
3. Considerar niveles de aislamiento adecuados para el transformador, equipos de interrupción, pararrayos, conductores, etc.
4. Considerar la tensión máxima de descarga de los pararrayos.
5. Considerar los niveles de corriente de descarga de los pararrayos.
6. Considerar el aterrizamiento del sistema.

3.1.4. FACTORES LOCALES DE DISEÑO

1. CONDICIONES METEREOLÓGICAS

Es importante considerar los siguientes factores en el diseño de una S/E, tales como:

a) Viento:

- Dimensionamiento de estructuras y soportes
- Capacidad de conducción de conductores
- Tensionado y flechado de conductores

b) Temperatura:

- Características operativas de equipos
- Capacidad de conducción, tensionado, flechado de conductores.
- Acondicionamiento de aire en edificios de S/E.

c) Humedad:

- Define características constructivas de equipos (tropicalización).

d) Pluviosidad:

- Mantenimiento de aisladores y bushings
- Diseño de sistemas de drenaje

e) Descargas Atmosféricas:

- Define apantallamiento

2. ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR

- Con altura se reducen características dieléctricas.
- Implica: aumentar nivel de aislamiento.
- Aumentar distancias de aislamiento en aire (espaciamientos).
- Y por ende el aumento de la altitud (de S/E) sobre el nivel del mar implica un aumento del valor de inversión.

3. CONTAMINACION

Es necesario considerar la existencia de 3 zonas características con niveles de contaminación variados:

- Zonas industriales
- Zonas cercanas a orillas del mar
- Zonas desérticas

Clasificándose el nivel de contaminación de acuerdo a las características del sector en estudio y que están resumidas en el siguiente cuadro:

CONTAMINACION

<u>CLASE</u>	<u>TIPO</u>
A	- Atmósfera limpia (rural)
B	- Ligeramente contaminada (suburbios de regiones industriales).
C	- Contaminación moderada (hornos, plantas, metalúrgicas, cenizas, polvo de fertilizantes, etc).
D	- Contaminación severa (fábricas de Aluminio, cemento).
E	- Precipitación salina (regional costaneras).

- Comportamiento del aislamiento en áreas contaminadas depende de longitud de polleras y su forma.
- Estructuras de acero en ambiente salino deben ser extra galvanizadas.

4. CARACTERISTICAS DEL TERRENO

a) Características ideales:

- Ubicación adecuada para entradas y salidas de líneas -

- de interconexión y alimentadores al centro de carga.
- Terreno plano y suficiente
- No cultivado
- Facilidades de drenaje (quebradas cercanas)
- Facilidades de acceso
- Facilidades de expropiación
- No sujeto a inundaciones
- Baja resistividad eléctrica
- Buena capacidad portante para fundaciones
- Suelo bueno (no arcillas expansivas por ej.)

b) Principales problemas:

- Movimientos de tierra masivos
- Malla de tierra costosa
- Costo alto de expropiación (dificultades)
- En general obras civiles caras
- Significativas obras de relleno
- Pilotaje para fundaciones.

Por lo tanto, es importante seleccionar sitio adecuado, si no es posible evitar problemas, es preferible escoger esquemas compactos (SF6).

5. SISMICIDAD

- Equipo y fundaciones deben diseñarse contra sismos.

- Evitar estructuras y equipos esbeltos.
- Evitar conexiones rígidas, utilizar conexiones flexibles.
- Solicitar reportes de pruebas antisísmicas en equipos prototipo.

3.1.5. ESTUDIOS ELECTRICOS

1. FLUJOS DE CARGA

a) Determinación de elementos constitutivos de la subestación:

- Niveles de voltaje
- Número de líneas de entrada y salida
- Capacidades de transformadores
- Capacidades nominales de líneas y barras
- Alimentadores a los centros de carga
- Expansiones futuras hasta año horizonte de análisis

b) Se define esquema básico de la S/E y características fundamentales de los equipos.

2. CORTOCIRCUITOS

- En redes altamente desarrolladas los valores de cortocircuito muy alto (60-80 KA) están ocasionando serios planteamientos a los fabrican-

tes que deben adaptar sus diseños a las condiciones actuales de las redes.

- Con estudios de cortocircuito, seleccionar equipo adecuado para corrientes de c.c. que le prevean en diferentes puntos de la red.
- Conexiones entre equipos y barras debe tener en cuenta este factor. Infiuye en las fuerzas que se transmiten a aisladores y soportes.
- Especialmente crítico es el problema en barras rígidas.
- Para reducir los esfuerzos, reducir los vanos entre equipos utilizando, soportes intermedios.

3. COORDINACION DE AISLAMIENTO

El nivel de aislamiento contra impulsos de un elemento del equipo es la medida de su aptitud para resistir los impulsos de tensión. Lo que el equipo debe resistir es el pico de valor en kilovoltios de la onda de impulso de tensión.

Fundamentalmente, la coordinación de los aislamientos en una S/E significa que no hay que emplear

bobinas de contacto a tierra de mayor valor nominal que el necesario para resistir la tensión de 60 Hz y que hay que elegir los niveles de aislamiento para el equipo que puedan ser protegidos por la bobina. El estudio detenido de los niveles de sobretensiones de conexionado que pueden presentarse en la S/E, determinados, por ejemplo, mediante estudios analíticos de los fenómenos transitorios de la red, pueden utilizarse también para determinar y coordinar el aislamiento adecuado contra impulsos y la resistencia a las sobretensiones de conexionado requeridos por el equipo eléctrico de la S/E. Además:

- Se trata de reducir a un nivel aceptable (técnico-económico) la probabilidad de que los esfuerzos dieléctricos impuestos al equipo causen daños al material o afecten la continuidad de servicio.
- Coordinar el aislamiento significa localizar los contorneos (cuando es imposible evitarlos por razones económicas) en puntos donde no puedan causar daños.

3.1.6. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

1. CONEXIONES DE LAS BARRAS PRINCIPALES

El esquema de S/E seleccionado determina la disposi-

ción física y eléctrica del equipo de conexiones. Cabe considerar diferentes soluciones para el embarrado según se de preferencia a los factores de regularidad de servicio, economía, seguridad y sencillez como consecuencia de la función e importancia de la S/E.

Las disposiciones más corrientes de embarrados de S/E son:

- Barra única
- Doble barra, con doble disyuntor
- Barra principal y barra de transferencia
- Doble barra, con un solo disyuntor
- Barra circular
- Disyuntor y medio

Algunas de estas disposiciones pueden modificarse añadiendo disyuntores de enlace de barras, dispositivos seccionadores, equipos de disyuntores en derivación y barras adicionales de transferencia. Se ha efectuado la comparación de las diferentes disposiciones para analizar sus ventajas e inconvenientes. El criterio al efectuar la comparación es la justificación económica de un grado particular de regularidad de servicio. La determinación del grado de regularidad implica un análisis de

las condiciones de funcionamiento previstas y de la continuidad de servicio exigida por el centro de consumo que se va a alimentar. La tabla N^o 1 contiene un resumen de la comparación entre los esquemas de conexiones, indicando sus ventajas e inconvenientes.

2. DISPOSICIONES FISICAS

Una vez determinado el esquema de conexiones más adecuado para una S/E determinada, es necesario considerar la disposición de la misma que satisfaga las múltiples exigencias del proyecto. Existen las siguientes disposiciones de subestaciones para el ingeniero proyectista:

- a) Disposición convencional de tipo abierto a la intemperie con barras y conexiones.
- b) Disposición de S/E con barras invertidas.
- c) Subestaciones con revestimiento metálico de tipo mini con hexafluoruro de azufre gaseoso (SF₆).

Las disposiciones de tipo abierto a la intemperie con barras y conexiones se emplean generalmente para estaciones generadoras y sus subestaciones. La disposición y las características generales de las estructuras de los conectadores de intemperie vienen determinadas por la función y tipo de la instalación y por su capaci-

TARLA Nº I: COMPARACION ENTRE ESQUEMAS DE CONEXION

Sistema de conexión	Ventajas	Inconvenientes
1. Barra única	1. Coste mínimo	1. El fallo de la barra o de cualquier disyuntor ocasiona la parada de toda la subestación. 2. Cualquier trabajo de mantenimiento es difícil. 3. La barra no puede ampliarse sin quitar la tensión a toda la subestación. 4. Puede emplearse solamente cuando se puede interrumpir los cargos o cuando se dispone de otro servicio de suministro.
2. Doble barra con un solo disyuntor	1. Cada barra dispone de dos disyuntores. 2. Es flexible y permite conectar los circuitos de alimentación a cualquier barra. 3. Puede ponerse fuera de servicio cualquier disyuntor a efectos de mantenimiento. 4. Alta regularidad de servicio.	1. Coste máximo. 2. Si los circuitos no están conectados a las dos barras, en caso de fallo de un disyuntor quedan sin servicio la mitad de los circuitos.
3. Barra principal y de transferencia	1. Costes inicial y total bajos. 2. Puede ponerse fuera de servicio cualquier disyuntor a efectos de mantenimiento. 3. Pueden emplearse dispositivos de potencia en la barra principal para actuar como reles.	1. Precisa un disyuntor adicional para enlace con las barras. 2. La conexión es algo difícil cuando se realizan trabajos de mantenimiento en un disyuntor. 3. El fallo de la barra o de un disyuntor de cualquier circuito origina la parada de toda la subestación.
4. Barra doble con disyuntor común	1. Permite alguna flexibilidad al disponer de dos barras de trabajo. 2. Puede aislarse cualquier barra a efectos de mantenimiento. 3. Puede transferirse fácilmente el servicio de una barra a otra mediante el disyuntor de enlace de barras y no se necesitan dispositivos especiales de barra.	1. Es necesario un disyuntor adicional para enlace de barras. 2. Son necesarios cuatro seccionadores por circuito. 3. El sistema de protección de una barra puede ocasionar la parada de la subestación cuando funciona con todos los circuitos conectados a esa barra. 4. Muy vulnerable a los fallos de las barras. 5. El fallo de un disyuntor pone fuera de servicio a todos los circuitos conectados a esa barra. 6. El fallo del disyuntor para el enlace de barras deja toda la subestación fuera de servicio.
5. Barra circular	1. Costes inicial y total bajos. 2. Funcionamiento flexible con respecto a mantenimiento de disyuntores. 3. Puede retirarse cualquier disyuntor a efectos de mantenimiento sin interrumpir la carga. 4. Hay barra solo un disyuntor por circuito. 5. No hay barra principal. 6. Cada circuito está alimentado por dos disyuntores. 7. Todas las conmutaciones se hacen con los disyuntores.	1. Si se produce un fallo durante el periodo de mantenimiento de disyuntores, puede dividirse el anillo en dos secciones. 2. El nuevo cierre automático y los circuitos de reles protectores son algo complicados. 3. Si se emplea solo un juego de reles, hay que poner el circuito fuera de servicio para el mantenimiento de los reles (aplicable a todos los esquemas). 4. Hacen falta dispositivos de potencial en todos los circuitos, ya que no hay ningún punto de referencia de potencial definido. Estos dispositivos pueden ser necesarios en cualquier caso para sincronización para línea activa o para indicación de tensión. 5. El fallo del disyuntor durante una avería en uno de los circuitos ocasiona la parada de otro circuito debido al funcionamiento de los reles de fallo de disyuntor.
6. Disyuntor y medio	1. Máxima flexibilidad de funcionamiento. 2. Gran regularidad de servicio. 3. El fallo de un disyuntor del lado de los disyuntores de las barras pone fuera de servicio solamente un circuito. 4. Todas las conexiones se efectúan con los disyuntores. 5. Funcionamiento sencillo: no hacen falta seccionadores para el trabajo normal. 6. Puede ponerse fuera de servicio cualquier barra principal en cualquier momento a efectos de mantenimiento. 7. El fallo de las barras no pone fuera de servicio a ningún circuito alimentador.	1. Disyuntor y medio por circuito. 2. El sistema de reles y el cierre repetido son algo complicados, ya que el disyuntor del medio debe responder a cualquiera de los circuitos asociados.

dad, tensión y limitaciones de terreno disponible.

3. ESTRUCTURAS DE APOYO

Para soportar, montar e instalar adecuadamente el equipo eléctrico son necesarias estructuras de acero, aluminio o madera, así como fundaciones de hormigón. Cuando las estructuras son de acero o de aluminio, requieren fundaciones de hormigón; pero éstas no son necesarias si las estructuras son de madera. También es necesario proyectar fundaciones de hormigón para el apoyo de disyuntores, reactores, transformadores, condensadores y otros equipos eléctricos pesados.

En el proyecto de las estructuras de apoyo influyen la separación entre fases y entre suelo exigidas, el tipo de aisladores, la longitud y peso de las barras y de otros equipos, así como las cargas del viento y del hielo.

4. SELECCION DEL EMPLAZAMIENTO

Este trabajo incluye el estudio de la topografía y de las formas de drenaje de la zona junto con la investigación del subsuelo. La información obtenida en la investigación del subsuelo se emplea para el proyecto de las fundaciones de la S/E. En el caso de subestaciones grandes o situadas en suelos de pobre

calidad puede ser preciso realizar ensayos adicionales del subsuelo después de haber hecho la elección final del emplazamiento de la S/E. La información adicional debe describir de manera completa la calidad del suelo en el emplazamiento, ya que los datos obtenidos servirán para diseñar las fundaciones del equipo.

5. BARRAS DE LA SUBESTACION

Las barras constituyen una parte muy importante de la estructura de la S/E, ya que son portadoras de grandes cantidades de energía en un espacio reducido. Tienen que estar cuidadosamente diseñadas para utilizar de manera económica la energía generada y al mismo tiempo deben poseer resistencia mecánica suficiente para resistir los esfuerzos máximos a que pueden verse sometidos los conductores y, a su vez, la estructura por las fuertes corrientes de cortocircuito.

La comparación de la barras rígidas y volantes indica que hay que prestar mucha atención a la selección del tipo más adecuado. El tipo de barras de la S/E depende de diversas circunstancias, que pueden clasificarse así:

- a) Intensidad de corriente necesaria

- b) Esfuerzos de cortocircuito
- c) Separación mínima entre conductores eléctricos.

6. SEPARACIONES MINIMAS

Para S/E convencionales, hay que conservar los siguientes tipos de espaciamentos mínimos:

- Fase-tierra
- Fase-Fase
- Distancias de seguridad (entre contactos abierto de seccionador y los terminales del disyuntor).
- Distancias para mantenimiento, entre partes vivas y el suelo u otros puntos accesibles al personal.

Todas estas separaciones mínimas se encuentran indicadas en tablas que contienen la distancia entre fases y la distancia de fase a tierra dependiendo del nivel básico de aislamiento al impulso ("BIL") que se requiera en cada caso. Alrededor del equipo debe dejarse espacio libre suficiente para su correcta operación y su mantenimiento adecuado ; y debe preverse también, el espacio necesario para la operación con pértiga del equipo que lo requiera, así como para el tránsito eventual de equipo voluminoso, etc.

7. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Las subestaciones deben contar con un adecuado sistema de puesta a tierra, al cual se deben conectar todos los elementos de la S/E que requieran la conexión a tierra. Las funciones principales de un sistema de puesta a tierra son las siguientes:

- a) Proporcionar un circuito de muy baja impedancia (resistencia) para la circulación de las corrientes de tierra, ya sean debidas a una falla a tierra del sistema eléctrico o a la operación de un pararrayos.
- b) Evitar que durante la circulación de estas corrientes de tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la S/E (ya sea sobre el piso o con respecto a partes metálicas puestas a tierra) que puedan ser peligrosas para el personal.
- c) Facilitar mediante la operación de relevadores u otros elementos adecuados, la eliminación de las fallas a tierra en los sistemas eléctricos.
- d) Dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio eléctrico.

Los requisitos de seguridad de las subestaciones exigen la puesta a tierra de todas las partes metálicas accesibles de contactores, estructuras, depósitos de transformadores, pasarelas metálicas, vallas, edificios de hierro, paneles, secundarios de transformadores, etc., de manera que una persona que toque estos equipos o esté cerca de los mismos no pueda recibir una descarga peligrosa si un conductor de alta tensión emite efluvios o establece contacto con respecto a los equipos citados. Esto significa que cada una de las partes del equipo cada columna de la estructura, etc., debe tener su conexión propia con la malla de tierra.

En el caso general, los elementos principales del sistema de tierra son: 1) red o malla de conductores enterrados, a una profundidad que usualmente varfa entre 0.5 m. y 1.0 m.; 2) electrodos de tierra, conectados a la red de conductores y enterrados a la profundidad necesaria para obtener el mínimo valor de resistencia a tierra; 3) conductores de puesta a tierra, a través de los cuales se hace la conexión a tierra de las partes de la instalación o del equipo que requieran dicha conexión.

El primer paso en el planteamiento práctico de una red o malla consiste en inspeccionar la disposición

del equipo y de las estructuras. Un cable continuo debe rodear el perímetro de la red encerrando el máximo de terreno que sea posible para evitar concentraciones de corriente y gradientes elevados en los extremos de los cables de tierra proyectados. Dentro de la red, los cables se dispondrán en líneas paralelas espaciadas de manera uniforme y adecuada. Deben situarse cuando sea posible, a lo largo de las filas de estructuras o de equipos para facilitar la instalación de las tomas de tierra. Hay que ajustar el proyecto preliminar de suerte que la longitud total de conductores enterrados, incluyendo las conexiones transversales y las varillas, sea por lo menos igual a la necesaria para mantener las diferencias de tensión locales dentro de límites aceptables.

8. SISTEMAS DE PROTECCION

En las subestaciones se utilizan muchos sistemas de relés para proteger los equipos más importantes, que son:

- a) Las líneas de transmisión que parten de la central.
- b) Transformadores elevadores y reductores.
- c) Embarrado.
- d) Disyuntores.

- e) Reactancias en derivación.
- f) Condensadores en derivación y en serie.

Cada vez se concede más importancia a los sistemas de relés muy avanzados que tienen que funcionar con regularidad a grandes velocidades para eliminar de la línea y de la S/E fallos con un máximo de seguridad y sin ocasionar falsas maniobras.

a) Protección de las líneas de transmisión:

Los terminales relevadores de las líneas de transmisión están situados en la S/E y comprenden sistemas relevadores piloto aplicables a la protección de líneas de transporte de energía primaria. El sistema de relés piloto es una adaptación del principio de los relés diferenciales para proteger líneas y funciona eliminando a gran velocidad los fallos en cualquier parte de la línea.

Las líneas de transmisión pueden tener dos o más terminales cada uno, provisto de disyuntores para desconectar la línea de la red. Los sistemas relevadores mencionados programan el funcionamiento automático de los disyuntores cuando se presentan fallos en el sistema energético.

b) Protección de los transformadores:

Los transformadores pueden sufrir cortocircuitos entre fase y tierra, apertura de circuitos, cortocircuitos entre espiras y recalentamiento. Los fallos suelen comenzar entre espiras y con frecuencia se convierten en averías en las que interviene tierra. La protección diferencial es la preferida para los transformadores debido a su sencillez, sensibilidad, selectividad y rapidez de funcionamiento. Es importante seleccionar bien el relé diferencial para que el desequilibrio en los circuitos secundarios del transformador de intensidad (CT) no sea en ningún caso suficiente para accionar el relé en circunstancias normales.

La protección contra sobrecorrientes debe aplicarse como protección primaria a los transformadores cuando no esté justificado un sistema diferencial o como protección de "apoyo" si se emplea el esquema diferencial. A menudo se consigue una acción más rápida de los relés para que la corriente circule en un sentido mediante relés direccionales de corriente. La protección de los transformadores contra recalentamiento se emplea, a veces, más para indicar un exceso de temperatura que para efectuar un disparo automáticamente.

c) Protección de las barras de la S/E:

Merece una atención especial, ya que por lo regular los fallos en las barras son los más graves que pueden ocurrir en un sistema eléctrico. Si no se la aísla adecuadamente, un fallo en las barras puede ocasionar la parada total de la S/E. Se emplean muchos métodos para proteger las barras de las subestaciones. Entre ellos cabe citar los relés de sobrecorriente, la protección de respaldo mediante relés de las zonas adyacentes, los sistemas comparativos, direccionales, etc.

El método más eficaz y preferido para proteger las barras consiste en el uso de relés diferenciales porque es rápido, selectivo y sensible. Los relés pueden ser electromecánicos o de estado sólido, lográndose con estos, velocidades y sensibilidad algo mayores que con los modelos electromecánicos.

d) Protección de los disyuntores:

En los últimos años se ha concedido gran importancia a la protección de apoyo en el caso de que no funcione un disyuntor, para salvar un fallo, cuando recibe la orden de mando de los relés protectores.

En el caso de cualquier fallo, los relés protectores actúan para disparar los disyuntores necesarios. Además, estos mismos relés protectores, junto con los relés detectores de fallos en los disyuntores, ponen en marcha un temporizador para comenzar el programa de apoyo en caso de fallo de un disyuntor, y así dispare los disyuntores necesarios para salvar el fallo.

e) Protección contra sobretensiones bruscas:

Al proyectar una S/E hay que dotarla de protección contra los aumentos bruscos de la alta tensión que pueden presentarse a través del aislamiento del equipo eléctrico. Las sobretensiones más importantes son las debidas a los rayos y a las conexiones.

Los métodos principales para evitar que estas sobretensiones ocasionen fallos en los aislamientos son los siguientes:

- Empleo de bobinas de contacto a tierra.
- Puesta a tierra de los neutros del equipo.
- Selección adecuada del nivel de aislamiento contra impulsos del equipo.
- Selección y coordinación adecuadas de los

niveles de aislamiento básicos del equipo.

- Estudio cuidadoso de los niveles de sobretensión por conexión que pueden producirse en la S/E.

El dispositivo principal utilizado para evitar sobretensiones peligrosas, descargas y daños importantes al equipo, es la bobina de contacto a tierra. La decisión de emplear las bobinas de contacto a tierra y la selección de los niveles de aislamiento del equipo dependen mucho del método de puesta a tierra empleado. Además se debe tener presente como protecciones contra sobretensiones:

- Pararrayos al final de la línea y cerca del equipo principal (transformador).
- Pararrayos envía a tierra corrientes de muy alta frecuencia.
- Evitar perturbaciones en el camino que une el pararrayos a tierra : evitar ángulos rectos.
- Resistencia de malla de tierra debe ser baja.
- Contra descargas atmosféricas directas: hilos de guardia y mastiles.

3.2. ETAPA DE CONSTRUCCION

Una vez realizado el diseño técnico de la S/E a construirse, se continúa con la etapa de contratación para el proyecto

a realizarse, y dependiendo de su cuantía deberá someterse al procedimientos de la Licitación o Concurso de Ofertas. Es necesario aclarar que cuando los estudios de diseño de la S/E son realizados también mediante contrato, se especifican los trabajos que deberá ejecutar el Contratista del proyecto y los antecedentes que proporcionará la Empresa o Compañía Contratante para la realización de dichos estudios. Siendo INECEL considerada como la mayor empresa o compañía contratante del país.

Concluido el proceso de adjudicación del contrato, seguidamente procedemos a iniciar la etapa de construcción de la S/E, siendo por ello necesario realizar previamente una descripción del alcance de los trabajos, del suministro y transporte de materiales, del programa de construcción a presentarse, información obtenida como ejemplo de las especificaciones técnicas adoptadas por INECEL para la construcción de subestaciones mediante contrato celebrado entre INECEL y el Contratista. Es necesario indicar que para el efecto de generalizar y simplificar el concepto de Empresa o Compañía Contratante, en lo posterior hablaremos simplemente de LA EMPRESA.

3.2.1. ALCANCE DE LOS TRABAJOS DE CONSTRUCCION

El contratista debe proveer las facilidades de construcción, bodegas, campamentos, equipo y personal para realizar las siguientes tareas:

- Movilización de personal y de equipo.
- Provisión de las facilidades temporales para el almacenamiento de materiales, reparación de equipo y alojamiento de los trabajadores.
- Mejoramiento de los caminos y puentes existentes según las necesidades de transporte del equipo y material suministrado por LA EMPRESA y el Contratista.
- Recepción del equipo y material suministrado por LA EMPRESA, transporte al sitio de trabajo, almacenamiento según las necesidades; y desempaque, ensamble, erección e instalación en los sitios correspondientes.
- Proveer y transportar a los sitios de trabajo el material a ser suministrado por el Contratista, almacenar según las necesidades y desempacar, ensamblar e instalar en los sitios correspondientes.
- Construir las obras descritas en estas especificaciones e indicadas en los planos.
- Interconectar el equipo para obtener sistemas funcionales y subestaciones operables.
- Suministrar equipos para las pruebas y ejecutarlas.
- Limpieza y desmovilización.

3.2.2. DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS

A continuación se indica un resumen de los principales trabajos que deberán realizarse por parte del Contratista,

en cada una de las subestaciones incluidas en dichos contratos:

I. Subestaciones nuevas:

- a) Movimiento de tierras.
- b) Construir los caminos de acceso y vías locales.
- c) Instalar las mallas de cerramiento y puertas de acceso.
- d) Construir las casas de control y viviendas de guardián y otras edificaciones indicadas en los planos.
- e) Instalar equipos principales de alta tensión, según se describe en los planos.
- f) Instalar: malla de tierra, sistema de ductos, alambrado, conexiones de alta tensión, equipo de onda portadora, paneles de control, sistema de servicios auxiliares, fundaciones de hormigón, estructuras de acero, colocación de grava en la superficie, iluminación exterior, sistema de agua y de drenaje y sistema de protección contra incendios.
- g) Instalar los sistemas telefónicos.
- h) Ejecutar las pruebas y energizar las instalaciones.
- i) Limpiar las áreas de las obras una vez concluidos los trabajos y retirar los equipos y materiales

de construcción e instalaciones provisionales.

2. Subestaciones a ser ampliadas:

Estas subestaciones se encuentran actualmente en funcionamiento y el trabajo requerido en ellas consiste principalmente en ampliar las instalaciones de equipo eléctrico principal de alta tensión y sus correspondientes equipos de protección y control destinados para la conexión de las líneas de transmisión, según se detalla a continuación:

- a) Instalar los equipos de alta tensión, según se detalla en las tablas de cantidades y precios.
- b) Instalar para todas las posiciones y equipos indicados anteriormente en el numeral f. de la parte I.
- c) Realizar las pruebas y la energización de las instalaciones.
- d) Limpiar las áreas de las obras una vez concluidos los trabajos y retirar los equipos y materiales de construcción e instalaciones provisionales.

3. Trabajo excluido:

Para estos contratos, los siguientes trabajos principales serán realizados por otros:

- Topografía básica de los sitios de subestaciones.
- Preparación de planos para nivelación y pavimentación.
- Preparación de los planos generales de la S/E incluyendo el diseño de: casa de control, fundaciones, canaletas, ductos, malla de tierra, nivelación y pavimentación.
- Preparación de los diagramas elementales y de conexión.
- Supervisión del montaje y pruebas de campo de transformadores de potencia, interruptores y paneles de control.

3.2.3. SUMINISTRO Y TRANSPORTE DE MATERIALES

LA EMPRESA suministrará los materiales que se detallan en una lista de las especificaciones técnicas de suministro y construcción o en las bases del contrato. El Contratista suministrará todos los demás equipos y materiales que se requieren para completar el trabajo de conformidad con los planos y documentos del contrato.

Cualquier daño causado por el Contratista al material suministrado por LA EMPRESA, será reparado o reemplazado por el Contratista, sin ningún costo para la misma. Si por alguna razón no ha sido incorporado a la obra cualquier equipo o material suministrado por LA EMPRE-

SA, el Contratista debe reintegrárselo. El material suministrado por el Contratista será entregado por él en el sitio de trabajo y no será almacenado en las bodegas de LA EMPRESA.

El Contratista debe suministrar todos los demás materiales y equipos, no suministrados por LA EMPRESA, que se requieran para completar el trabajo a satisfacción de la misma. La lista de materiales y equipos que deben ser suministrados por el Contratista, se debe tomar como ilustrativa, mas no como limitante. El equipo a ser suministrado por el Contratista debe estar diseñado para soportar, sin ningún daño o interrupción de servicios, los efectos de movimiento sísmicos. El Contratista debe remitir a LA EMPRESA, una lista de planos, datos técnicos e instructivos de instalación para todos los equipos y materiales de su suministro, que propone remitir posteriormente para aprobación o información. El Contratista será responsable de la entrega oportuna en los sitios de trabajo del material que él suministre, los retardos causados por suministradores de materiales no le relevarán al Contratista de su responsabilidad de cumplir con el programa de construcción.

3.2.4. PROGRAMA DE CONSTRUCCION

El Contratista debe preparar el programa de construcción para satisfacer los plazos requeridos por LA EMPRESA

para la recepción provisional de las obras, que se indican en el Contrato. Dicho programa de construcción debe presentarse conteniendo: métodos constructivos adecuados y aplicables, óptima asignación de recursos, lógica secuencia u orden de ejecución de las actividades, real estimación tiempo-costos, y todo requerimiento necesario para lograr el cumplimiento del plazo contractual de construcción y obtener una subestación segura, confiable, operable y estable.

3.3. ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION

Dado que para la representación del plan de un proyecto mediante las técnicas PERT-CPM, el proyecto de construcción debe ser descompuesto en actividades para en lo posterior representar dicho plan mediante un diagrama o red que describe la secuencia e interrelación de todas las actividades del proyecto; siendo por ello necesario explicar en que consisten cada una de las actividades correspondientes a su construcción, enfocadas desde el punto de vista del contratista, para lo cual se necesita conocer los requerimientos técnicos en la construcción de subestaciones, en donde se dan a conocer las tareas que deberán ser realizadas por el contratista; tales requerimientos técnicos de construcción vienen definidos en las Especificaciones Técnicas para la construcción de subestaciones eléctricas, adoptadas por INECEL como principal compañía contratante del país, o a su vez las encontramos en las Normas Técnicas de construc-

ción de las Bases de un contrato pactado. En lo posterior llamaremos como LA EMPRESA a la Compañía Contratante del proyecto de construcción de la S/E.

La construcción de una S/E comprende la ejecución de un conjunto de actividades que deben ser realizadas bajo una secuencia cronológica dependiendo del proceso de construcción asumido. Puesto que las subestaciones son de diversas capacidades, propósitos y ubicaciones, sus componentes difieren de una S/E a otra, por lo tanto no es posible presentar una lista estándar de actividades a ejecutarse en la construcción de cualquier Subestación Eléctrica.

La siguiente lista de actividades contiene en conjunto un proceso constructivo lo más completo posible y explica en que consiste la ejecución de cada una de ellas, para lograr así nuestro total entendimiento:

LIMPIEZA Y DESBROCE

Las operaciones de limpieza y desbroce en las zonas delimitadas por LA EMPRESA, deben efectuarse invariablemente en forma previa a los trabajos de construcción con la anticipación necesaria para no entorpecer el desarrollo de éstos.

Consiste en retirar del área de las futuras construcciones todos los árboles, arbustos, troncos, matorrales o cualquier otra vegeta-

ción que obstaculice el normal desarrollo de los trabajos, hasta la profundidad indicada, y la eliminación de todo el material proveniente de las operaciones de limpieza y desbroce. El desbroce y limpieza para la construcción de cerramientos con alambre de púa, se hará únicamente a ras de suelo y el área será delimitada por la longitud total y un ancho igual a un metro a cada lado del eje del cerramiento.

REPLANTEO Y TOPOGRAFIA

El Contratista debe ubicar en el terreno los ejes de las obras a construirse, partiendo de los hitos de referencia establecidos por LA EMPRESA; este trabajo se hará mediante la ubicación de mojones de hormigón para ejes principales y estacas de madera dura para ejes auxiliares.

Antes y después de realizar el desbroce, la limpieza y remoción, el Contratista hará levantamientos reticulados de la superficie, con perfiles cada 20 m. Todos los monumentos, mojones y estacas topográficas, deben protegerse adecuadamente.

MOVIMIENTO DE TIERRAS

Los trabajos a ser realizados incluyen el suministro de mano de obra, materiales y equipo para efectuar el movimiento de tierras necesario para la construcción de todas las obras de la S/E, de acuerdo a las cuotas y dimensiones indicadas

en los planos de construcción. Los trabajos incluidos son los siguientes:

- a) Desbroce y limpieza de las áreas de construcción, demolición y desalojo de estructuras existentes sobre la superficie del terreno.
- b) Excavación y relleno para conformación de rasantes de patios de maniobras, patios de transformadores, casas de control y de guardián, vías internas de circulación, caminos de acceso permanentes, etc.
- c) Excavación y relleno de zanjas, fosas, fundaciones de estructuras, grupos de ductos, y demás obras civiles y electromecánicas.

EXCAVACION

Las excavaciones a realizarse para alcanzar rasantes en caminos, niveles de patios, excavaciones para cimentaciones de obras civiles, sanitarias o eléctricas, deben ser realizadas con equipos mecánicos o manuales en óptimas condiciones de funcionamiento y de acuerdo a los límites, cotas, gradientes y secciones transversales indicadas en los planos o establecidos por LA EMPRESA.

Las excavaciones para plataformas son las necesarias para la conformación de las rasantes en caminos, patios, terrazas

y plataformas, debiendo ejecutarse con una secuencia que permita tener permanentemente un drenaje natural de las aguas lluvias. Las excavaciones para fundaciones, canaletes, bancos de ductos, canales de drenaje, cajas de revisión, pozos de inspección, zanjas, etc., deben ejecutarse una vez concluida la construcción de plataformas en los patios de maniobra y vías.

En general, las excavaciones deben permanecer expuestas al menor tiempo posible, y en ningún caso mayor a cuatro días. Toda excavación con una profundidad mayor a tres mts., debe ser entibada, al igual que aquellas excavaciones de menos profundidad, que, a juicio de LA EMPRESA, puedan derrumbarse o pongan en peligro la estabilidad de construcciones existentes.

RELLENOS COMPACTADOS

El relleno será efectuado con suelos naturales, se define como material adecuado en general cualquier suelo fuera de turba, suelo vegetal u otro material orgánico. Después de cualquier excavación efectuada, los suelos naturales expuestos deben ser escarificados hasta una profundidad de 15 cms., y serán compactados al menos al 95% de la densidad óptima. Los suelos excavados que sean adecuados para relleno, deben protegerse de cualquier exceso de humedad que prohíba su uso. En caso de rellenos sobre superficies de roca, el Contratista debe humedecer la roca inmediatamente antes de colocar, esparcir y compactar la primera capa.

CAMINOS DE ACCESO

El Contratista deberá construir caminos de acceso conforme se requiera para la ejecución de los trabajos y para proveer del acceso necesario para construcción, mantenimiento y reparaciones futuras. Cubre la construcción y/o mantenimiento de los caminos de acceso permanentes y temporales para las subestaciones.

Son caminos permanentes de acceso, aquellos que serán construídos y/o mejorados por el Contratista y servirán para acceso permanente a los sitios de la S/E, desde las carreteras públicas principales hasta las puertas de entrada a la S/E. El diseño de los caminos permanentes será entregado por LA EMPRESA.

Son caminos temporales de acceso los aprobados por LA EMPRESA para construirlos en propiedades privadas, después de que el Contratista haya obtenido la autorización necesaria y el derecho de paso para proveer el acceso necesario únicamente durante la construcción. El diseño de los mismos es de responsabilidad del Contratista.

ALCANTARILLAS, DRENAJES Y SUBDRENAJES EN LOS CAMINOS DE ACCESO.

El tamaño, localización y construcción de las alcantarillas debe estar de acuerdo con las Especificaciones Técnicas y/o

con los planos de construcción. Las alcantarillas deben estar construídas con tuberías metálicas, corrugadas, galvanizadas, de conformidad con lo estipulado en las normas; la instalación debe hacerse con los alineamientos y cotas preestablecidas sobre un suelo cuidadosamente preparado para que la tubería quede apoyada firmemente en toda su longitud sobre la cuarta parte inferior de su circunferencia.

El drenaje superficial del camino de acceso estará constituido por cunetas laterales, cunetas de coronación y obras de arte de hormigón simple tipo B, de acuerdo a lo que se indica en los planos o a lo que ordene LA EMPRESA en el sitio de las obras. Los subdrenes se construirán de acuerdo a lo indicado en los planos y estarán constituidos por tubos de hormigón perforado, conforme las exigencias de las especificaciones para tubos de resistencia normal.

SUB-BASE, BASE DEL CAMINO DE ACCESO

La subrasante debe ser protegida posteriormente con una capa de sub-base compactada. El material de sub-base debe colocarse sobre la subrasante preparada y cuando la sección transversal esté debidamente conformada. La sub-base será compactada en capas de 15 cms. de espesor máximo. Cuando necesite más de una capa, cada una de ellas será conformada y compactada antes de que la siguiente capa sea colocada.

Donde se indique en los planos o lo determine LA EMPRESA, se colocará una capa de material de base compactada. Para la colocación y compactación del material de base se seguirá los procedimientos especificados para el material de sub-base.

CARPETA ASFALTICA DEL CAMINO

Este trabajo consiste en la colocación de una aplicación doble de material bituminoso con recubrimiento de agregados, sobre la base imprimada de acuerdo con las alineaciones y dimensiones que figuran en los planos o como fueren determinados por LA EMPRESA. El tratamiento a la superficie se aplicará únicamente cuando la superficie existente se encuentre seca o solo ligeramente húmeda y cuando el tiempo no sea brumoso ni lluvioso. Cada esparcimiento del agregado debe hacerse inmediatamente después de la aplicación del material bituminoso. La capa de imprimación se debe realizar tres días antes de la aplicación de la primera capa de tratamiento bituminoso.

FUNDACIONES EN PATIOS DE MANIOBRA

Cubre la construcción de todas las fundaciones para estructuras y equipos de alta tensión, que en la parte vista sobre la rasante serán de hormigón visto, por lo que los encofrados deberán cumplir con lo estipulado en las especificaciones. Antes de colocar un hormigón sobre una superficie de fundación, esta

deberá estar exenta de agua estancada, lodo, aceite o residuo de cualquier material. Si la superficie es rocosa, a más de la limpieza se debe saturar previamente la superficie antes de colocar el hormigón.

La construcción se hará con hormigón tipo A y según las dimensiones y detalles de los planos; para el anclaje de estructuras se dejará previsto el empotramiento de pernos y de cualquier otro elemento metálico que se requiera.

FUNDACIONES DE CASA DE CONTROL Y DE GUARDIAN

El Contratista debe colocar todo el hormigón necesario para las estructuras de los edificios, tanto en cimentaciones y pilotes, como en columnas, vigas, losas, canaletes, etc., este trabajo incluye además de la construcción de fundaciones, el encofrado, transporte, preparación, vaciado y curado del hormigón; el Contratista debe atenerse estrictamente a los planos y/o a lo ordenado por LA EMPRESA.

MALLA DE TIERRA

El sistema de tierra incluye la malla de los patios de maniobras, casa de control y exterior, las conexiones a las estructuras, soportes, equipos y cercas la ejecución de las conexiones por medio de conectores apernados o de soldadura exotérmica, según se indique en los planos, la excavación, relleno y compacta-

ción de las zanjas de la malla de tierra.

Todas las conexiones en cruces y derivaciones de los cables enterrados y empotrados, y todos los empalmes, deben ser hechos por medio de soldadura exotérmica. Todo el sistema de tierra debe completarse antes de la nivelación o el hormigonado. La instalación de los cables de tierra enterrados en el suelo o empotrados en el hormigón debe ser coordinada con la instalación de los ductos y canaletas.

La malla de tierra principal debe extenderse un metro fuera de la línea de cerramiento y debe ser enterrada a una cierta profundidad del nivel de la rasante de los patios. Los cables de tierra y los accesorios que deben quedar superficiales se deben asegurar firmemente para prevenir desplazamientos durante el hormigonado.

Deben conectarse a tierra todas las estructuras de los patios de maniobra, equipos de comunicaciones, soportes para equipos, cercas, ductos metálicos, bandejas de cables, cajas de tomas, gabinetes, cajas de interruptores, de transformadores, de interruptores, puertas, marcos de ventanas, etc. Los equipos principales tales como transformadores, disyuntores y cubículos de fuerza deben conectarse a tierra, mediante cables conectados a dos puntos opuestos del aparato y a ramales diferentes de la malla a tierra. Cada dos postes de la cerca y cada poste de esquina y de puerta debe ser conectado a la malla de tierra.

Si después de realizar la medición de resistencia se encuentra que la resistencia de la malla de tierra es mayor que el valor requerido, se podrá incrementar el sistema de tierra hasta satisfacer los requerimientos de seguridad determinados por LA EMPRESA.

DUCTOS Y BANDEJAS PORTACONDUCTORES

El sistema consiste principalmente de ductos rígidos de acero directamente enterrados, embebidos en concreto o expuestos, cajas de conexión, bancos de ductos no metálicos, sistema de bandejas para cables con sus soportes y accesorios a ser instalados en las canaletas, y accesorios misceláneos según se indica en los planos y según se requieran para completar el sistema de ductos y bandejas para las Casas de Control y los Patios de Maniobra. En todos los ductos que terminen en cajas metálicas, gabinetes de distribución y de control de los equipos se instalarán bushings de puesta a tierra y se unirán a la caja por el método que se indica en los planos en uno de sus extremos. Todos los ductos, luminarias, accesorios y cajas deben conectarse a tierra. Luego de las pruebas funcionales, todos los ductos deben sellarse con fibra y compuesto sellante.

El sistema de bandejas de cable y sus soportes deben ser instalados en forma rígida, nivelada, recta y a plomo sobre los soportes embebidos en concreto.

URBANIZACION

Esta actividad cubre la construcción de las obras de urbanización necesarias para habilitar los sitios de las subestaciones. Los principales trabajos incluyen la construcción de: del drenaje para aguas lluvias, del sistema de abastecimiento y distribución de agua potable, de cerramientos metálicos y cerramientos con alambres de púa, del sistema de alcantarillado, de las vías internas y acabados de los patios, y de las obras complementarias.

El Contratista construirá las obras de drenaje que desalojan las aguas lluvias de los patios de las subestaciones y de las vías internas; construirá una cisterna de hormigón armado para el servicio de agua potable de la S/E y estará equipada con un equipo de bombeo y planta de tratamiento del agua; las aguas servidas provenientes de la Casa de Control y del Guardián, serán conducidas mediante tubería cerrada de hormigón a un pozo séptico y de este al campo de absorción correspondiente; todo de acuerdo a los planos, según estas especificaciones o como las establezca LA EMPRESA. El Contratista conformará la subrasante en los patios, realizará el recubrimiento con grava y todo acabado necesario en los patios de Maniobras.

MONTAJE DE ESTRUCTURAS EN PATIOS DE MANIOBRA

El Contratista debe ensamblar y erigir todas las estructuras e instalar la señalización de éstas conforme lo establece las

especificaciones y/o conforme a las recomendaciones del diseñador y fabricante de las estructuras, en tal forma que no se exceda las tolerancias que establezca el fabricante. En ningún caso podrá efectuarse la erección de las estructuras antes de que se haya realizado y aprobado en forma satisfactoria el montaje de los anclajes (pernos, placas, etc), y el relleno compactado de las fundaciones. Las placas de nivelación de las columnas serán colocadas y niveladas en los anclajes a sitio, a los niveles indicados en los planos.

El Contratista instalará todo el acero misceláneo, incluyendo los anclajes (pernos, placas, etc), que se requiera para el ensamble de los equipos y accesorios a ser montados.

MONTAJE DE TRANSFORMADORES EN PATIOS

Durante el período de almacenamiento y montaje, el Contratista debe mantener calefactores en todas las cajas de los equipos, realizará trabajos misceláneos de montaje de los equipos, suministrará la supervisión y los equipos requeridos para realizar los trabajos de montaje que se muestran en los planos y/o en las especificaciones técnicas, a menos que se exceptúen específicamente.

Los transformadores de Poder son tipo intemperie, sumergidos en aceite; a su recepción en bodegas y durante el transporte los transformadores deben estar llenos de nitrógeno y se debe

mantener la presión interna especificada por los fabricantes. Los equipos deben ser ensamblados con todos sus accesorios, ubicados en su fundación y/o sobre un soporte, anclados en forma segura, tal como se indica en los planos y de acuerdo a las instrucciones y recomendaciones del fabricante. La supervisión del montaje de Transformadores de Poder será efectuada por los Supervisores de Montaje de los fabricantes y/o por LA EMPRESA.

MONTAJE E INSTALACION DE BARRAS TERCIARIAS

El Contratista debe realizar la instalación de las barras de 13.8 KV, y suministrar la supervisión y los equipos requeridos para realizar dichos trabajos que se muestran en los planos y/o en las especificaciones técnicas.

La instalación de barras terciarias incluirá los aisladores para soporte de barras y los aisladores de suspensión, tubos de aluminio para fases y neutro, conductores en tensión, accesorios de barras, banco detector de fallas a tierra, fusibles, seccionadores, resistencias, pararrayos y demás accesorios misceláneos.

MONTAJE E INSTALACION DE EQUIPOS DE ALTA TENSION EN PATIOS.

Cubre la instalación de los equipos y accesorios de alta tensión, los trabajos misceláneos de montaje, así como la Supervisión

(de montaje) y las pruebas necesarias, conforme lo indicado en los planos de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes, o como lo determine LA EMPRESA. La Supervisión del Montaje y las pruebas, incluyendo chequeos operacionales de transformadores de medición, disyuntores, seccionadores y paneles de protección y control será efectuada por los Supervisores de Montaje de los fabricantes y/o por LA EMPRESA, teniendo el Contratista que facilitar toda ayuda física, técnica o instrumental para su realización.

Los accesorios de alta tensión a ser instalados, comprenden: pararrayos, divisores capacitivos de potencial, transformadores de potencial, transformadores de corriente en caso de ser tipo pedestal y trampas de ondas; equipos de alta tensión como: seccionadores, aisladores de suspensión y de soporte de barras, etc., y demás equipos de alta tensión ensamblados e instalados tal como se indica en los planos, o como LA EMPRESA lo indique. Bajo ninguna condición el Contratista debe instalar aparato alguno de tal forma que las distancias entre las partes energizadas sean menores que los espaciamentos mínimos especificados.

En las subestaciones que se encuentran en funcionamiento, el Contratista debe realizar las conexiones necesarias a las instalaciones existentes y algunas modificaciones en dichas instalaciones, a fin de ampliarlas.

MONTAJE DE CABLES AEREOS (HILO DE GUARDIA Y CONDUCTOR).

El Contratista realizará el tensado y flechado de conductores e hilos de guardia. Los conductores aéreos, tanto cables de guardia como conductores de fases, deben ser instalados de acuerdo con los planos y la Tabla de Tensado que suministre LA EMPRESA, procurando tener acabados que impidan cualquier daño a los cables. Se instalarán firmemente puestas a tierra en ambos extremos del vano en el cual se está trabajando y serán retiradas tan pronto como ellas no sean necesarias para la protección. Todo el equipo para halado y tensado debe ser puesto a tierra en forma segura y efectiva. No debe trabajarse cuando exista indicación de tormentas eléctricas en el área.

Los cables de guardia de conductores de fase deben ser tensados e instalados en longitudes completas y de manera que sus hilos no se corten, sufran abrasión o se endortijen. Todos los empalmes permanentes para los conductores y cables de guardia se instalarán después del tensado, pero antes de la operación de flechado. El método de ajuste de la flecha para los cables de guardia y los conductores debe ser propuesto por el Contratista y aprobado por LA EMPRESA, la flecha en cada vano debe estar de acuerdo con las tablas de flechas y tensiones que suministrará LA EMPRESA.

CERRAMIENTO PERIMETRAL

El Contratista instalará los cerramientos de malla metálica -

eslabonada y puestas como se indican en los planos. Los cerramientos de las subestaciones serán de malla eslabonada standard y protección de alambre de púa de la altura indicada, con columnas de tubo galvanizado cada tres metros de espaciamento. La malla eslabonada será instalada paralela a la superficie del terreno y como se indica en los planos, completa con accesorios, tensada, recta, sin distorsión y asegurada a los soportes. Los cerramientos y cercas de protección se conectarán al sistema de tierra, como se indica en los planos.

OBRAS DE ARTE DE HORMIGON

El Contratista construirá: muros, cunetas, bordillos, canales, descargas, pozo séptico, trampa de grasa, sumideros de patio, cajas de distribución, cisterna, cajas de revisión, escaleras de acceso en patios, tapas prefabricadas, etc., y demás obras de arte necesarias, para tomar en perfecto estado de funcionamiento y a satisfacción de LA EMPRESA, todo el sistema de: drenaje para aguas lluvias, abastecimiento y distribución de agua potable, alcantarillado, vías de acceso internas y externas, y demás acabados varios de los patios de la S/E.

Todas las obras de arte se construirán de acuerdo al tipo de hormigón que corresponda en cada caso y según como se indique su diseño en los planos.

RELLENO DE GRAVA EN PATIOS

El recubrimiento de grava será hecho de agregado mineral duro, durable y sano, consistente de roca triturada. El agregado será libre de materias vegetales, grumos y otros materiales indeseables. Su granulometría dependerá de la zona de recubrimiento a colocarse. La capa de grava será esparcida en la subrasante preparada, en el espesor requerido, y efectuada de tal manera que se evite la segregación. El material será alisado hasta producir una superficie lisa, uniforme y horizontal.

ELEVACIONES DE CASA DE CONTROL

La construcción de toda la obra muerta de la Casa de Control incluye: replanteo, desbroce y limpieza del terreno; excavación y relleno compactado; hormigón en edificios; mampostería de bloque; contrapisos; cubiertas; etc.

El Contratista para las elevaciones de la Casa de Control debe colocar todo el hormigón necesario para las estructuras de los edificios, tanto en cimentaciones y pilotes, como en columnas, vigas, losas, canaletas, etc., este trabajo estará de acuerdo con las especificaciones; el Contratista debe atenerse estrictamente a los planos y/o a lo ordenado por LA EMPRESA. La ejecución de las losas de hormigón aramado se ceñirá estrictamente a las dimensiones indicadas en los planos y a estas especificaciones. Las losas horizontales deben tener

las pendientes indicadas en los planos o por LA EMPRESA, para el escurrimiento de las aguas lluvia.

MAMPOSTERIA Y CONTRAPISOS DE CASA DE CONTROL

La mampostería de bloque será usada para conformar las paredes de los edificios de control y cualquier pared eventual que podría ser requerida y que fuera ordenada por LA EMPRESA. Los muros deben ser perfectamente trabajados entre sí y los bloques previamente humedecidos para ponerlos en la obra.

Los contrapisos deben realizarse de acuerdo a los planos, a estas especificaciones y/o a las indicaciones de LA EMPRESA. Las tuberías y ductos para las instalaciones sanitarias, eléctricas y telefónicas deben colocarse antes de proceder con el vaciado del hormigón de la losa del contrapiso. Los contrapisos de los edificios llevarán acero de refuerzo conectado a tierra.

PAVIMENTOS Y ENLUCIDOS EN CASA DE CONTROL

El Contratista deberá realizar los acabados en la Casa de Control tal como se indica en las especificaciones, en los planos respectivos o como indique LA EMPRESA. Tales trabajos incluyen: enlucidos, pisos y barrederas, revestimiento de paredes, cielo raso, puertas, ventanas y muebles, pintura, etc.

Se lograrán superficies enlucidas lisas de acuerdo a la tolerancia de irregularidad asumida. Tanto para enlucidos interiores como exteriores, las superficies que deben enlucirse deben estar limpias y libres de residuos u otros materiales y se las humedecerá completamente antes de la aplicación del enlucido. Los pisos y barrederas abarcan la ejecución de los pisos para las edificaciones, pudiendo ser de baldosa granítica, de cemento o de parquet, siendo determinado en los planos el tipo de piso a utilizarse en c/u de los ambientes.

PUERTAS Y VENTANAS EN CASA DE CONTROL

Incluye: la construcción e instalación de puertas, tabiques y cualquier otro trabajo concerniente a carpintería; instalación de ventanas y puertas-mamparas para la Casa de Control, con sus marcos y con toda la cerrajería, vidrios y demás elementos auxiliares y complementarios que se indican en los planos o en las especificaciones técnicas; la instalación de puertas de acero enrollables en los sitios que indique los planos; la instalación de todo el sistema de cerrajería, vidrios de puertas y ventanas; etc.

CASA DE GUARDIAN - OBRA GRUESA, INSTALACIONES Y ACABADOS.

Este ítem cubre la construcción de la Casa de Guardián, el Contratista debe suministrar todo el trabajo, supervisión,

mano de obra, y equipo, necesarios para dejarla lista y en buen funcionamiento. Los trabajos a realizarse incluyen toda la obra muerta, acabados e instalaciones, como se indica en las especificaciones, en los planos respectivos o como lo indique LA EMPRESA. Se seguirán las normas establecidas en las especificaciones e indicaciones tomadas en cuenta anteriormente para la construcción de la Casa de Control.

INSTALACION SANITARIA Y ACABADOS EN CASA DE CONTROL.

El Contratista realizará la instalación apropiada de los sistemas de canalización de aguas lluvias y aguas servidas, instalaciones de agua potable fría y caliente, suministro e instalación de calentadores eléctricos y artefactos sanitarios, instalación del sistema de ductos, instalación de los equipos para el aire acondicionado, etc., y demás obras complementarias necesarias en la Casa de Control. Las instalaciones se regirán por las dimensiones indicadas en las especificaciones y los planos respectivos.

INSTALACION ELECTRICA Y TELEFONICA EN CASA DE CONTROL.

El Contratista debe instalar los sistemas de iluminación interior completo y una red telefónica, de acuerdo con los planos. El sistema de iluminación consiste de luminarias, accesorios

de fijación, colgantes, cables, soportes, tomacorrientes, interruptores, cajas para interruptores con tapa, tubería conduit, conectores y terminales para cables, etc., y accesorios misceláneos según se indica en los planos y según se requiera para completar el sistema de iluminación y la red telefónica en la Casa de Control. Las instalaciones del sistema deben ser hechas de manera bien determinada y como se muestra en los planos.

MONTAJE PANELES Y TABLEROS EN CASA DE CONTROL

Los paneles que serán suministrados, consisten en paneles tipo "duplex" para control, protección y medición, registradores automáticos de fallas y localizadores de fallas, y paneles de sincronización, de distribución. Los tableros se suministrarán en secciones, completamente equipados y alambrados internamente, se proveerán manuales e instrucciones de instalación. El Contratista debe instalar los paneles tal como se indique en los planos, en los manuales de instalación del fabricante, y de acuerdo a las instrucciones del Supervisor del Montaje y/o LA EMPRESA. Deben ser anclados adecuadamente, alineados, nivelados y conectados a la malla de tierra principal. Antes de energizar los paneles, el Contratista debe verificar la correcta operación de todos los componentes; después de la instalación los paneles deben someterse a pruebas particulares y funcionales.

INSTALACION DE EQUIPOS SERVICIOS AUXILIARES

El Contratista debe instalar los sistemas completos de servicios auxiliares. En las subestaciones en funcionamiento, el Contratista debe realizar algunas modificaciones y adecuaciones menores, como se indica en los planos, estas se efectuarán de tal modo que causen el mínimo de interferencia en los sistemas existentes.

El Contratista debe suministrar toda la mano de obra, equipo y herramientas, y la supervisión para realizar los trabajos que se indican en los planos y/o que se indiquen en las especificaciones técnicas, a menos que se exceptúen específicamente. Los principales ítems de instalación son los siguientes: transformadores de distribución blindados, paneles de distribución c-a y c-c, baterías y sus bastidores, cargadores de baterías, etc. El Contratista instalará los equipos, de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes y lo que indique LA EMPRESA. El equipo debe ser anclado adecuadamente a las fundaciones de concreto, nivelado y conectado a la malla de tierra. Antes de energizar el equipo, el Contratista debe verificar la correcta operación de todos los componentes; y concluida la instalación el equipo debe someterse a pruebas particulares y funcionales.

INSTALACION DE ILUMINACION EXTERIOR

El sistema se instalará en los sitios indicados en los planos y consiste de iluminación de: calles, patios de maniobra, emergencia

de los patios. Las luminarias, soportes y aparatos serán montados a plomo y alineados de acuerdo con los métodos típicos de montaje del fabricante. Los cables deben ser instalados en longitudes completas, y los empalmes se harán únicamente en las cajas de paso, salidas o paneles. El tendido de los cables se hará de manera gradual y uniforme, para no exceder las tensiones máximas recomendadas por el fabricante. Después de instaladas, todas las luminarias, deben ser limpiadas y energizadas.

INSTALACION DE EQUIPOS SISTEMA BARRAS TERCIARIAS

El Contratista realizará la instalación y conexión de los equipos del sistema de barras terciarias previamente montados; debiendo ser ensamblados los equipos con todos sus accesorios, ubicados en su fundación y/o sobre un soporte, anclados en forma segura e instalados, tal como se indica en los planos y de acuerdo a las instrucciones y recomendaciones del fabricante.

En las subestaciones que se encuentran en funcionamiento, el Contratista debe realizar las conexiones necesarias a las instalaciones existentes y algunas modificaciones en dichas instalaciones, a fin de ampliarlas.

INSTALACION GRUPO DE EMERGENCIA

El suministro de emergencia para cargas esenciales se hará desde un grupo de generador diesel de reserva. El grupo

diesel se instalará completo con todos los accesorios requeridos para su correcta operación, incluyendo panel de control, tanque de combustible semanal-diario, bomba y líneas de combustible, tuberías de escape y protección para la intemperie.

El marco de acero de la base debe anclarse firmemente a la fundación de hormigón. El tanque de combustible se instalará bajo tierra y debe protegerse contra la corrosión. La instalación completa debe estar de acuerdo con las instrucciones y recomendaciones de los fabricantes y las establecidas por LA EMPRESA.

MONTAJE E INSTALACION DE BATERIAS

El suministro de potencia en corriente continua será provisto desde un banco de baterías de 60 celdas, 125 voltios y 2 cargadores de baterías ubicados en la Casa de Control de la S/E. El Contratista instalará los equipos, de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes y lo que indique LA EMPRESA. El equipo debe ser anclado adecuadamente a las fundaciones de concreto, nivelado y conectado a la malla de tierra, además, el ensamblaje y fijación de los bastidores de las baterías al suelo, el montaje e interconexión de las celdas, el llenado con electrolito, etc. Concluida la instalación del equipo debe someterse a pruebas particulares y funcionales.

CABLEADO DE CONTROL Y FUERZA PARA BAJA TENSION

El Contratista debe instalar todos los cables aislados de baja

tensión, para la Casa de Control y los Patios de Maniobras, que se requieren para distribución de fuerza de baja tensión, control, protección, señalización e iluminación exterior.

Los cables se instalarán en ductos de acero galvanizado, en ductos no metálicos o en bandejas, según se indique en los planos, siguiendo las instrucciones de instalación de los fabricantes del cable. Los circuitos deben ser chequeados por el Contratista por medio de zumbador, campana o teléfono, para asegurarse de la continuidad de los circuitos y que estén instalados de acuerdo con los planos. El cableado se instalará de acuerdo con las normas aplicables y las prácticas de cableado aceptadas por LA EMPRESA según el recorrido que consta en la lista de cables.

INSTALACION DE CONEXIONES DE ALTA TENSION

Las conexiones de las barras y cables a los aparatos (equipos) de alta tensión deben ser efectuadas de tal manera que no causen ninguna tensión mecánica sobre los aisladores o aparatos cuando se realicen las conexiones finales. Se deben manipular con cuidado los equipos provistos de bushings o aisladores de porcelana para prevenir astilladuras, rajaduras u otros daños en la superficie cristalizada. Las conexiones a los bushings de los disyuntores y transformadores deben ser realizadas con cables AAC, en forma cuidadosa de manera que sea similar al arreglo indicado en los planos. Las superficies de contacto

de todas las grapas y de las conexiones emperradas deben ser preparadas y conectadas de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes.

INSTALACION DE TRANSFORMADORES Y DEMAS EQUIPOS EN PATIOS.

El Contratista suministrará la supervisión y los equipos requeridos para realizar los trabajos de instalación que se muestran en los planos y/o que se indican en las especificaciones técnicas y de acuerdo a las instrucciones y recomendaciones del fabricante.

En la instalación de transformadores de poder será necesario realizar un chequeo externo e interno si se requiere, proveer sus propias plantas de secado y tratamiento de aceite, inspeccionar todos los bushings y reemplazarlos o repararlos antes de iniciar su instalación, realizar pruebas para fugas de aceite, llenar con aceite, etc. El Contratista debe limpiar completamente los aparatos y equipos instalados, todas las aristas o esquinas serán alisadas, etc. La supervisión de la instalación y las pruebas, incluyendo chequeos operacionales de transformadores, disyuntores, y demás equipos será efectuada por los Supervisores de Montaje e Instalación de los fabricantes y/o por LA EMPRESA. En las subestaciones que se encuentran en funcionamiento el Contratista debe realizar las conexiones necesarias a las instalaciones existentes y algunas modificaciones en dichas

instalaciones, a fin de ampliarlas.

INSTALACION DE EQUIPO DE ONDA PORTADORA Y EQUIPO TELEFONICO.

El Contratista debe instalar el equipo como se indique en los planos, manuales de instalación del fabricante y de acuerdo a las instrucciones del Supervisor de Montaje y/o LA EMPRESA.

El equipo debe ser anclado adecuadamente, alineado y nivelado, conectado a la malla de tierra principal y a la alimentación de energía eléctrica. El Contratista realizará reparaciones menores y retoques de pintura, según se indique. Antes de energizar el equipo, el Contratista debe verificar la correcta operación de todos los componentes. Después de la instalación los equipos deben someterse a pruebas particulares y funcionales.

MONTAJE DE CAPACITORES

Para realizar el montaje de los capacitores, el Contratista deberá seguir todas las instrucciones dadas por el fabricante de los capacitores, así como las recomendaciones expuestas en las especificaciones técnicas en los artículos aplicables. El Contratista deberá suministrar toda la mano de obra y supervisión necesarias para instalar en forma subterránea el cable aislado que conecta las barras terciarias con los bancos de capacitores, incluyendo muflas y soportes en ambos extremos -

de cada banco, como se indica en los planos. Una vez instalados los bancos de capacitores se someterán a pruebas funcionales antes de ser puestos en servicio.

INSPECCION Y PRUEBAS DE ACEPTACION

El propósito de la inspección y las pruebas de aceptación consiste en verificar el cumplimiento de los equipos y sistemas de conformidad con las especificaciones de suministro y construcción de instalación, antes de que LA EMPRESA reciba las obras de parte del Contratista. La inspección y las pruebas deben realizarse de conformidad con las especificaciones, las instrucciones de los fabricantes y/o según lo indique LA EMPRESA y los Supervisores de Montaje. Estas deben realizarse en todos los items de trabajo incluidos en el contrato y deben tomarse todas las medidas de seguridad necesarias para la ejecución de las verificaciones y pruebas, de manera que no se interfieran con las actividades de la construcción y montaje, y de que se prevengan todos los riesgos de posibles daños al personal o a las instalaciones. Si la construcción, instalación o suministro de equipos por parte del Contratista no pasa la inspección y pruebas, el Contratista debe reconstruir, reparar, montar de nuevo, volver a ensamblar, reconectar o reemplazar, etc., los elementos defectuosos hasta que queden a satisfacción de LA EMPRESA. El Contratista notificará tan pronto como sea posible, que los equipos y/o sistemas están listos para inspección y pruebas.

PRUEBAS EN TRANSFORMADORES DE PATIOS

El Contratista realizará las pruebas en transformadores de poder tomando en cuenta todas las medidas de seguridad del caso, y siguiendo las instrucciones de los fabricantes, de las especificaciones y/o según lo indique LA EMPRESA y los Supervisores de Montaje. Debe verificarse lo indicado a continuación en forma general, previa a su energización:

- a) Ensamblaje estructural correcto y completo.
- b) Que no existan partes faltantes o sueltas.
- c) Que la instalación se haya realizado de acuerdo con los planos y las especificaciones.
- d) Que no existan daños en el equipo debido a rajaduras, deformaciones u otros. En caso de existir daño se requerirá reparar o reemplazar las partes afectadas.
- e) Ajustes de conexiones.
- f) Puestas a tierra.
- g) Nivel de aceite.

Es necesario haber realizado pruebas, revisiones y mediciones durante: el almacenamiento y al recibir los equipos en bodega de LA EMPRESA, al iniciar el montaje, al terminar la instalación de los bushings, y durante la energización en prueba, siendo todas ellas mencionadas en las especificaciones técnicas, las instrucciones de los fabricantes y/o según lo indique LA EMPRESA.

PRUEBAS DE EQUIPO DE ALTA TENSION EN S/E.

El programa de pruebas de equipos se establecerá de común acuerdo entre el Contratista y LA EMPRESA, y se realizará siguiendo las especificaciones, las instrucciones de los fabricantes y/o según lo indique LA EMPRESA y los Supervisores de Montaje. Se tomarán todas las medidas de seguridad necesarias para evitar daño alguno al personal o a las instalaciones o equipos. En general en todos los equipos de alta tensión, previa a su energización se debe verificar:

- Estado final de la pintura
- Puestas a tierra
- Ensamblaje completo del equipo
- Ajustes de conexiones
- Distancias mínimas de conductores aéreos, fase-fase y fase-tierra.
- Estado de Bushings y Aisladores
- Estado de Fusibles
- Nivel de aceite.

Las pruebas a realizarse se encuentran especificadas para cada uno de los equipos en las especificaciones técnicas e instrucciones de los fabricantes.

ENERGIZACION DE EQUIPOS Y PUESTA EN SERVICIO

Una vez realizadas la inspección y las pruebas de aceptación

de los equipos e instalaciones de la S/E, LA EMPRESA revisará y evaluará los resultados de las pruebas antes de la aceptación. La aceptación por parte de LA EMPRESA de los resultados, no relevará al Contratista de su responsabilidad por la construcción y funcionamiento adecuados de las obras según se describe en estas especificaciones y se indica en los planos.

La energización de los equipos será realizada tomando todas las medidas de seguridad que requiera el caso, y será efectuada solo por los operadores de la subestación, bajo la supervisión de LA EMPRESA y el grupo de pruebas calificado. La recepción provisional de la subestación estará condicionada con la realización de las pruebas y la energización de la S/E, pero la recepción definitiva de la obra y puesta en servicio de la misma, deberá realizarse una vez que se haya limpiado las áreas de las obras, concluidos los trabajos y retirados los equipos y materiales de construcción e instalaciones provisionales realizadas.

3.4. RECURSOS Y COSTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE SUBESTA - CIONES

En la construcción de subestaciones los elementos constitutivos del costo son: mano de obra, equipos, materiales, gastos de operación, etc; la estimación de los costos de construcción exige la clasificación de estos en diversos rubros, de tal manera que pueda hacerse en forma ordenada y completa,

sin omitir ninguna partida importante. Se consideran separadamente, por regla general, los costos directos y los indirectos.

Los costos directos se clasifican, según su origen, en costos de mano de obra, costos de maquinaria (o equipo) y costos de materiales, necesarios para la realización de un proceso constructivo. Pero aquello dependerá de las condiciones del contrato suscrito, ya que podrían considerarse solamente la suma de mano de obra y equipo como los Costos Directos de construcción, definición que he asumido en la realización de esta Tesis, y que más adelante presento su debida justificación.

3.4.1. COSTO DE MANO DE OBRA

El costo por mano de obra se relaciona con el pago de salarios que realiza el contratista al personal que única y exclusivamente interviene en forma directa en la construcción de la obra.

Para determinación del salario base, se partirá del salario nominal de cada una de las categorías de trabajo que se requieran para la ejecución de la obra, a cada una de las cuales se incrementarán los beneficios y bonificaciones que tengan lugar, de conformidad con el Código de Trabajo vigente, siendo estos los siguientes:

- Décimo Tercer Sueldo
- Décimo Cuarto Sueldo
- Décimo Quinto Sueldo
- Aportes Patronales: IESS, SECAP, IECE, Seguro Campesino.
- Fondo de Reserva
- Bonificación Complementaria
- Compensación del Transporte
- Compensación al Incremento del costo de la vida
- Aporte Individual al IESS
- Factor de Beneficio Social (FBS)
- Factor de Mayorización (FM)
- Factor de Salario Real (FSR)

Para el presente estudio se ha tomado como referencia el Código de Trabajo y sus reformas a Diciembre de 1986, presentados en un cuadro preparado por la Cámara de Construcción de Guayaquil en su boletín técnico N° 47 de Marzo/87, conteniendo los salarios mínimos diarios para los trabajadores de la construcción y elaborada para 365 días calendario. (Tabla N° 2). Se consideró como días no laborables los siguientes:

Sábados	:	52 días
Domingos	:	52 días
Festivos	:	12 días

Inv. No. _____

Vacaciones : 12 días
 Total : 127 días (no laborables)

A continuación presento una serie de indicaciones concernientes al cuadro de la tabla N^o 2 . Todas las bonificaciones y aportes son considerados distribuidos para 365 días, de acuerdo al N^o asignado en el cuadro tenemos que:

- (1) 12^a parte del salario diario
- (2) Dos salarios mínimos vitales
- (3) Un sueldo básico con tope en 10.000 (100% de 6.000 + 40% exceso).
- (4) S/1.500,00 mensual, si salario es menor ó igual a dos salarios mínimos vitales.
- (5) S/6.000,00 para salarios mayores a 6.000
- (6) S/800,00 mensuales, si salario es menor o equivalente al salario mínimo vital de S/12.500,00.
- (7) 19,18% del salario diario, compuesto de:

Fondo de Reserva	8.33%
Patronal al IESS	9.85%
SECAP	0.50%
IECE	<u>0.50%</u>
	19,18%
- (8) 9.35% del salario diario
- (9) Sumatoria del salario diario y todos los beneficios sociales, aportes patronales, etc., respectivos.

SALARIOS MINIMOS DIARIOS (365 DIAS)

Para los trabajadores de la construcción

(Al 14 - Marzo - 87)

CATEGORIA	SALARIO DIARIO	XIII SUELDO	XIV SUELDO	XV SUELDO	4 COMPENS. C. VIDA	5 BONIF. COMPL.	6 COMPENS. TRANSP.	7 AFORT. PATRON.	8 IESS	9 S.D.T.	10 F.B.S.	11 F.M.	12 F.S.R.	13 SALARIO TOTAL DIARIO MAYORADO *
SUPERVISOR	1100.00	91.67	65.75	27.40	—	16.44	—	210.98	102.85	1512.24	1.37	1.53	2.10	2310.00
CAPATAZ	509.00	42.44	65.75	26.83	49.32	16.44	—	97.63	47.59	807.38	1.59	1.53	2.43	1238.21
TOPOGRAFO	621.37	51.78	65.75	27.40	49.32	16.44	—	119.18	58.10	951.23	1.53	1.53	2.35	1458.82
OFICIAL	463.00	38.58	65.75	25.30	49.32	16.44	—	88.80	43.29	747.19	1.61	1.53	2.47	1145.90
CHOFER 1ª CAT.	532.60	44.38	65.75	27.40	49.32	16.44	—	102.15	49.80	838.04	1.57	1.53	2.41	1285.23
PEON U OBRERO	433.00	36.92	65.75	24.63	49.32	16.44	—	84.97	41.42	721.02	1.63	1.53	2.50	1105.77
CADENERO	487.00	40.58	65.75	26.10	49.32	16.44	—	93.41	45.53	778.59	1.60	1.53	2.45	1194.06
LINERO	500.00	41.67	65.75	26.53	49.32	16.44	—	95.90	46.75	795.60	1.59	1.53	2.44	1220.15
OPER. EQUIPO	860.00	71.57	65.75	27.40	—	16.44	—	164.95	80.41	1206.20	1.40	1.53	2.15	1849.85
AYUDE. MECAN.	500.00	41.67	65.75	26.53	49.32	16.44	—	95.90	46.75	795.60	1.59	1.53	2.44	1220.15
AYUDE. ELET.	480.00	40.00	65.75	25.86	49.32	16.44	—	92.06	44.88	769.43	1.60	1.53	2.46	1180.01
MONTADOR	500.00	41.67	65.75	26.53	49.32	16.44	—	95.90	46.75	795.60	1.59	1.53	2.44	1220.15
TEC. ELECTRICID	810.00	67.50	65.75	27.40	49.32	16.44	—	155.36	75.74	1191.76	1.47	1.53	2.26	1827.70
TEC. GASIFERO	810.00	67.50	65.75	27.40	49.32	16.44	—	155.36	75.74	1191.76	1.47	1.53	2.26	1827.70
ALBAÑIL	480.00	40.00	65.75	25.86	49.32	16.44	—	96.06	44.88	769.43	1.60	1.53	2.46	1180.01
FIERRERO	480.00	40.00	65.75	25.86	49.32	16.44	—	92.06	44.88	769.43	1.60	1.53	2.46	1180.01
SOLDADOR	810.00	67.50	65.75	27.40	49.32	16.44	—	155.36	75.74	1191.76	1.47	1.53	2.26	1827.70
TEC. INSTAL.	900.00	75.00	65.75	27.40	—	16.44	—	172.62	84.15	1257.21	1.40	1.53	2.14	1928.07
SUELDO BASICO	394.52	32.88	65.75	23.01	49.32	16.44	26.30	75.67	36.89	683.89	1.73	1.53	2.66	1048.82

* CONTIENE LOS: SALARIOS MINIMOS DIARIOS ELABORADA PARA 365 DIAS CALENDARIOS

(10) Relación entre: $\frac{\text{Salario diario total}}{\text{Salario diario}} = \text{F.B.S.}$

(11) Se consideró 127 días no laborables/año, por lo tanto:

$$\text{Factor de Mayorización} = \frac{365 \text{ días}}{(365 - 127)} = 1,5326$$

(12) Es el producto del Fctor de Beneficio Social y el de Mayorización:

$$\text{F.S.R.} = \text{F.B.S.} \times \text{F.M.}$$

(13) Es el producto del Salario Diario y el Factor de Salario Real:

$$\frac{\text{Salario total}}{\text{Diario Mayorado}} = \text{S.D.} \times \text{F.S.R.}$$

3.4.2. COSTO DE EQUIPO

Este costo es imputable al uso de los equipos que se requieren para la ejecución de la obra, y se estiman generalmente con base en la horas o días de utilización y en las rentas horarias (o diarias) que se determinan para cada máquina.

Está formada por los costos de propiedad y de operación calculados por hora efectiva de operación. Tales costos se pueden expresar como un porcentaje (%) del costo de adquisición del equipo, dando su sumatoria el costo horario del equipo mecanizado.

Los costos de propiedad están formados por los costos

correspondientes a amortización, intereses, seguros, matrículas. Los costos de operación están integrados por los costos de repuestos, mano de obra de las reparaciones, combustible, lubricantes, filtros, llantas. En el anexo N° 2 presento el cálculo del costo horario del equipo mecanizado producto del estudio de los costos de propiedad y de operación del equipo. A continuación se presentan los costos horarios del equipo que es utilizado para la construcción de Subestaciones Eléctricas.

COSTO DE EQUIPO PARA CONSTRUCCION DE SUBESTACIONES
(Redondeados a la decena inmediata)

<u>NOMBRE DEL EQUIPO</u>	<u>COSTO HORARIO</u> S/. HORA	<u>COSTO DIARIO</u> S/. DIA
Motosierra (5 HP)	53	424
Volqueta	2072	16576
Retroexcavadora JD 690 oruga (131 HP)	5000	40000
Camioneta (Chevrolet C10-1.75 Ton)	939	7512
Compactadora (vibratoria)	375	3000
Tanquero de Agua (2000 galones)	1950	15600
Imprimidora o Bituminoso (3.03 m ³)	1866	14928
Rodillo - Aplanadora	2682	21456
Vibrador	300	2400
Camión Eje Sencillo	1845	14760
Mezcladora de Hormigón (7 HP)	419	3352
Soldadora Exogena	394	3152
Teodolito	150	1200

<u>NOMBRE DEL EQUIPO</u>	<u>COSTO HORARIO</u>	<u>COSTO DIARIO</u>
	S/. HORA	S/. DIA
Mandril Metálico	100	800
Torcómetro	100	800
Plataforma	1615	12920
Herram. eléctricas, gasfitería, etc.	150	1200
Aparejos diferenciales	90	720
Pluma	75	600
Tirfor/Rocket	90	720
Frezadora	90	720
Fuller	3420	27360
Magirus	2500	20000
Herramientas menores	150	1200
Escaleras	70	560
Dinamómetro	95	760
Termómetro de ajuste	50	400
Prensa emplanadora	195	1560
Frenadora	3125	25000
Rodillo estático (14 Ton)	2682	21456
Soldadora Eléctrica	590	4720
Volqueta Inclinable	2677	21416
Herramientas metálicas	150	1200
Herramientas carpintería	150	1200
Nivel	80	640
Zumbador, campana o teléfono	90	720
Equipo de comunicaciones	230	1840
Cinta de medición (30 mts)	52	416

<u>NOMBRE DEL EQUIPO</u>	<u>COSTO HORARIO</u> S/. HORA	<u>COSTO DIARIO</u> S/. DIA
Excavadora Hidráulica sobre orugas (30.0 HP).	12083	96664
Excavadora de Zanjas (60 HP)	1805	1440
Generador 3Ø 186 HP	1160	9280
Tractor de carriles D-60 (140 HP)	6523	52184
Grúa de Castillo (70 Ton)	4206	33648
Equipo de medición, calibración y accesorios.	500	4000

3.4.3 COSTO DE MATERIALES

Los materiales en un proceso constructivo vienen a constituir las materias primas, necesarias para la confección de un bien utilizable. Los costos de materiales comprenden los de adquisición, los de fletes y maniobras hasta el sitio de la obra, y los debidos a mermas y desperdicios.

En la construcción de subestaciones se suministrarán los materiales y equipos que a continuación se describen siendo esta lista ilustrativa, más no limitante del material a suministrarse:

- a. Acero estructural para pórticos de 138 KV, 69 KV y 13.8 KV, soportes para equipos.

- b. Conductores y cables de guardia aéreos
- c. Aisladores, accesorios y herrajes en piezas sueltas
- d. Transformadores de potencia
- e. Disyuntores
- f. Equipos de alta tensión (seccionadores, pararrayos, transformadores de medición y protección, etc).
- g. Paneles de control
- h. Trampas de onda
- i. Equipo de onda portadora
- j. Equipo telefónico
- k. Sistemas de servicios auxiliares de la S/E
- l. Alimentadores aéreos y subterráneos de 13.8 KV
- m. Sistema de barras terciarias
- n. Cable de fuerza de baja tensión y accesorios
- o. Cable de control
- p. Sistema de ductos
- q. Material para malla de tierra
- r. Sistema de iluminación exterior e interior
- s. Cerramiento de malla
- t. Agregados y materiales para fundaciones de hormigón
- u. Materiales para la casa de control y del guardián
- v. Materiales para las vías locales y de acceso
- w. Materiales para Fundaciones en pilotos
- x. Materiales misceláneos requeridos para completar la instalación de las subestaciones.

Suministrados en su mayoría por el contratista o según quien lo indique en el contrato suscrito, requeridos

para completar los trabajos de construcción, de conformidad con los planos y documentos del mismo.

Para conseguir una programación de recursos rápida, fácil y no complicada del proyecto de la S/E, considero para los fines prácticos asumidos en esta tesis la omisión de los materiales dentro de los recursos y sus costos en el presupuesto del proyecto.

3.4.4. COSTOS INDIRECTOS

Los costos indirectos de construcción se determinan para la obra en conjunto y corresponden a la suma de los gastos técnico-administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso constructivo. *Generalmente se dividen en indirectos de operación e indirectos de obra.*

Los costos indirectos de operación corresponden a la suma de los gastos de la empresa constructora en sus oficinas generales, por lo cual se distribuyen entre las diversas obras que ejecuta la misma y debiendo dichas obras absorber un cargo por este concepto. Los costos indirectos de operación se clasifican en:

1. Gastos técnicos y administrativos
2. Alquileres y/o depreciaciones
3. Obligaciones y seguros

4. Materiales de consumo
5. Capacitación y promoción

Los costos indirectos de obra corresponden a la suma de los gastos de que se hacen en las obras, pero que no pueden cargarse a ningún concepto de costo en particular. Considerando que cada obra va a tener diferente localización, riesgo, personal técnico y administrativo, comunicaciones, fletes, oficinas de campo, etc., se deberá analizar cada obra a la luz de sus particulares condiciones, para reflejar también en cada caso los importes que dichas condiciones generen. Los costos indirectos de obra pueden agrupados en:

1. Gastos de campo:
 - A. Gastos técnicos y/o administrativos
 - B. Traslado de personal
 - C. Comunicaciones y fletes
 - D. Construcciones provisionales
 - E. Consumos y varios
2. Imprevistos de construcción
3. Financiamiento
4. Utilidad
5. Fianzas
6. Impuestos y contribuciones

CAPITULO IV

PROGRAMACION PARA LA CONSTRUCCION DE UNA SUBESTACION

4.1. APLICACION ESPECIFICA A LA S/E DE MACHALA

4.1.1. DESCRIPCION GENERAL DE LA SUBESTACION

La subestación de reducción de Machala pertenece al Sistema Regional de Transmisión Sur, y permitirá la transformación de 138 KV a 69 KV, a través de las posiciones de llegada de la L/T Milagro - Machala a 138 KV, con lo que se logrará servir a la Provincia de El Oro y zonas aledañas.

Dicha S/E comprendida en la Fase C (C/3) de construcción del Sistema Nacional de Transmisión contemplado en el Plan Maestro de Electrificación de INECEL, presenta un proyecto completo de construcción de la S/E Machala con capacidad de 60 MVA y transformación 138/69 - 13.8 KV, subdividido en el presente proyecto de construcción de la S/E Machala con 20 MVA bajo licitación ST/5/C/3 de INECEL, y lo restante en algún contrato futuro.

Las características de la S/E Machala son las siguientes:

- Esquema en 138 KV: Barra principal y transferencia con 4 posiciones.
- Esquema en 69 KV : Barra auxiliar de transferencia 138 KV y 69 KV.
- Capacidad: Banco de Autotransformadores monofásicos.

$$\frac{138}{\sqrt{3}} / \frac{69}{\sqrt{3}} = 13.8 \text{ KV}$$

Conexión Estrella / Estrella / Delta

3 x 20 / 26.7 / 33.3 MVA OA/ FA / FOA + 1 de Reserva.

- Número de líneas de entrada: En 138 KV; 2 desde Milagro.
- Número de líneas de salida: En 69 KV; una hacia barra de 69 KV de S/E EMELORO existente.

Su ubicación se encuentra localizada en la Provincia El Oro, cantón Machala (capital), teniendo las siguientes coordenadas el sitio de construcción:

Latitud aproximada = 9'636.400,00

Longitud aproximada = 626.150,00 (Occidental)

Se encuentra ubicada a un costado de la S/E La Peña (Patio 69 KV), construída por EMELORO, rodeada por las haciendas: La Esperanza, El Carmen, Unión Colombiana, y tiene como vías de acceso las carreteras La

Unión y La Peaña.

El clima de Machala (a 800 m.s.n.m.) es tropical, su temperatura varía entre 20°C a 30°C, con una humedad relativa predominante de 66%. El terreno de construcción no ofrece elevaciones, más bien es plano en su mayoría, de fácil acceso, vientos moderados y clase B de contaminación ambiental.

La S/E Machala de 20 MVA tendrá 4 posiciones a ser instaladas (posición 7, 8, 9 y 10) de las 10 posiciones previstas en el proyecto total de 60 MVA, recibirá una alimentación 3Ø de las líneas Milagro 1 y 2 (conductor 397.5 KCMIL-BRANT) al nivel primario de 138 KV, y a través de un sistema de embarrado conformado por una barra de transferencia y principal (conductor 1033.5 KCMIL-AAC) en el patio de Maniobras de 138 KV transportará la energía al patio de Autotransformadores 1Ø donde se realizará la reducción de 138 KV a 69 KV con terciario a 13.8 KV conectado al sistema de barras terciarias.

El patio de Autotransforadores 1Ø posee una barra auxiliar de transferencia 138 KV y otra a 69 KV. Se realizará la interconexión a nivel 69 KV con el patio de la S/E EMELORO (a 69 KV) existente. En el anexo N° 3 presento la Planta General de la S/E

Machala a construirse y diseñada por INECCEL.

4.1.2 PROCESO A SEGUIRSE EN LA PROGRAMACION

Para realizar la programación de la construcción de una subestación eléctrica, es necesario efectuar el estudio del proceso constructivo del proyecto a realizarse en base al diseño presentado, para lo cual se elabora una lista de actividades relacionadas al proyecto de la S/E y en base al estudio del proceso constructivo conformar una tabla de secuencias en las que se indique la relación existente entre las dos actividades.

Con la lista de actividades definidas de una manera adecuada, se procede a realizar la asignación de recursos y a evaluar los costos directos de construcción en base a los costos de mano de obra y equipos obtenidos en el capítulo tercero de esta tesis.

Se procedé luego a realizar la estimación de tiempos para cada una de las actividades en base al rendimiento del grupo asignado a cada tarea, y a la cantidad de obra que es obtenida de índices de construcción de S/E (138/69 KV) como a la estimación basada en los planos de diseño de la S/E Machala.

Con los datos anteriores se procede a realizar el procesamiento de la red correspondiente a la programación

de la construcción de la S/E, para lo cual se utiliza el programa HTPM, paquete computacional que nos dará como resultado cuál será la ruta crítica, tiempos tempranos y tardíos de cada actividad, duración total, costos directos totales, etc., resultados que serán presentados en diversos informes o reportes de salida del programa HTPM, de acuerdo al criterio de control necesario para la ejecución del proyecto.

4.1.3. DATOS NECESARIOS PARA INICIAR LA PROGRAMACION

Previa a la realización de la programación será necesaria la recopilación de información del proyecto a realizarse siendo entre otra la siguiente información:

- Especificaciones técnicas para la construcción de subestaciones eléctricas: de donde se obtiene el alcance y la descripción de subestaciones y sus requerimientos técnicos necesarios.

- Memoria técnica de la subestación a construirse:
En esta memoria técnica se describen los estudios realizados, que incluyen las consideraciones para la ubicación, capacidad, selección de esquemas y equipos, cálculos de cortocircuitos, estudio de coordinación y otros detalles explicativos que se han tomado en cuenta para el diseño de la subestación.

En el apéndice N° 3 presento parte de las copias de los planos de diseño de la S/E Machala a construirse.

- Descripción topográfica del área de la subestación:

De la topografía del terreno que comprende el área de la S/E y sus alrededores se determina que: el área total de construcción constituye 24700 m² comprendidos en 6000 m² de camino de acceso y 18700 m² de patios de maniobra, casas de control etc. El terreno de la S/E no presenta mayor irregularidad que ocasione dificultad para la construcción.

- Informe geológico geotécnico:

En este informe se presentan los estudios geológicos realizados en el terreno de construcción de la subestación.

De este informe se obtiene la descripción del tipo de geología, de cada una de las estructuras en los patios de maniobra y demás construcciones a realizarse en el área de la S/E y sus alrededores; drenaje, material geológico del terreno, accesos a la estructura, recomendaciones, etc.

- Informe de estudio de suelos:

En base a los trabajos de campo y laboratorio, se obtienen las características mecánicas de los diferentes

tipos de suelos de las fundaciones que se encuentran en los patios de maniobra de la S/E. Determinando si el suelo es lo suficientemente apto para reportar fundaciones directas sin pilotajes por ejemplo.

- Otros informes que se utilizarán:

Memoria de la construcción de la S/E Pascuales y sus datos de construcción. Índices generales de referencia para la estimación de volúmenes de obra obtenidos de S/E'S ya construídas. Análisis de precios unitarios presentados en licitaciones para la construcción de otras subestaciones.

4.2. PROGRAMACION DEL PROYECTO DE CONSTRUCCION DE LA SUBESTACION

4.2.1. LISTA DE ACTIVIDADES

La lista de actividades contiene un desglose lo más completo posible del proceso constructivo a seguirse en el proyecto de la S/E, puesto que mientras más minuciosa sea la programación los resultados serán más cercanos a los reales. Además, para agilizar el proceso constructivo se dividieron algunas actividades en inicio y terminación, logrando así comenzar antes la ejecución de actividades sucesoras.

La numeración de las actividades es solamente una referencia. No tiene importancia alguna en la construcción y en la interpretación de un diagrama PERT/CPM.

Siguiendo el orden establecido en la programación, tenemos:

1. Limpieza y desbroce (general)
2. Camino de acceso - Marcación y rasante
3. Camino de acceso - Drenajes y alcantarillas
4. Camino de acceso - Sub-base y base
5. Camino de acceso - Carpeta asfáltica
6. Camino de acceso - Obras de arte
7. Replanteo y topografía (en S/E)
8. Movimiento de tierra - Inicio
9. Movimiento de tierra - Terminación
10. Urbanización - Inicio
11. Urbanización - Terminación
12. Cerramiento Perimetral
13. Obras de arte de hormigón en S/E
14. Fundaciones patio 138 KV - Inicio
15. Fundaciones patio 138 KV - Terminación
16. Fundaciones patio 69 KV - Inicio
17. Fundaciones patio 69 KV - Terminación
18. Fundaciones equipos patio 138 KV - Inicio
19. Fundaciones equipos patio 138 KV - Terminación
20. Fundaciones equipos patio 69 KV - Inicio

21. Fundaciones equipos patio 69 KV - Terminación
22. Fundaciones de autotransformadores y reactores
23. Obras de arte: canaletas - Inicio
24. Obras de arte: canaletas - Terminación
25. Obras de arte varias en los patios - Inicio
26. Obras de arte varias en los patios - Terminación
27. Relleno de grava en patios y en S/E.
28. Fundaciones de casa de control y guardián - Inicio
29. Fundaciones de casa de control y guardián - Terminación.
30. Elevaciones de casa de control
31. Mampostería de casa de control
32. Pavimentos y enlucidos en casa de control - Inicio
33. Puertas y ventanas en casa de control
34. Pavimentos y enlucidos en casa de control - Terminación.
35. Terminación acabados en casa de control
36. Instalación sanitaria en casa de control
37. Instalación eléctrica en casa de control - Inicio
38. Instalación eléctrica en casa de control - Terminación
39. Casa de guardián - Obra gruesa, instalaciones y acabados.
40. Malla de tierra en los patios - Inicio
41. Malla de tierra en los patios - Terminación
42. Malla de tierra exterior
43. Malla de tierra en casa de control y de guardián
44. Ductos y bandejas en patios

45. Ductos y bandejas en casa de control
46. Montaje de estructuras en patios - Inicio
47. Montaje de estructuras en patios - Terminación
48. Montaje de barras terciarias
49. Montaje de cables aéreos de hilo de guardia y conductos - Inicio
50. Montaje cables aéreos de hilo de guardia y conductor Terminación.
51. Montaje autotransformadores en patio 138/69 - 13.8 KV - Inicio.
52. Montaje y pruebas autotransformadores en patio 138/69 - 13.8 KV - Terminación.
53. Montaje de disyuntores en patio 138 KV - Inicio
54. Montaje de disyuntores en patio 138 KV - Terminación y Pruebas.
55. Montaje de equipos patio 138 KV - Inicio.
56. Montaje de equipos patio 138 KV - Terminación e Instalación.
57. Montaje de equipos patio 69 KV - Inicio
58. Montaje de equipos patio 69 KV - Terminación e Instalación.
59. Montaje paneles en casa de control - Inicio
60. Montaje paneles en casa de control - Terminación
61. Montaje tableros servicios auxiliares
62. Instalación equipos servicios auxiliares e Iluminación exterior.
63. Instalación de conexiones de alta tensión - Inicio

64. Instalación cableado de control y fuerza para baja tensión.
65. Instalación equipos sistema barras terciarias
66. Instalación grupo de emergencia
67. Montaje e instalación de capacitores
68. Montaje e instalación de baterías
69. Continuación conexiones alta tensión - Tendido de cables.
70. Terminación conexiones alta tensión - Tendido de cables.
71. Inicio pruebas - Inspección y Pruebas de aceptación
72. Terminación Pruebas - Pruebas en equipo de alta tensión en S/E.
73. Energización de equipos y puesta en servicio.

4.2.2. TABLA DE SECUENCIAS Y SU DIAGRAMA

Las actividades del proyecto desglosadas y presentadas en el listado anterior deben ser relacionadas entre sí bajo una secuencia cronológica de ejecución de las mismas, basándose en el proceso constructivo a seguir. Estableciendo para cada actividad del proyecto, una lista de las actividades que la preceden inmediatamente y/o otra lista de las actividades que suceden inmediatamente a aquella. La tabla de secuencias correspondiente al listado de las actividades del proyecto de construcción de la S/E, puede ser presentado usando su numeral respectivo de actividad, de la siguiente forma:

TABLA DE SECUENCIAS

Nº ACTIVIDAD	Nº ACTIVIDAD PREDECESORA
1	INICIO
2	1
3	2-11
4	3
5	4-6
6	11
7	1
8	7
9	8
10	15
11	10
12	11
13	10
14	9
15	14
16	8
17	16-9
18	14
19	18
20	16-9
21	20
22	20
23	15
24	23
25	19
26	25
27	41
28	9
29	28
30	28
31	29-30
32	31
33	32
34	33
35	34-36-45
36	32
37	31
38	34-37-45
39	29-30
40	22-43
41	40
42	40
43	20
44	23
45	32
46	15-17

TABLA DE SECUENCIAS

Nº ACTIVIDAD	Nº ACTIVIDAD PREDECESORA
47	46
48	46
49	46-51-53-55-57
50	47-49
51	22
52	47-49
53	18
54	47-49
55	18
56	47-49
57	21
58	47-49
59	34-45
60	59
61	59
62	19-21
63	47-49
64	62
65	19-21
66	65
67	65
68	34-45
69	24-44-60
70	48-50-52-54-56-58-61-62-63-64-69
71	68-70
72	66-67-71
73	72
FIN	73

La secuencia cronológica de las actividades mencionadas, puede ser representada en un diagrama PERT/CPM haciendo uso de las técnicas de redes conocidas, numerando los nudos o eventos que la conforman, empleando las actividades ficticias para mejorar su presentación y definiendo un tiempo de duración de las actividades de ejecución. Con aplicación específica al proyecto de construcción de la S/E.

de Machala, presento al final de esta tesis como Anexo N° 4 su diagrama PERT/CPM diseñado para la programación del mismo. Es necesario recalcar que dicha programación es particular del proyecto a construirse, no pudiendo ser considerada como estándar para todo proyecto de construcción de una S/E.

4.2.3. RESTRICCIONES Y CRITERIOS DE OPTIMIZACIÓN ESTABLECIDOS

Al realizar la programación del proyecto, es necesario asumir ciertas restricciones y criterios fundamentales para efecto de optimización del mismo. Pero vale recordar que es el programa MTPM quien realiza los cálculos necesarios para determinar la ruta crítica del proyecto a un costo mínimo y en un tiempo óptimo, y para obtenerlo realizo la programación del proyecto en base a las técnicas PERT/CPM y en los criterios de optimización que a continuación indico:

- Una mejor utilización del personal, tanto en la especialización de los grupos en una determinada actividad, como en la ocupación total del mismo.
- Realizar una adecuada asignación de mano de obra, balanceando el personal entre las diferentes activida-

des y no recargándolo en algunas, es decir, que el personal empleado en ciertas actividades sea lo más homogéneo posible.

- Tratar de subdividir la lista de actividades lo suficiente para que se agilite la secuencia constructiva y para evitar recargar en ciertas actividades, recursos y costos, logrando disminuir sus holguras, las cuales originan un desperdicio de tiempo y recursos.
- Considero que el grupo asignado a cada actividad, se ocupará totalmente en su ejecución y no habrá personal excedente, en caso de existir servirá para acelerar aún más su ejecución.
- Además, hay que tener cuidado de que las actividades se realicen dentro de sus holguras fijadas por el programa, para que no ocurran atrasos y se conviertan aquellas actividades no críticas en críticas.
- Para la evaluación de costos, es necesario actualizar los costos horarios de mano de obra y equipo mecanizado, procurando evaluarlos en base a una acertada estimación de la cantidad de obra por ejecutarse en cada actividad.

Estos criterios principales junto a otros aplicados en la programación del proyecto, dan como resultado según mi análisis la optimización del proyecto de construcción de una S/E.

4.2.4. ASIGNACIÓN DE RECURSOS Y EVALUACION DE COSTOS1. LIMPIEZA Y DESBROCE

a) Personal:

0.5	Capataz	619,105
1	Oficial	1.145,900
1	chofer	1.285,230
1	operador	1.849,850
3	obrerros	3.317,310
	SUB-TOTAL	<u>8.217,395</u>

b) Equipo:

1	Motosierra	424,00
1	volqueta	16.576,00
1	Retroexcavadora	40.000,00
-	Herramientas menores	<u>1.200,00</u>
	SUB-TOTAL	58.200,00
	SUB-TOTAL (a+b)	66.417,39 S/. día
	RENDIMIENTO	2.470,00 m ² /día
	COSTO UNITARIO	26,89 S/./m ²

$$\text{COSTO DIRECTO} = 26,89 \frac{\text{S/}}{\text{m}^2} \times 24.700 \text{ m}^2 = \text{S/} 664.170.$$

2. CAMINO DE ACCESO - MARCACION Y RASANTE

a) Personal:

1	Topógrafo	1.458,820
1	Cadenero	1.194,060
1	Operador	1.849,850
1	Chofer	1.285,230
3	Obreros	<u>3.317,310</u>
	SUB-TOTAL	9.105,270

b) Equipo:

1	Teodolito	1.200,00
1	Retroexcavadora	40.000,00
1	Volqueta	<u>16.576,00</u>
	SUB-TOTAL	57.776,00

SUB-TOTAL (a+b)	66.001,27 S./día
RENDIMIENTO	1.500,00 m ² /día
COSTO UNITARIO	44,59 S./m ²

$$\text{COSTO DIRECTO} = 44,59 \frac{\text{S.}}{\text{m}^2} \times 6.000 \text{ m}^2 = \text{S.} 267.525$$

3. CAMINO DE ACCESO - DRENAJES Y ALCANTARILLAS.-

a) Personal:

0,5	Capataz	619,105
1	Oficial	1.145,900
1	Chofer	1.285,230
4	Obreros	<u>4.423,080</u>

SUB-TOTAL 7.473,315

b) Equipo:

1	Camión	14.760,00
-	Herramientas menores	<u>1.200,00</u>

SUB-TOTAL (a+b) 23.433,315 S./día
 RENDIMIENTO 350,00 kg/día
 COSTO UNITARIO 66,95 S./kg.

$$\text{COSTO DIRECTO} = 66,95 \frac{\text{S.}}{\text{kg}} \times 1.750 \text{ kg} = \text{S.} 117.167$$

4. CAMINO DE ACCESO - SUB-BASE Y BASE

a) Personal:

1	Oficial	1.145,900
1	Chofer-Operador	1.285,230
1	Operador	1.849,850
3	Obreros	<u>3.317,310</u>

SUB-TOTAL 7.598,290

b) Equipos:

1	Compactadora - Rodillo	21.456,00
0.5	Volqueta con esparcidor mecánico	10.708,00
0.5	Tanquero de agua	7.800,00
	Herramientas menores	<u>1.200,00</u>
	SUB-TOTAL	41.164,00
	SUB-TOTAL (a+b)	48.762,29 S./día
	RENDIMIENTO	1.900,00 m ² / día
	COSTO UNITARIO	25,66 S./m ²

$$\text{COSTO DIRECTO} = 25,66 \frac{\text{S./}}{\text{m}^2} \times 5.700 \text{ m}^2 = \text{S./} 146.287$$

5. CAMINO DE ACCESO - CARPETA ASFALTICA

a) Personal:

1	Oficial	1.145,900
2	Operadores	3.699,700
2	Obreros	<u>2.211,540</u>
	SUB-TOTAL	7.057,140

b) Equipos:

1	Imprimidora	14.928,00
1	Aplanadora - Rodillo	21.456,00
	Herramientas menores	<u>1.200,00</u>
	SUB-TOTAL	37.584,00
	SUB-TOTAL (a+b)	44.641,14 S./ día
	RENDIMIENTO	1.050,00 m ² / día
	COSTO UNITARIO	42,52 S./ m ²

$$\text{COSTO DIRECTO} = 42,52 \frac{\text{S./}}{\text{m}^2} \times 2100 \text{ m}^2 = \text{S./} 89.282$$

6. CAMINO DE ACCESO - OBRAS DE ARTE

a) Personal:

0.5	Capataz	619,105
1	Oficial	1.145,900
0.5	Chofer	642,615
4	Obreros	<u>4.423,080</u>
	SUB-TOTAL	6.830,700

b) Equipos:

0.5.	Camión	7.380,00
0.5	Mezcladora de Hormigón	1.676,00
	Herramientas menores	<u>1.200,00</u>
	SUB-TOTAL	10.256,00
	SUB-TOTAL (a+b)	17.066,00 S./día
	RENDIMIENTO	13,75 m ³ /día
	COSTO UNITARIO	1.242,62 S./m ³
COSTO DIRECTO = $1.242,62 \frac{S.}{m^3} \times 55 m^3 = S/.68.344$		

7. REPLANTEO Y TOPOGRAFIA

a) Personal:

1	Topógrafo	1.458,820
1	Cadenero	1.194,060
1	Oficial	1.145,900
1	Chofer	1.285,230
3	Obreros	<u>3.317,310</u>
	SUB-TOTAL	8.401,320

b) Equipos:

1	Teodolito	1.200,00
1	Camioneta	<u>7.512,00</u>
	SUB-TOTAL	8.712,00
	SUB-TOTAL (a+b)	17.113,320 S./día
	RENDIMIENTO	2.671,43 m ³ /día
	COSTO UNITARIO	6,41 S./m ³

$$\text{COSTO DIRECTO} = 6,41 \frac{S.}{m^3} \times 18.700 m^3 = S/.119.793$$

8. MOVIMIENTO DE TIERRA - INICIO Y TERMINACION

a) Personal:

1	Capataz	1.238,210
2	Oficiales	2.291,800
1	Chofer	1.285,230

1	Operador	1,849,850
4	Obreros	<u>4,423,080</u>
	SUB-TOTAL	11.088,170

b) Equipos:

1	Volqueta	16,576,00
1	Retroexcavadora	40,000,00
	Herramientas menores	<u>1,200,00</u>
	SUB-TOTAL	57,776,00
	SUB-TOTAL (a+b)	68.864,17 S./día
	RENDIMIENTO	1,960,00 m ³ /día
	COSTO UNITARIO	35,13 S./m ³

$$\text{COSTO DIRECTO} = 35,13 \frac{\text{S/}}{\text{m}^3} \cdot 39.200 \text{ m}^3 = \text{S/} \cdot 1'377.283$$

9. URBANIZACION-INICIO Y TERMINACION

a) Personal:

1	Capataz	1,238,210
2	Oficiales	2,291,800
1,5	Operadores	2,774,775
1	Chofer	1,285,230
4	Obreros	<u>4,423,080</u>
	SUB-TOTAL	12.013,095

b) Equipos:

0,5	Retroexcavadora	20.000,00
1	Compactadora Vibratoria	3,000,00
1	Camión	14.760,00
	Herramientas menores	<u>1,200,00</u>
	SUB-TOTAL	38.960,00
	SUB-TOTAL (a+b)	50.973,095 S./día
	RENDIMIENTO	250,00 m /día
	COSTO UNITARIO	203,89 S./m.

$$\text{COSTO DIRECTO} = 203,89 \frac{\text{S/}}{\text{m}} \times 3.000 \text{ m.} = \text{S/} \cdot 611.677$$

10. CERRAMIENTO PERIMETRAL

a) Personal:

1	Capataz	1.238,210
2	Oficiales	2.291,800
1	Chofer	1.285,230
1	Soldador	1.827,700
4	Obreros	<u>4.423,080</u>
	SUB-TOTAL	11.066,020

b) Equipo:

1	Camión	14.760,00
1	Soldadora	4.720,00
1	Escalera	560,00
	Herramientas menores	<u>1.200,00</u>
	SUB-TOTAL	21.240,00
	SUB-TOTAL (a+b)	32.306,02 S/./día
	RENDIMIENTO	254,28 m / día
	COSTO UNITARIO	127,05 S/./m

$$\text{COSTO DIRECTO} = 127,05 \frac{\text{S/}}{\text{m}} \times 1.780 \text{ m.} = \text{S/} 225.142$$

11. OBRAS DE ARTE DE HORMIGON EN S/E

a) Personal:

(Igual que la actividad Nº 6)

SUB-TOTAL 6.830,700

b) Equipo:

(Igual que la actividad Nº 6)

SUB-TOTAL 10.256,00
 SUB-TOTAL (a+b) 17.086,70 S/./día
 RENDIMIENTO 34,50 m³ / día
 COSTO UNITARIO 495,27 S/./m³

$$\text{COSTO DIRECTO} = 495,27 \frac{\text{S/}}{\text{m}^3} \times 345 \text{ m}^3 = \text{S/} 170.867$$

12. FUNDACIONES PATIO 138 KV - INICIO Y TERMINACION.

a) Personal:

1	Capataz	1.238,210
2	Oficiales	2.291,800
0,5	Chofer	642,615
1	Soldador	1.827,700
1	Albañil	1.180,010
1	Fierrero	1.180,010
4	Obretos	4.423,080

SUB-TOTAL 12.783,425

b) Equipos:

1	Mezcladora de Hormigón	3.352,00
1	Vibrador	2.400,00
0,5	Camión	7.380,00
1	Soldadora	4.720,00
1	Nivel	640,00
	Herramientas menores	1.200,00

SUB-TOTAL 19.692,00

SUB-TOTAL (a+b) 32.475,425 S/./día

RENDIMIENTO 2,27 m³ /día

COSTO UNITARIO 14.306,46 S/./m³

$$\text{COSTO DIRECTO} = 14.306,36 \frac{\text{S/}}{\text{m}^3} \times 34 \text{ m}^3 = \text{S/} 486.416$$

13. FUNDACIONES PATIO 69 KV - INICIO Y TERMINACION

a) Personal:

(Igual que la actividad Nº 12)

SUB-TOTAL 12.783,425

b) Equipos:

(Igual que la actividad Nº 12)

SUB-TOTAL	19.692,00
SUB-TOTAL (a+b)	32.475,425 S./día
RENDIMIENTO	2,27 m ³ /día
COSTO UNITARIO	14.306,36 S./m ³

$$\text{COSTO DIRECTO} = 14.306,36 \frac{\text{S.}}{\text{m}^3} \times 34 \text{ m}^3 = \text{S.} 486.416$$

14. FUNDACIONES EQUIPOS PATIO 138 KV - INICIO Y -
TERMINACION.

a) Personal:

(Igual que la actividad Nº 12)

SUB-TOTAL 12.783,425

b) Equipo:

(Igual que la actividad Nº 12)

SUB-TOTAL	19.692,000
SUB-TOTAL (a+b)	32.475,425 S./día
RENDIMIENTO	2,25 m ³ /día
COSTO UNITARIO	14.433,52 S./m ³

$$\text{COSTO DIRECTO} = 14.433,52 \frac{\text{S.}}{\text{m}^3} \times 36 \text{ m}^3 = \text{S.} 519.607$$

15. FUNDACIONES EQUIPOS PATIO 69 KV - INICIO Y TER-
MINACION.

a) Personal:

(Igual que la actividad Nº 12)

SUB-TOTAL 12.783,425

b) Equipo:

(Igual que la actividad Nº 12)

SUB-TOTAL	19.692,000
SUB-TOTAL (a+b)	32.475,425 S/./día
RENDIMIENTO	2,30 m ³ /día
COSTO UNITARIO	14.119,75 S/./día

$$\text{COSTO DIRECTO} = 14.119,75 \frac{\text{S/}}{\text{m}^3} \times \text{m}^3 = \text{S/} \cdot 324.754$$

16. FUNDACIONES DE AUTOTRANSFORMADORES Y REACTORES.

a) Personal:

(Igual que la actividad Nº 12)

SUB-TOTAL 12.783,425

b) Equipos:

(Igual que la actividad Nº 12)

SUB-TOTAL	19.692,000
SUB-TOTAL (a+b)	32.475,425 S/./día
RENDIMIENTO	2,30 m ³ /día
COSTO UNITARIO	14.119,75 S/./m ³

$$\text{COSTO DIRECTO} = 14.119,75 \frac{\text{S/}}{\text{m}^3} \times 23 \text{ m}^3 = \text{S/} \cdot 324.754$$

17. OBRAS DE ARTE: CANALETAS - INICIO Y TERMINACION.

a) Personal:

(Igual que la actividad Nº 6)

SUB-TOTAL 6.830,70

b) Equipos:

(Igual que la actividad Nº 6)

SUB-TOTAL	10,256,00
SUB-TOTAL (a+b)	17,086,70 S./día
RENDIMIENTO	25,00 m ² /día
COSTO UNITARIO	683,47 S./m ²

$$\text{COSTO DIRECTO} = 683,47 \frac{\text{S./}}{\text{m}^2} \times 450 \text{ m}^2 = \text{S./} 307,562$$

18. OBRAS DE ARTE VARIAS EN LOS PATIOS -INICIO Y TERMINACION.

a) Personal:

(Igual que la actividad Nº 6)

SUB-TOTAL	6,830,70
-----------	----------

b) Equipo:

(Igual que la actividad Nº 6)

SUB-TOTAL	10,256,00
SUB-TOTAL (a+b)	17,086,70 S./día
RENDIMIENTO	201,82 m ² /día
COSTO UNITARIO	84,66 S./m ²

$$\text{COSTO DIRECTO} = 84,66 \frac{\text{S./}}{\text{m}^2} \times 2,220 \text{ m}^2 = \text{S./} 187,954$$

19. RELLENO DE GRAVA EN PATIOS Y EN S/E

a) Personal:

1	Oficial	1,145,900
0.5	Chofer	642,615
3	Obreros	<u>3,317,310</u>

SUB-TOTAL	5,105,825
-----------	-----------

b) Equipo:

0.5	Volqueta inclinable	10,708,00
	Herramientas menores	<u>1,200,00</u>

SUB-TOTAL	11,908,00
SUB-TOTAL (a+b)	17,013,625 S./día
RENDIMIENTO	480,00 m ³ /día
COSTO UNITARIO	35,44 S./m ³

$$\text{COSTO DIRECTO} = 35,44 \frac{\text{S.}}{\text{m}^3} \times 1.920 \text{ m}^3 = \text{S. } 68.055$$

20. FUNDACIONES DE CASA DE CONTROL Y GUARDIAN INICIO Y TERMINACION.

a) Personal:

(Igual que la actividad Nº 12)

SUB-TOTAL	12.783,425
-----------	------------

b) Equipos:

(Igual que la actividad Nº 12)

SUB-TOTAL	19.692,000
SUB-TOTAL (a+b)	32.475,425 S./día
RENDIMIENTO	20,00 m ³ /día
COSTO UNITARIO	1.623,77 S./m ³

$$\text{COSTO DIRECTO} = 1.623,77 \frac{\text{S.}}{\text{m}^3} \times 240 \text{ m}^3 = \text{S. } 389.705$$

21. ELEVACIONES DE CASA DE CONTROL

a) Personal:

0.5	Capataz	619,105
1	Oficial	1.145,900
2	Albañiles	2.360,020
2	Fierros	2.360,020
0.5	Chofer	642,615
2	Obreros	<u>2.211,540</u>

SUB-TOTAL	9.339,200
-----------	-----------

b) Equipos:

0.5	Camión	7.380,00
2	Escaleras	1.120,00
2	Juegos Herramientas menores	<u>2.400,00</u>
	SUB-TOTAL	10.900,00
	SUB-TOTAL (a+b)	20.239,20 S/./día
	RENDIMIENTO	15,00 m ² /día
	COSTO UNITARIO	1.349,28 S/./m ²

$$\text{COSTO DIRECTO} = 1.349,28 \frac{\text{S/}}{\text{m}^2} \times 120 \text{ m}^2 = \text{S/} 161.914$$

22. MAMPOSTERIA DE CASA DE CONTROL

a) Personal:

0.5	Capataz	619,105
1	Oficial	1.145,900
0.5	Chofer	642,615
6	Obreros	<u>6.634,620</u>
	SUB-TOTAL	9.042,240

b) Equipos:

0.5	Camión	7.380,00
2	Juegos Herramientas menores	<u>2.400,00</u>
	SUB-TOTAL	9.780,00
	SUB-TOTAL (a+b)	18.822,24 S/./día
	RENDIMIENTO	98,33 m ² /día
	COSTO UNITARIO	191,42 S/./m ²

$$\text{COSTO DIRECTO} = 191,42 \frac{\text{S/}}{\text{m}^2} \times 590 \text{ m}^2 = \text{S/} 112.937,27$$

23. PAVIMENTOS Y ENLUCIDOS EN CASA DE CONTROL
INICIO Y TERMINACION.

a) Personal:

0.5	Capataz	619,105
-----	---------	---------

1	Oficial	1,145,900
8	Obreros	<u>6,634,620</u>
	SUB-TOTAL	8,399,625

b) Equipo:

1	Mezcladora de Hormigón	3,352,00
1	Nivel	640,00
2	Escaleras	1,120,00
2	Juegos Herramientas menores	<u>2,400,00</u>
	SUB-TOTAL	7,512,00
	SUB-TOTAL (a+b)	15,911,625 S./día
	RENDIMIENTO	220,50 m ² /día
	COSTO UNITARIO	72,16 S./m ²

$$\text{COSTO DIRECTO} = 72,16 \frac{\text{S.}}{\text{m}^2} \times 2,205 \text{ m}^2 = 159,116$$

24. PUERTAS Y VENTANAS EN CASA DE CONTROL

a) Personal:

0.5	Capataz	619,105
1	Oficial	1,145,900
2	Carpinteros	2,360,020
2	Ayudantes Mecánicos	2,440,300
0.5	Chofer	642,615
2	Obreros	<u>2,211,540</u>
	SUB-TOTAL	9,419,48

b) Equipo:

0.5	Camioneta	3,756,00
	Herramientas Carpintería	1,200,00
	Herramientas menores - metálicas	<u>1,200,00</u>
	SUB-TOTAL	6,156,00
	SUB-TOTAL (a+b)	15,575,48 S./día
	RENDIMIENTO	42.25 m ² /día
	COSTO UNITARIO	368,65 S./m ²

$$\text{COSTO DIRECTO} = 368,65 \frac{\text{S.}}{\text{m}^2} \times 169 \text{ m}^2 = \text{S.}62,301,92$$

25. TERMINACION ACABADOS EN CASA DE CONTROL

a) Personal:

0,5	Capataz	619,105
1	Oficial	1,145,900
1	Albañil	1,180,01
4	Obreros	<u>4,423,080</u>
	SUB-TOTAL	7,368,095

b) Equipo:

1	Escalera	560,00
1	Juego Herramientas menores	<u>1,200,00</u>
	SUB-TOTAL	1,760,00
	SUB-TOTAL (a+b)	9,128,10 S./día
	RENDIMIENTO	495,00 m ² /día
	COSTO UNITARIO	18,44 S./m ²

$$\text{COSTO DIRECTO} = 18,44 \frac{\text{S.}}{\text{m}^2} \times 1,980 \text{ m}^2 = 36.512$$

26. INSTALACION SANITARIA EN CASA DE CONTROL

a) Personal:

0,5	Supervisor	1,155,000
1	Capataz	1,238,210
2	Técnicos Gasfiteros	3,655,400
2	Ayudantes Gasfiteros	2,440,300
1/4	Chofer	<u>321,307</u>
	SUB-TOTAL	8,810,217

b) Equipo:

1/4	Camioneta	1,878,00
2	Juegos Herramientas Gasfitería	<u>2,400,00</u>
	SUB-TOTAL	4,278,00
	SUB-TOTAL (a+b)	13,088,217 S./día

RENDIMIENTO	15,00 c/u/día
COSTO UNITARIO	872,55 S./c/u

$$\text{COSTO DIRECTO} = 872,55 \frac{\text{S.}}{\text{c/u}} \times 75 \text{ c/u} = \text{S.} 65.441$$

27. INSTALACION ELECTRICA EN CASA DE CONTROL- INICIO Y TERMINACION.

a) Personal:

0.5	Supervisor	1,155,000
1	Capataz	1,238,210
2	Técnicos Electricistas	3,655,400
2	Ayudantes Eléctricos	2,380,020
1/4	Chofer	<u>321,307</u>
	SUB-TOTAL	8,729,937

b) Equipos:

2	Escaleras	1,120,00
1/4	Camioneta	1,878,00
2	Juegos Herramientas Eléctricas	<u>2,400,00</u>
	SUB-TOTAL	5,398,00
	SUB-TOTAL (a+b)	14,127,937 S./día
	RENDIMIENTO	17,64 c/u/día
	COSTO UNITARIO	801,07 S./c/u

$$\text{COSTO DIRECTO} = 801,07 \frac{\text{S.}}{\text{c/u}} \times 194 \text{ c/u} = \text{S.} 155.407$$

28. CASA DE GUARDIAN - ORRA GRUESA, INSTALACIONES Y ACABADOS.

a) Personal:

0.5	Supervisor	1,155,000
-----	------------	-----------

Inv. No. _____

1	Capataz	1,238,210
1	Técnico Electricista	1,827,700
1	Técnico Gasfitero	1,827,700
2	Albañiles	2,360,020
2	Fierros	2,360,020
1	Chofer	1,285,230
2	Obreros	<u>2,211,540</u>
	SUB-TOTAL	14,265,420

b) Equipos:

1	Camión	14,760,00
2	Escaleras	1,120,00
0.5	Nivel	640,00
	Herramientas Carpintería	1,200,00
	Herramientas Gasfitería	1,200,00
	Herramientas Eléctricas	<u>1,200,00</u>
	SUB-TOTAL	20,120,00
	SUB-TOTAL (a+b)	34,385,42 S/./día
	RENDIMIENTO	Todo en 18 días

$$\text{COSTO DIRECTO} = 34,385,42 \frac{\text{S/}}{\text{día}} \times 18 \text{ días} = \text{S/}618.938.$$

29. MALLA DE TIERRA EN LOS PATIOS-INICIO Y TERMINACION.

a) Personal:

0,5	Supervisor	1,155,000
0,1	Capataz	1,238,210
2	Oficiales	2,291,800
1	Soldador	1,827,700
1/4	Chofer	321,307
4	Obreros	<u>4,423,080</u>
	SUB-TOTAL	11,257,097

b) Equipos:

1	Soldadora Exógena	3,152,00
1/4	Camión	3,690,00
	Herramientas Menores	<u>1,200,00</u>

SUB-TOTAL	8.042,00
SUB-TOTAL (a+b)	19.299,097 S./día
RENDIMIENTO	124,50 m /día
COSTO UNITARIO	155,01 S./m

$$\text{COSTO DIRECTO} = 155,01 \frac{\text{S./}}{\text{m}} \times 2.490 \text{ m} = \text{S/},385.982$$

30. MALLA DE TIERRA EXTERIOR

a) Personal:

(Igual que la actividad Nº 29)

SUB-TOTAL	11.257,097
-----------	------------

b) Equipos:

(Igual que la actividad Nº 29)

SUB-TOTAL	8.042,00
SUB-TOTAL (a+b)	19.299,097 S./día
RENDIMIENTO	75,85 m /día
COSTO UNITARIO	264,92 S./m

$$\text{COSTO DIRECTO} = 264,92 \frac{\text{S./}}{\text{m}} \times 510 \text{ m} = \text{S/},115.795$$

31. MALLA DE TIERRA EN CASA DE CONTROL Y DE - GUARDIAN.

a) Personal:

(Igual que la actividad Nº 29)

SUB-TOTAL	8.042,00
SUB-TOTAL (a+b)	19.299,097 S./día
RENDIMIENTO	50,00 m/día
COSTO UNITARIO	385,98 S./m

$$\text{COSTO DIRECTO} = 385,98 \frac{\text{S/.}}{\text{m}} \times 200 \text{ m} = \text{S/.}77.196.$$

32. DUCTOS Y BANDEJAS EN PATIOS

a) Personal:

0.5	Supervisor	1.155,000
1	Capataz	1.238,210
2	Oficiales	2.291,800
0.5	Chofer	642,615
4	Obreros	<u>4.423,080</u>
	SUB-TOTAL	9.750,705

b) Equipo:

1	Mandril Metálico	800,00
0.5	Camión	7.380,00
	Herramientas Menores	<u>1.200,00</u>
	SUB-TOTAL	9.380,00
	SUB-TOTAL (a+b)	19.130,705 S./día
	RENDIMIENTO	58,44 m /día
	COSTO UNITARIO	327,36 S./m

$$\text{COSTO DIRECTO} = 327,36 \frac{\text{S/.}}{\text{m}} \times 935 \text{ m} = \text{S/.}306.078$$

33. DUCTOS Y BANDEJAS EN CASA DE CONTROL

a) Personal:

Igual que la actividad Nº 32)

SUB-TOTAL 9.750,705

b) Equipo:

(Igual que la actividad Nº 32)

SUB-TOTAL	9.380,00
SUB-TOTAL (a+b)	19.130,705 S./día
RENDIMIENTO	75,00 m /día
COSTO UNITARIO	255,08 S./m

$$\text{COSTO DIRECTO} = 255,08 \frac{\text{S.}}{\text{m}} \times 300 \text{ m} = \text{S.}76.523.$$

34. MONTAJE DE ESTRUCTURAS EN PATIOS - INICIO Y TERMINACIÓN.

a) Personal:

1	Supervisor	2.310,000
1	Capataz	1.238,210
1	Oficial	1.145,900
4	Lirieros	4.890,600
1	Chofer	1.285,230
1	Operador grúa	1.849,850
4	Obreros	4.423,080
	SUB-TOTAL	17.132,870

b) Equipo:

1	Torcómetro	800,00
2	Aparejos diferenciales	1.440,00
1	Pluma	600,00
1	Tirfor	720,00
1	Camión + Plataforma	27.680,00
1	Grúa	33.648,00
	Herramientas Menores	1.200,00
	SUB-TOTAL	66.088,00
	SUB-TOTAL (a+b)	83.220,87 S./día
	RENDIMIENTO	2,76 Ton/día
	COSTO UNITARIO	30.167,80 S./Ton

$$\text{COSTO DIRECTO} = 30.167,80 \frac{\text{S.}}{\text{Ton}} \times 80 \text{ Ton} = \text{S.}2.413.423,30$$

35. MONTAJE DE BARRAS TERCIARIAS

a) Personal:

1	Supervisor	2.310,000
1	Capataz	1.238,210
1	Oficial	1.145,900
4	Linieros	4.880,600
1	Chofer	1.285,230
4	Obreros	<u>4.423,080</u>
	SUB-TOTAL	15.283,020

b) Equipo:

1	Escalera	560,00
1	Tirfor	720,00
1	Rocket	720,00
1	Frezadora	5.000,00
1	Puller ó 1 Magirus	20.000,00
1	Camión	14.760,00
	Herramientas Menores	<u>1.200,00</u>
	SUB-TOTAL	42.960,00
	SUB-TOTAL (a+b)	58.243,02 S./día
	RENDIMIENTO	0,2 conj/día
	COSTO UNITARIO	291.215,15 S./conj.

$$\text{COSTO DIRECTO} = 291.215,00 \frac{\text{S/}}{\text{conj}} \times 1 \text{ conjunto} = \text{S/}291.215$$

36. MONTAJE Y PRUEBAS DE AUTOTRANSFORMADORES EN PATIO DE 138/69 - 13.8 KV - 1y T.

a) Personal:

1	Supervisor	2.310,000
1	Capataz	1.238,210
1	Oficial	1.145,900
4	Montadores	4.880,600
1	Chofer	1.285,230
1	Operador	1.849,850
2	Obreros	<u>2.211,540</u>
	SUB-TOTAL	14.921,330

b) Equipo:

1	Torcómetro	800,00
1	Camión + Plataforma	27.680,00

1	Grúa	33.648,00	
	Herramientas Menores	1.200,00	
	SUB-TOTAL	63.328,00	
	SUB-TOTAL (a+b)	78.249,33	5/./día
	RENDIMIENTO	0,235	c/u/día
	COSTO UNITARIO	332.975,87	5/./c/u

$$\text{COSTO UNITARIO} = 332.975,87 \frac{\text{S/}}{\text{c/u}} \times 4 \text{ c/u} = \text{S/} \cdot 1'331.904$$

37. MONTAJE Y PRUEBAS DE DISYUNTORES EN PATIO DE 138 KV - INICIO Y TERMINACION.

a) Personal:

(Igual que la actividad Nº 36)

SUB-TOTAL 14.921,330

b) Equipo:

(Igual que la actividad Nº 36)

SUB-TOTAL	63.328,00
SUB-TOTAL (a+b)	78.249,33 5/./día
RENDIMIENTO	0,288 c/u/día
COSTO UNITARIO	273.599,06 5/./c/u

$$\text{COSTO DIRECTO} = 273.599,06 \frac{\text{S/}}{\text{c/u}} \times 4 \text{ c/u} = \text{S/} \cdot 1'094.396$$

38. MONTAJE DE EQUIPOS EN PATIO 138 KV - I y T

a) Personal:

1	Supervisor	2.310,000
1	Capataz	1.238,210
2	Oficiales	2.291,800
4	Linieros	4.880,600

1.5	Chofer	1.927,845
0.5	Operador	924,925
2	Obreros	<u>2.211,540</u>
	SUB-TOTAL	15.784,920

b) Equipos:

1	Torcómetro	800,00
1	Camión + Plataforma	27.680,00
0.5	Camioneta	3.756,00
2	Escaleras	1.120,00
0.5	Grúa	16.824,00
	Herramientas Menores	<u>1.200,00</u>
	SUB-TOTAL	51.380,00
	SUB-TOTAL (a+b)	67.164,92 S./día
	RENDIMIENTO	2,666 c/u/día
	COSTO UNITARIO	25.186,84 S./c/u

$$\text{COSTO DIRECTO} = 25.186,84 \frac{\text{S/}}{\text{c/u}} \times 48 \text{ c/u} = \text{S/} 1'208.968$$

39. MONTAJE DE EQUIPOS EN PATIO 69 KV - I y T

a) Personal:

(Igual que la actividad Nº 38)

SUB-TOTAL	15.784,920
-----------	------------

b) Equipo:

(Igual que la actividad NR 38)

SUB-TOTAL	51.380,00
SUB-TOTAL (a+b)	67.164,92 S./día
RENDIMIENTO	1,23 c/u/día
COSTO UNITARIO	54.574,57 S./c/u

$$\text{COSTO DIRECTO} = 54.574,57 \frac{\text{S/}}{\text{c/u}} \times 16 \text{ c/u} = \text{S/} 873.193$$

40. MONTAJE CABLES AEREOS DE HILO DE GUARDIA
Y CONDUCTOR I y T.

a) Personal:

1	Supervisor	2.310,000
1	Capataz	1.238,210
2	Oficiales	2.291,800
4	Linieros	4.880,600
1	Chofer	1.285,230
0.5	Topógrafo	729,410
2	Obreros	<u>2.211,540</u>
	SUB-TOTAL	14.946,790

b) Equipo:

1	Tirfor	720,00
1	Rocket	720,00
1	Dinamómetro	780,00
1	Termómetro de Ajuste	400,00
1	Teodolito	1.200,00
1	Prensa Empalmadora	1.560,00
1	Camión	14.760,00
1	Frezadora	5.000,00
1	Puller ó 1 Magirus	20.000,00
	Herramientas Menores	<u>1.200,00</u>

SUB-TOTAL	46.320,00	
SUB-TOTAL (a+b)	61.266,79	S./día
RENDIMIENTO	0,538	Vano/día
COSTO UNITARIO	113.781,51	S./Vano

$$\text{COSTO DIRECTO} = 113.781,51 \frac{\text{S./}}{\text{vano}} \times 7 \text{ vanos} = \text{S/}.796.471$$

41. MONTAJE PANELES Y TABLEROS EN CASA DE CON-
TROL (Principal y de Servicios Auxil).- I y T.

a) Personal:

1	Supervisor	2.310,000
1	Capataz	1.238,210
2	Oficiales	2.291,800
4	Montadores	4.880,600

1	Chofer	1.285,230
1	Operador	1.849,850
1	Técnico Calibrador	1.928,070
4	Obreros	<u>4.423,080</u>
	SUB-TOTAL	20.206,840

b) Equipos:

1	Torcómetro	800,00
1	Grúa ó Montacarga	33.648,00
1	Camión + Plataforma	27.680,00
	Herramientas Menores	<u>1.200,00</u>
	SUB-TOTAL	63.328,00
	SUB-TOTAL (a+b)	83.534,84 S./día
	RENDIMIENTO	1,00 c/u/día
	COSTO UNITARIO	83.534,84 S./c/u

$$\text{COSTO DIRECTO} = 83.534,84 \frac{\text{S.}}{\text{c/u}} \times 14 \text{ c/u} = \text{S. } 1.169.488.$$

42. INSTALACION EQUIPOS SERVICIOS AUXILIARES E ILUMINACION EXTERIOR.

a) Personal:

1	Supervisor	2.310,000
1	Capataz	1.238,210
2	Oficiales	2.291,800
4	Linieros	4.880,600
1	Chofer	1.285,230
1	Operador	1.849,850
4	Obreros	<u>4.423,080</u>
	SUB-TOTAL	18.278,770

b) Equipos:

2	Escaleras	1.120,00
0,5	Camión	7.380,00
0,5	Grúa	16.824,00
1	Pluma	600,00
0,5	Puller ó Magirus	10.000,00
	Herramientas Menores	<u>1.200,00</u>
	SUB-TOTAL	37.124,00
	SUB-TOTAL (a+b)	55.402,77 S./día

RENDIMIENTO	2,6 c/u/día
COSTO UNITARIO	21.308,76 S/./c/u

$$\text{COSTO DIRECTO} = 21.308,76 \frac{\text{S/}}{\text{c/u}} \times 26 \text{ c/u} = \text{S/} 554.028$$

43. INSTALACION DE CONEXIONES DE ALTA TENSION

a) Personal:

1	Supervisor	2.310,000
1	Capataz	1.238,210
2	Oficiales	2.291,800
4	Linieros	4.880,600
2	Obreros	<u>2.211,540</u>
	SUB-TOTAL	12.932,150

b) Equipo:

2	Escaleras	1.120,00
1	Rocket	720,00
1	Termómetro de Ajuste	400,00
1	Prensa Empalmadora	1.560,00
1	Torcómetro	800,00
	Herramientas Menores	<u>1.200,00</u>
	SUB-TOTAL	5.800,00
	SUB-TOTAL (a+b)	18.732,15 S/./día
	RENDIMIENTO	8,00 c/u/día
	COSTO UNITARIO	2.341,52 S/./c/u

$$\text{COSTO DIRECTO} = 2.341,52 \frac{\text{S/}}{\text{c/u}} \times 64 \text{ c/u} = \text{S/} 149.857$$

44. INSTALACION DE AUTOTRANSFORMADORES Y DISYUNTORES EN PATIOS.

a) Personal:

(Igual que la actividad Nº. 43)

SUB-TOTAL 12.932,15

b) Equipo:

(Igual que la actividad N° 43)

SUB-TOTAL 5.800,00
 SUB-TOTAL (a+b) 18.732,15 S/./día
 RENDIMIENTO 2,67 c/u/día
 COSTO UNITARIO 7.015,79 S/./c/u

COSTO DIRECTO = 7.015,79 $\frac{S/}{c/u}$ x 8 c/u = S/. 56.126

45. INSTALACION EQUIPOS SISTEMA BARRAS TERCIA -
 RIAS.

a) Personal:

1	Supervisor	2.310,000
1	Capataz	1.238,210
2	Oficiales	2.291,800
4	Linieros	4.880,800
0.5	Chofer	642,615
2	Obreros	<u>2.211,540</u>
	SUB-TOTAL	13.574,765

b) Equipo:

2	Escaleras	1.120,00
0.5	Camión	7.380,00
1	Termómetro de Ajuste	400,00
1	Tirfor	720,00
1	Prensa Empalmadora	1.560,00
1	Rocket	720,00
	Herramientas Menores	<u>1.200,00</u>
	SUB-TOTAL	13.100,00
	SUB-TOTAL (a+b)	26.674,765 S/./día
	RENDIMIENTO	0,8 conj/día
	COSTO UNITARIO	33.343,45 S/./conj.

$$\text{COSTO DIRECTO} = 33,343,45 \frac{\text{S/.}}{\text{conj}} \times 4 \text{ conjuntos} = \text{S/}.133,374$$

46. INSTALACION GRUPO DE EMERGENCIA

a) Personal:

1	Supervisor	2,310,000
1	Capataz	1,238,210
2	Oficiales	2,291,800
4	Montadores o Ensambladores	4,830,600
0.5	Chofer	642,615
0.5	Operador	924,925
2	Obreros	<u>2,211,540</u>
	SUB-TOTAL	14,499,690

b) Equipos:

1	Torcómetro	800,00
1	Termómetro de Ajuste	400,00
0.5	Camión	7,380,00
0.5	Grúa o Montacarga	16,824,00
	Herramientas Menores y Accesorios:	<u>2,000,00</u>
	SUB-TOTAL	27,404,00
	SUB-TOTAL (a+b)	41,903,69 S/./día
	RENDIMIENTO	0,33 grupo/día
	COSTO UNITARIO	125,712,33 S/./grupo

$$\text{COSTO DIRECTO} = 125,712,33 \frac{\text{S/.}}{\text{grupo}} \times 1 \text{ grupo} = \text{S/}.125,712$$

47. MONTAJE E INSTALACION DE BATERIAS

a) Personal:

1	Supervisor	2,310,000
1	Capataz	1,239,210
2	Oficiales	2,291,810
4	Montadores ó Ensambladores	4,880,600
0.5	Chofer	642,615
2	Obreros	<u>2,211,540</u>
	SUB-TOTAL	13,574,765

b) Equipo:

2	Escaleras	1.120,00
0.5	Camión	7.380,00
1	Rocket	720,00
1	Prensa Empalmadora	1.560,00
1	Termómetro de Ajuste	400,00
1	Zumbador, campana ó teléfono	720,00
	Herramientas Menores	<u>1.200,00</u>
	SUB-TOTAL	13.100,00
	SUB-TOTAL (a+b)	26.674,765 S./día
	RENDIMIENTO	6.400,00 m /día
	COSTO UNITARIO	4,17 S./m

$$\text{COSTO DIRECTO} = 4,17 \frac{\text{S./}}{\text{m}} \times 32.000 \text{ m} = \text{S./} 133.374$$

49. MONTAJE E INSTALACION DE CAPACITORES

a) Personal:

(Igual que la actividad Nº 45)

SUB-TOTAL 13.574,765

b) Equipo:

(Igual que la actividad Nº 45)

SUB-TOTAL	13.100,00
SUB-TOTAL (a+b)	26.674,765 S./día
RENDIMIENTO	0,333 banco/día
COSTO UNITARIO	80.032,30 S./banco

$$\text{COSTO DIRECTO} = 80.032,30 \frac{\text{S./}}{\text{banco}} \times 1 \text{ banco capacit.} = \text{S./} 80.032$$

50. INSPECCION Y PRUEBAS DE ACEPTACION

a) Personal:

1	Supervisor	2.310,000
---	------------	-----------

4	Técnicos de Instalación (Ings)	7.712,280
0.5	Chofer	<u>642,615</u>
	SUB-TOTAL	10.664,895

b) Equipo:

1	Equipo de Comunicaciones	1.840,00
1	Equipo de Medición, Calibración y Accesorios.	4.000,00
0.5	Camioneta	<u>3.756,00</u>
	SUB-TOTAL	9.596,00
	SUB-TOTAL (a+b)	20.260,895 S/./día
	RENDIMIENTO	Todas las pruebas en 5 días.

$$\text{COSTO DIRECTO} = 20.260,90 \frac{\text{S/}}{\text{día}} \times 5 \text{ días} = \text{S/} 101.305.$$

51. PRUEBAS EN AUTOTRANSFORMADORES DE PATIOS

a) Personal:

(Igual que la actividad Nº 50)

SUB-TOTAL: 10.664,895

b) Equipo:

(Igual que la actividad Nº 50)

SUB-TOTAL 9.596,00
 SUB-TOTAL (a+b) 20.260,895 S/./día
 RENDIMIENTO Todas las pruebas en 4 días.

$$\text{COSTO DIRECTO} = 20.260,90 \frac{\text{S/}}{\text{día}} \times 4 \text{ días} = \text{S/} 81.044$$

52. PRUEBAS EN EQUIPOS DE ALTA TENSION EN S/E

a) Personal:

(Igual que la actividad Nº 50).

SUB-TOTAL 10.664,895

b) Equipo:

(Igual que la actividad Nº 50).

SUB-TOTAL 9.596,00
 SUB-TOTAL (a+b) 20.260,895 S./día
 RENDIMIENTO Todas las pruebas
 en 5 días.

COSTO DIRECTO = 20.260,90 $\frac{S/}{día}$ x 5 días = 5/.101.305

53. ENERGIZACION DE EQUIPOS Y PUESTA EN SERVICIO

a) Personal:

2	Supervisores	4.620,00
4	Técnicos de Instalación (Ings).	7.712,28
1	Chofer	1.285,23
4	Linieros	<u>4.860,60</u>
	SUB-TOTAL	18.498,11

b) Equipo:

(Igual que la actividad No.50)

SUB-TOTAL 9.596,00
 SUB-TOTAL (a+b) 28.094,11 S./día
 RENDIMIENTO Todas las opera -
 ciones en 5 días.

COSTO DIRECTO = 28.094,11 $\frac{S/}{día}$ x 5 días = S/.140.471

4.2.5. EVALUACION DE TIEMPOS

Para realizar la evaluación del tiempo de duración de cada actividad, necesito tener calculado o aproximadamente tener determinada la cantidad de obra (en su unidad respectiva) por realizarse en cada actividad, y además del rendimiento asignado al grupo de trabajo (personal y equipo) correspondiente.

Siguiendo el orden establecido de la lista de actividades tenemos que:

<u>ACTIVIDAD</u>	<u>CANTIDAD DE OBRA</u>	<u>U UNIDAD</u>	<u>RENDIM. U/DIA</u>	<u>DURACION DIAS</u>
1. Limpieza y desbroce	24,700	m ²	2,470	10
2. Marc. Camino Acc.	6,000	m ²	1,500	4
3. Dren. Camino Acc.	1,750	Kg	350	5
4. Base Camino Acc.	5,700	m ³	1,900	3
5. Asfal. Camino Acc.	2,100	m ²	1,050	2
6. Arte Camino Acc.	55	m ³	13,75	4
7. Replant. y Topogr.	18,700	m ²	2,671	7
8. Movimiento Tierra	39,200	m ³	1,960	20
9. Urbanización	3,000	m	250	12
10. Cerram. Perimet.	1,780	m	254	7
11. Arte Hormigón S/E	345	m ³	34,5	10
12. Funda. Patio 138 Kv.	34	m ³	2,27	15
13. Funda. Patio 69 Kv.	34	m ³	2,27	15
14. Fund. Equip. 138 Kv.	36	m ³	2,25	16
15. Fund. Equip. 69 Kv.	23	m ³	2,30	10
16. Fund. Autotransf.	23	m ³	2,30	10
17. Arte Canaletas	450	m ³	25	18
18. Arte Varias Patios	2,220	m ³	201,82	11
19. Relleno de Grava	1,920	m ³	480	4
20. Fund. Casa Control	240	m ³	20	12
21. Elev. Casa Control	120	m ³	15	8
22. Mampost. Casa	590	m ³	98,33	6
23. Pavim. y Enluc. Casa	2,205	m ²	220,5	5
24. Puertas y Ventana	169	m ²	42,25	4
25. Acabad. Casa Contr.	1,980	m ²	495	4
26. Instal. Sanitaria	75	c/u	15	5
27. Instal. Eléctrica	194	c/u	17,64	11
28. Casa de Guardián	-	-	-	18
29. Malla Tierra Patios	2,490	m	124,5	20

Lav. No. _____

30. Malla Tierra Exter.	510	m	72,85	7
31. Malla Tierra Casa	200	m	50	4
32. Ductos en Patios	935	m	58,44	16
33. Ductos en Casa	300	m	75	4
34. Montaje Estruct.	80	Ton.	2,76	29
35. Mont. Barras Terc.	1	conjunto	0,2	5
36. Montaj. Autotransf.	4	c/u	0,235	17
37. Montaj. Disyuntores	4	c/u	0,296	14
38. Mont. Eq. 138 Kv.	48	c/u	2,666	18
39. Mont. Eq. 69 Kv.	16	c/u	1,230	13
40. Mont. Cable Aéreo	7	vano	0,538	13
41. Mont. Panel y Tabl.	14	c/u	1,00	14
42. Inst. Eq. Aux. e Ilum.	26	c/u	2,600	10
43. Inst. Conex. A.T.	64	c/u	8,00	8
44. Inst. Autotr. y Disy.	8	c/u	2,666	3
45. Inst. Eq. Barra Terc.	4	conjunto	0,8	5
46. Inst. Grupo Emerg.	1	grupo	0,333	3
47. Mdnt. e Inst. Bater.	3	c/u	0,75	4
48. Cableado Control y F.	32.000	m	6,400	5
49. Mont. e Inst. Capac.	1	banco	0,333	3
50. Inspecc. y Pruebas	-	-	-	5
51. Pruebas en Autotr.	-	-	-	4
52. Pruebas en Eq. A.T.	-	-	-	5
53. Emerg. y Servicio	-	-	-	5

La duración de cada actividad está determinada en días de trabajo laborables de la semana.

4.3. PROCESAMIENTO DE LA RED Y RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez concluida la etapa de programación del proyecto de construcción de la subestación, se debe procesar la red elaborada, con el objeto de obtener los resultados que permitan llevar a cabo el control y evaluación de dicho proyecto.

Con los datos de las actividades que forman parte del proceso constructivo, secuencia, asignación de recursos, costos directos de cada actividad, tiempo de ejecución, etc., se realiza el

procesamiento de la red mediante la utilización del programa HTPM implementado en una microcomputadora con capacidad suficiente para su ejecución. Para el caso de la subestación Machala, tomando en consideración toda la información referente a su diseño, topografía del terreno, geología, etc., se ha elaborado una red que está acorde a las condiciones y necesidades señaladas. A continuación se indican algunas características de la red a ser procesada:

Número de actividades de la red (sin ficticias): 73

Número de actividades ficticias: 12

Unidad de tiempo utilizada: días de 8 horas laborables.

Días laborables de la semana: 5 (de Lunes a Viernes).

Fecha de inicio del proyecto: 1º de Enero de 1988.

Calendario empleado: 1988 - Estándar.

Ordenamiento: de acuerdo a la secuencia.

Debido a la cantidad de hojas de informes de salida que habían que incluirse en este trabajo, al procesar la red completa del proyecto, y además de los listados de datos ingresados al programa, únicamente presentaré aquellos informes de salida, gráficos y listados de datos que sirvan para conocer mejor el programa HTPM y que demuestren cuán eficiente y útil es en realidad. (Para mayor información ver Anexo N° 1).

Los listados de datos, gráficos e informes de salida que se han considerado necesarios obtenerlos y que a continuación se muestran, son los siguientes:

- Calendario empleado
- Lista de recursos del proyecto
- Lista de actividades del proyecto
- Red PERT/CPM de actividades
- Red de actividades en tamaño reducido
- Detalle de las tareas o actividades
- Lista de recursos para cada actividad
- Cronograma de ejecución (cuadro de tiempos)
- Cronograma de ejecución (gráfico de barras)
- Gráfico de distribución o asignación de recursos (mano de obra).
- Gráfico de costo por unidad de tiempo (mes).
- Gráfico de costo acumulativo.

Para una mejor interpretación de los resultados obtenidos, es necesario conocer ciertas características de los informes de salida generados por el HTPM, información contenida en el manual del usuario para dicho programa. (Anexo N° 1).

CALENDARIO EMPLEADO PARA LA EJECUCION DEL PROYECTO DE LA S/E

Calendar: STANDARD

1-Jan-1988

Page 1

1988							1988							1988							
January							February							March							
S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	
					<u>1</u>	<u>2</u>			<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>			<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>
<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>	<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>	<u>18</u>	<u>19</u>
<u>17</u>	<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>24</u>	<u>25</u>	<u>26</u>	<u>27</u>	<u>28</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>24</u>	<u>25</u>	<u>26</u>
<u>24</u>	<u>25</u>	<u>26</u>	<u>27</u>	<u>28</u>	<u>29</u>	<u>30</u>	<u>28</u>	<u>29</u>							<u>27</u>	<u>28</u>	<u>29</u>	<u>30</u>	<u>31</u>		
<u>31</u>																					
April							May							June							
S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	
					<u>1</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>			<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>		
<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	
<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>	<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>	<u>18</u>	
<u>17</u>	<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>24</u>	<u>25</u>	<u>26</u>	<u>27</u>	<u>28</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>24</u>	<u>25</u>	
<u>24</u>	<u>25</u>	<u>26</u>	<u>27</u>	<u>28</u>	<u>29</u>	<u>30</u>	<u>29</u>	<u>30</u>	<u>31</u>					<u>26</u>	<u>27</u>	<u>28</u>	<u>29</u>	<u>30</u>			
July							August							September							
S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	
					<u>1</u>	<u>2</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>			<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	
<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>	<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	
<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>24</u>	<u>25</u>	<u>26</u>	<u>27</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>	
<u>17</u>	<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>28</u>	<u>29</u>	<u>30</u>	<u>31</u>				<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>24</u>	
<u>24</u>	<u>25</u>	<u>26</u>	<u>27</u>	<u>28</u>	<u>29</u>	<u>30</u>								<u>25</u>	<u>26</u>	<u>27</u>	<u>28</u>	<u>29</u>	<u>30</u>		
<u>31</u>																					
October							November							December							
S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	
						<u>1</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>			<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	
<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>	<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	
<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>24</u>	<u>25</u>	<u>26</u>	<u>27</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>	
<u>16</u>	<u>17</u>	<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>28</u>	<u>29</u>	<u>30</u>					<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>24</u>	
<u>23</u>	<u>24</u>	<u>25</u>	<u>26</u>	<u>27</u>	<u>28</u>	<u>29</u>								<u>25</u>	<u>26</u>	<u>27</u>	<u>28</u>	<u>29</u>	<u>30</u>	<u>31</u>	
<u>30</u>	<u>31</u>																				

DIAS DE DESCANSO Y FESTIVOS ESTAN SUBRAYADOS

Resource list LISTA DE RECURSOS PARA EL PROYECTO DE LA S/E

1-Jan-1988

Page 1

Name	Responsible	Code	Quantity	TimeUnit	UnitCost
		Description			
aydante1		01	0.00	Days	1220.15
		ayudante mecanico y de gasfiteria			
aydante2		02	0.00	Days	1186.01
		ayudante electrico para instalaciones secundarias			
cadenero		03	0.00	Days	1194.06
		ayudante del topografo			
capataz		04	0.00	Days	1238.21
		capataz, especialmente para las obras civiles			
chofer		05	0.00	Days	1285.23
		chofer de lera. categoria			
instalad		06	0.00	Days	1928.07
		tecnico encargado de la instalacion de equipos y/o tecnico calibrador			
liniero		07	0.00	Days	1220.15
		hombre encargado de instalacion de lineas o conexiones a campo abierto			
montador		08	0.00	Days	1220.15
		hombre encargado del ensamble, montaje y conexion bajo techo			
obrero		09	0.00	Days	1105.77
		peon u obrero			
oficial		10	0.00	Days	1145.90
		ayudante del capataz o del operario de equipo			
supervis		11	0.00	Days	2310.00
		supervisor, para las obras civiles o el montaje electromecanico			
tecnico1		12	0.00	Days	1827.70
		tecnico gasfitero o sanitario			
tecnico2		13	0.00	Days	1827.70
		tecnico en electricidad para instalaciones secundarias			
equipol		14	0.00	Days	58200.00
		grupo de equipos mecanizados empleados en la actividad 1			

LISTA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO S/E

Project: SUBESTA2

1-Jan-1980

Page 1

- * LIMPIEZA
limpieza y desbroce del terreno de construccion
- * CAMINOS
marcacion y rasante del camino de acceso
- * DRENAJES
alcantarillas, drenajes y sub-drenajes en camino de acceso
- * SUB-BASE
sub-base, base del camino de acceso
- * ASFALTO
carretera asfaltica del camino de acceso
- * REPLANTE
replanteo y topografia del terreno de construccion
- * TIERRAS1
movimiento de tierra en todo el terreno - inicio
- * TIERRAS2
movimiento de tierra en todo el terreno - terminacion
- * FUND.138
fundaciones del patio de 138 kv - inicio
- * FUNDterm
fundaciones del patio de 138 kv - terminacion
- * URBANini
obras civiles de urbanizacion - inicio
- * URBANter
obras civiles de urbanizacion - terminacion
- * CAMobras
camino de acceso - obras de arte de hornison
- f1
ficticia del nodo 23 al nodo 5
- * CERRAM.P
cerramineto perimetral del area de la s/e
- f2
ficticia del nodo 25 al nodo 239
- * HORMobra
obras de arte de hornison en s/e
- * CANALini
inicio obras de arte - canaletas
- * CANALter
terminacion obras de arte - canaletas
- f3
ficticia del nodo 71 al nodo 229
- * DUCT.Pat
ductos y bandejas en patios de s/e
- * F.EQU138
fundaciones de equipos del patio 138 kv - inicio
- * F.E138te
fundaciones de equipos del patio 138 kv - terminacion
- * ARTE.ini
inicio obras de arte varias en los patios
- * ARTE.ter
terminacion obras de arte varias en los patios
- * F.CASAin
fundaciones de casa de control y de guardian - inicio
- * F.CASAt
fundaciones de casa de control y de guardian - terminacion
- * MAMPcasa
mamposteria de casa de control
- * PAVIMini
pavimentos y enlucidos en casa de control - inicio
- * VENTcasa
puertas y ventanas en casa de control
- * PAVIMter
pavimentos y enlucidos en casa de control - terminacion
- * ACABAter
terminacion de acabados en casa de control
- * DUCTcasa
ductos y bandejas en casa de control
- * SANITcas
instalacion sanitaria en casa de control

PROYECTO S/E MACHALA

LISTA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO S/E.

Project: SUBESTA2

1-Jan-1986

Page 2

- * ELECTini
instalacion electrica en casa de control - inicio.
- * ELECTter
instalacion electrica en casa de control - terminacion
- 44
ficticia del nodo 47 al nodo 49
- 45
ficticia del nodo 48 al nodo 239
- * GUARDIAN
casa de guardian - obra gruesa, instalaciones y acabados
- * ELEVcasa
elevaciones de casa de control y de guardian
- * FUND.69
fundaciones de patio 69 kv - inicio
- * FUND.ter
fundaciones de patio 69 kv - terminacion
- 46
ficticia del nodo 15 al nodo 51
- * F.E69ini
fundaciones equipos patio 69 kv - inicio
- * F.AUTOTR
fundaciones de autotransformadores en patio 69 kv
- * MALLAini
malla de tierra en los patios - inicio
- * MALLAter
malla de tierra en los patios - terminacion
- * GRAVAS/e
relleno de grava en patios y s/e
- * MALLAcas
malla de tierra en casa de control y de guardian
- * MALLAext
malla de tierra exterior
- * SERVICIO
energizacion de equipos y puesta en servicio
- * ESTRUCin
inicio montaje de estructuras en patios de maniobras
- * CABLEini
inicio montaje de cables aereos - hilo de guardia y conductor
- * CABLEter
terminacion montaje de cables aereos - hilo de guardia y conductor
- 47
ficticia del nodo 19 al 61
- * ESTRUter
terminacion montaje de estructuras en patios de maniobras
- * TERCImon
montaje de barras terciarias
- * DISYUini
inicio montaje de disyuntores patio 138 kv
- * EQ138ini
inicio montaje de equipos del patio 138 kv
- * F.E69ter
fundaciones equipos patio 69 kv - terminacion
- * EQ69ini
inicio montaje de equipos del patio 69 kv
- * AUTOTRin
inicio montaje de autotransformadores del patio 138/69 kv
- * DISYUter
terminacion del montaje y pruebas en disyuntores patio 138 kv
- * EQ138ter
terminacion montaje e instalacion de equipos del patio 138 kv
- * EQ69ter
terminacion montaje e instalacion de equipos del patio 69 kv
- * AUTOTter
terminacion montaje y pruebas en autotransformadores patio 138/69 - 13.8 kv
- * CONEX.AT
instalacion de conexiones de alta tension - inicio
- * PANELini
montaje de paneles en casa de control - inicio

PROYECTO S/E MACHALA

LISTA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO S/E:

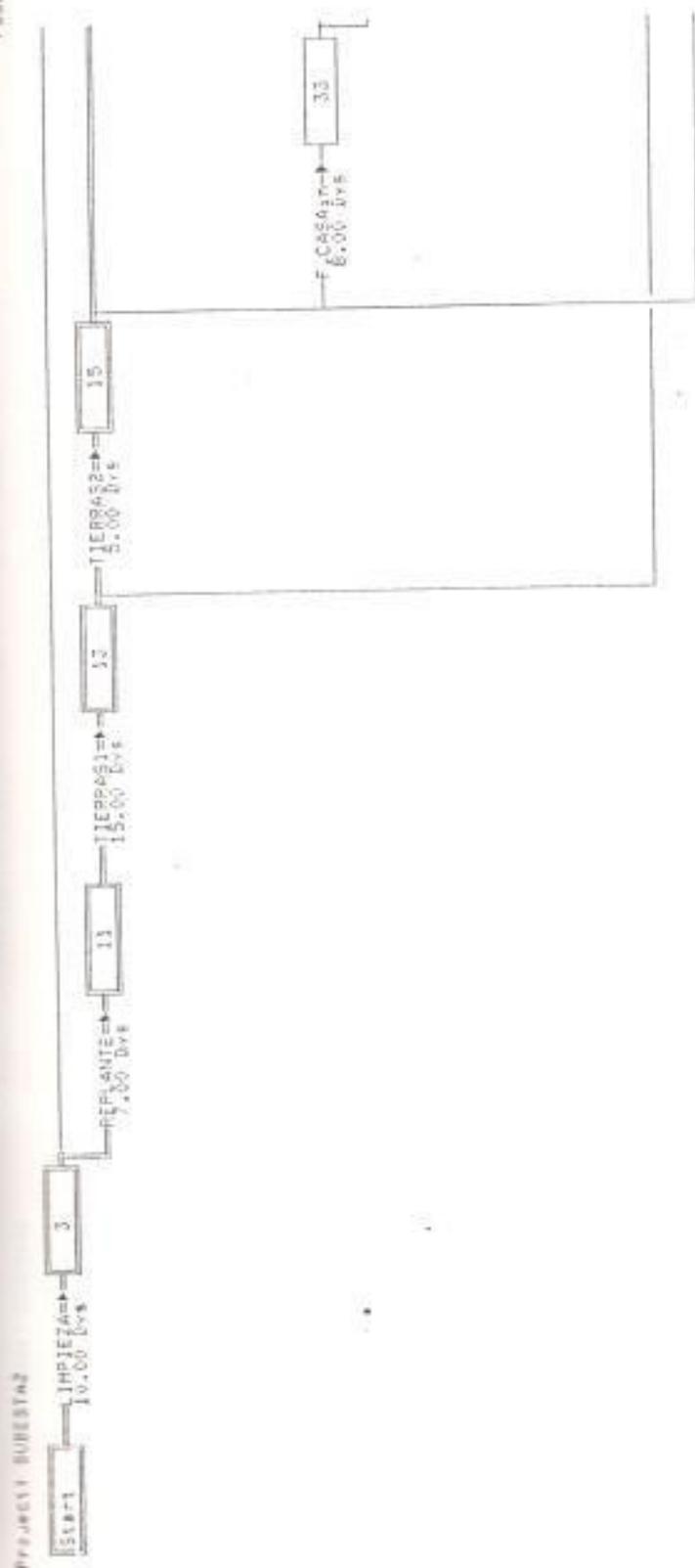
Project: SUBESTA2

1-Jan-1980

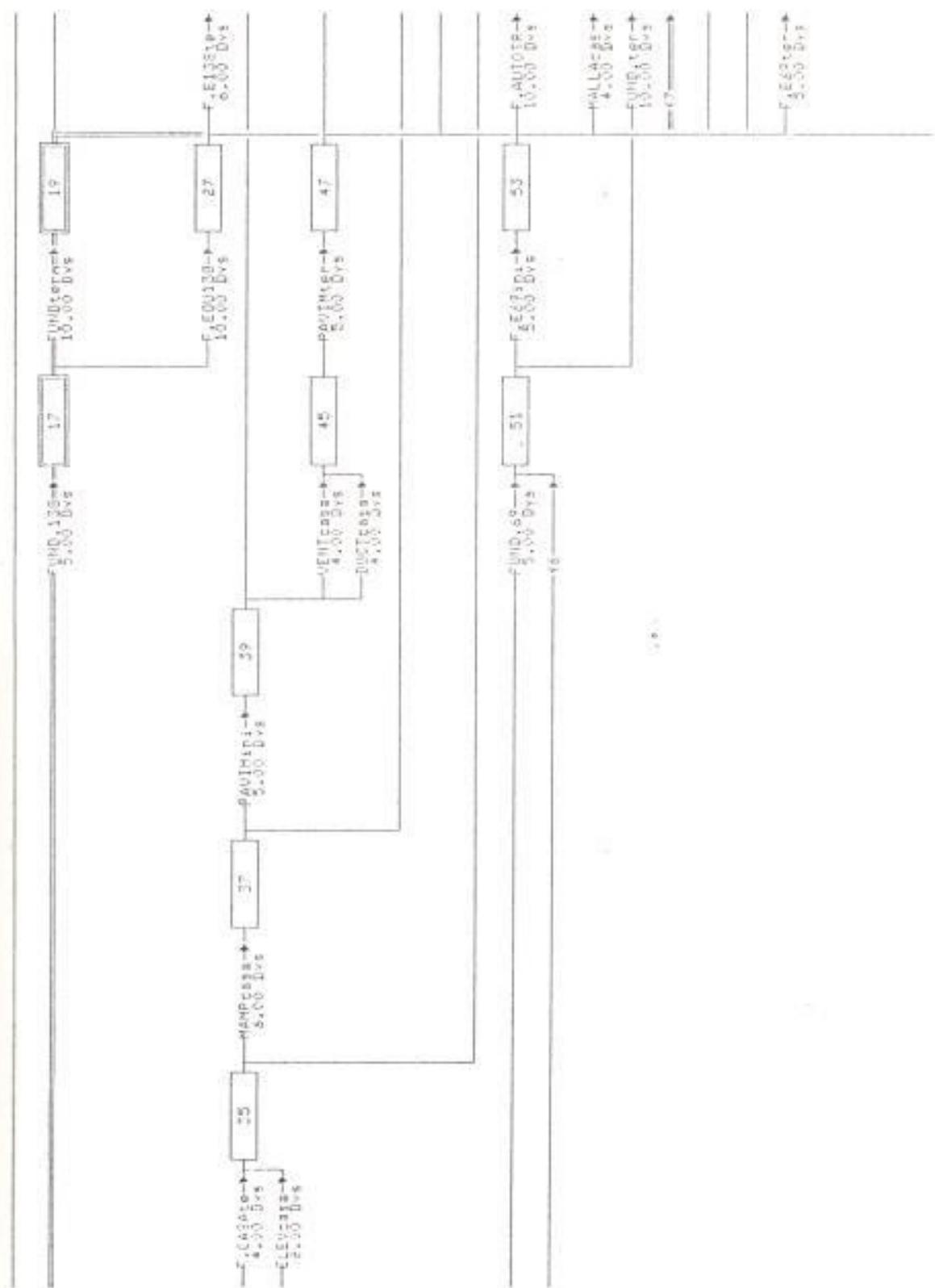
Page 3

- * PANELter
montaje de paneles en casa de control - terminacion
- * TENDCini
inicio tendido de cables - continuacion conexiones de alta tension
- * TENDCter
terminacion tendido de cables - terminacion conexiones de alta tension
- * TABLEaux
montaje de tableros de servicios auxiliares
- * SA.IEins
instalacion de equipos servicios auxiliares e iluminacion exterior
- #9
ficticia del nodo 75 al nodo 231
- * CABLEins
instalacion del cableado de control y fuerza para baja tension
- #8
ficticia del nodo 33 al nodo 73
- #10
ficticia del nodo 67 al nodo 73
- * PRUEBAin
inicio de pruebas - inspeccion y pruebas de aceptacion
- * PRUEBAte
terminacion de pruebas - pruebas de equipos de alta tension
- #11
ficticia del nodo 47 al nodo 48
- * BATERIAS
montaje e instalacion de baterias en casa de control
- #12
ficticia del nodo 33 al nodo 77
- * EQ.BTins
instalacion de equipos del sistema de barras terciarias
- * CAPACIT.
montaje e instalacion de capacitores
- * EMERGins
instalacion del grupo de emergencia

PROYECTO S/E MACHALA



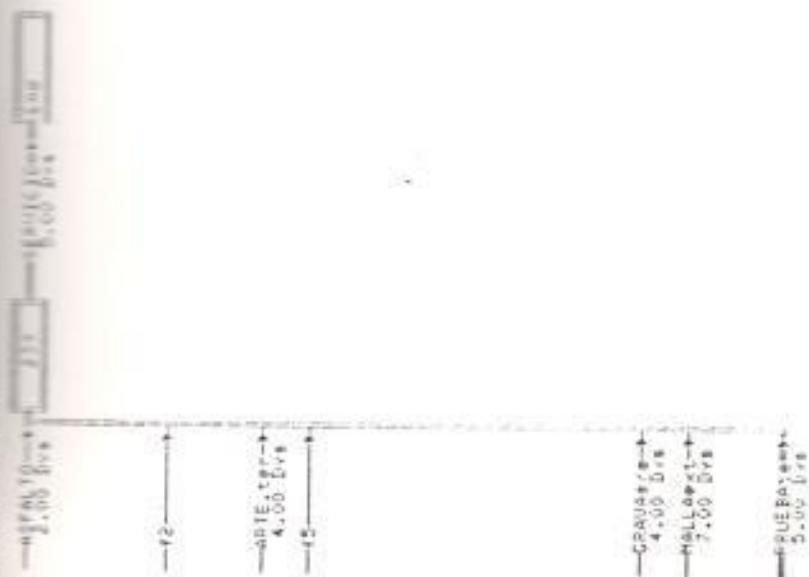
EL CAMINO CRITICO ESTE INDICADO CON DOBLE LINEA



EL CAMINO CRITICO ESTA INDICADO CON DOBLE LINEA



EL CAMINO CRITICO ESTA INDICADO CON DOBLE LINEA



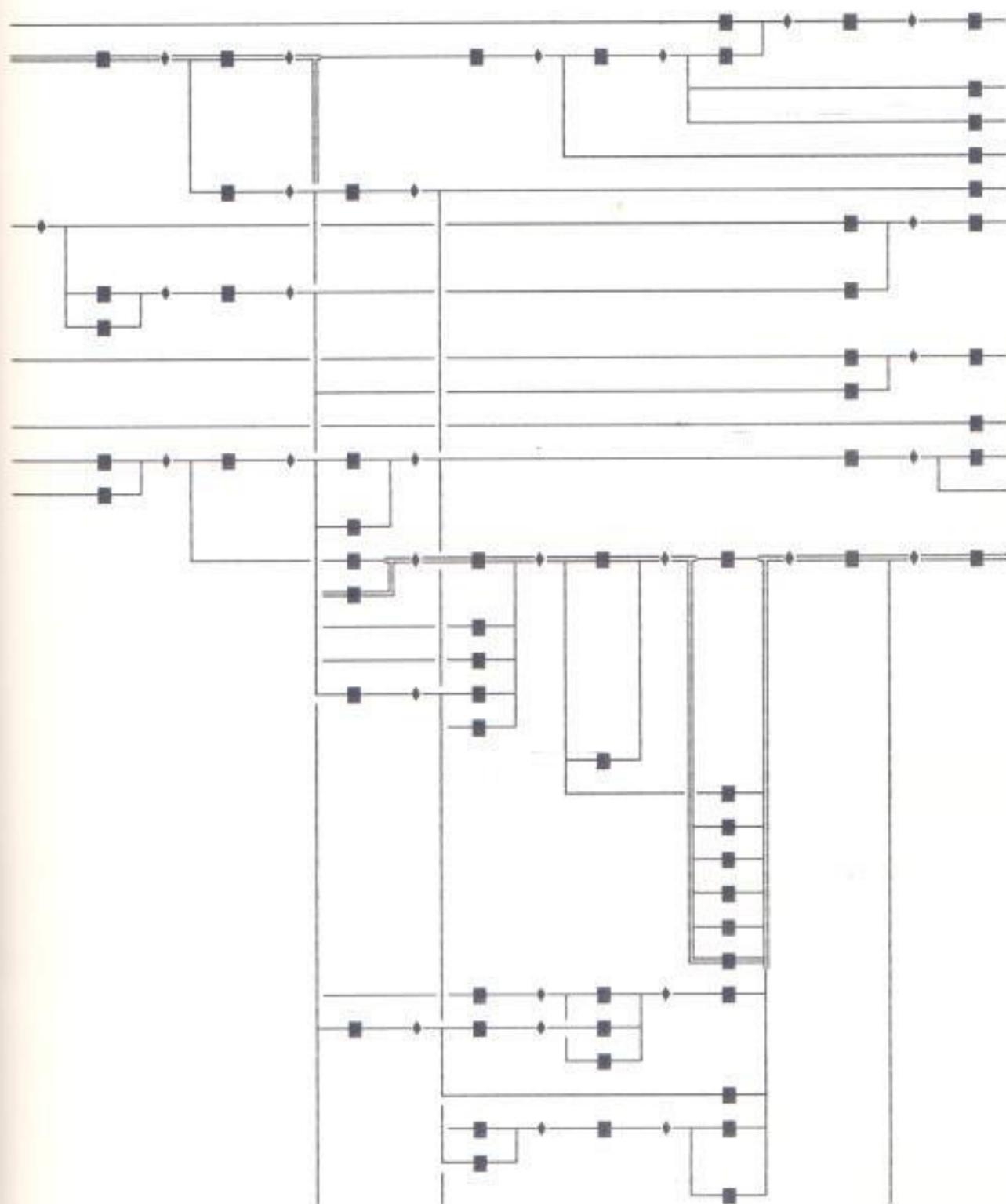
EL CAMINO CENTRICO ESTA INDICADO CON DOBLE LINEA

RED PERT/CPM DE ACTIVIDADES EN TAMANO REDUCIDO:

Project: SUBESTA2

1-Jan-1980

Page 3



EL CAMINO CRITICO ESTA INDICADO CON DOBLE LINEA

RED PERT/CPM DE ACTIVIDADES EN TAMANO REDUCIDO,

Project: SUBESTA2

1-Jan-1980

Pase 4



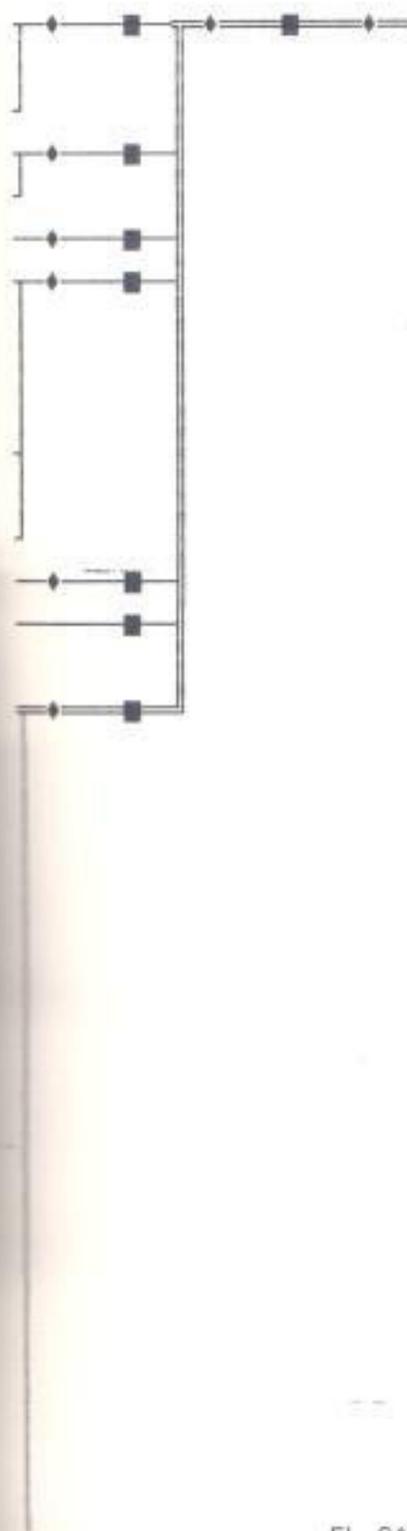
EL CAMINO CRITICO ESTA INDICADO CON DOBLE LINEA.

RED PERT/CPM DE ACTIVIDADES EN TAMANO REDUCIDO.

Project: SUBESTA2

1-Jan-1980

Page 5



EL CAMINO CRITICO ESTA INDICADO CON DOBLE LINEA.

Task detail DETALLE DE LAS ACTIVIDADES COMPONENTES DEL PROYECTO S/E

Project: SUBESTA2

1-Jan-1988

Page 1

TASK: LIMPIEZA
 Description: limpieza y desbroce del terreno de construccion

	Start	Finish
Planned:		
Actual:		
Earliest:	4-Jan-1988	18-Jan-1988
Latest:	4-Jan-1988	18-Jan-1988
Baseline:		

Responsible: capataz	Duration: 10.00 Dys W
Code: 01	Slack: 0.00 Dys W
Subproject:	0 % Complete

	PlannedCost	ActualCost
Resources:	664173.94	0.00
Other:	0.00	0.00
Total:	664173.94	0.00

Task detail DETALLE DE LAS ACTIVIDADES COMPONENTES DEL PROYECTO S/E

Project: SUBESTA2

1-Jan-1988

Page 2

TASK: REPLANTE
 Description: replanteo y topografia del terreno de construccion

	Start	Finish
Planned:		
Actual:		
Earliest:	18-Jan-1988	27-Jan-1988
Latest:	18-Jan-1988	27-Jan-1988
Baseline:		

Responsible: topografo

Duration: 7.00 Dys W

Code: 02

Slack: 0.00 Dys W

Subproject:

0 % Complete

	PlannedCost	ActualCost
Resource:	119793.24	0.00
Other:	0.00	0.00
Total:	119793.24	0.00

UNA TAREA POR PAGINA Y EN EL ORDEN DEL CRONOGRAMA

Task detail DETALLE DE LAS ACTIVIDADES COMPONENTES DEL PROYECTO S/E

Project: SUBESTA2

1-Jan-1988

Page 3

TASK: CAMINOS

Description: marcacion y rasante del camino de acceso

	Start	Finish
Planned:		
Actual:		
Earliest:	18-Jan-1988	22-Jan-1988
Latest:	18-May-1988	25-May-1988
Baseline:		

Responsible: topografo

Duration: 4.00 Dys W

Code: 03

Slack: 87.00 Dys W

Subproject:

0 % Complete

	PlannedCost	ActualCost
Resources	267525.09	0.00
Other:	0.00	0.00
Totals:	267525.09	0.00

Project Resource List LISTA DE RECURSOS PARA CADA ACTIVIDAD DEL PROYECTO DE LA SVE

1-Jan-1988

Page 1

Project Name	Task Name	Start	Finish	Resource		Planned Duration		Actual Duration	
				Quantity	Planned Cost	Planned Cost	Actual Cost		
SUBEST#2	LIMPIEZA	4-Jan-1988	18-Jan-1988	capataz	0.500	5171.05	10.00 Dvs W	0.00	0.00
				oficial	1.000	11439.00		0.00	0.00
				chofer	1.000	12852.30		0.00	0.00
				operador	1.000	16496.50		0.00	0.00
				obrero	3.000	33173.10		0.00	0.00
				equipo1	1.000	583000.00		0.00	0.00
SUBEST#2	REPLANTE	18-Jan-1988	21-Jan-1988	topograf	1.000	10211.74	7.00 Dvs W	0.00	0.00
				calentero	1.000	6555.42		0.00	0.00
				oficial	1.000	8021.30		0.00	0.00
				chofer	1.000	9996.41		0.00	0.00
				obrero	3.000	23221.17		0.00	0.00
				equipo1	1.000	80984.00		0.00	0.00
SUBEST#2	CAMINOS	18-Jan-1988	22-Jan-1988	topograf	1.000	5835.28	4.00 Dvs W	0.00	0.00
				obrero	3.000	13255.24		0.00	0.00
				operador	1.000	7399.40		0.00	0.00
				calentero	1.000	4776.24		0.00	0.00
				chofer	1.000	5140.92		0.00	0.00
				equipo2	1.000	231104.00		0.00	0.00
SUBEST#2	TIERRAS	27-Jan-1988	17-Feb-1988	capataz	1.000	18573.15	15.00 Dvs W	0.00	0.00
				oficial	2.000	34377.00		0.00	0.00
				chofer	1.000	19278.45		0.00	0.00
				operador	1.000	27747.75		0.00	0.00
				obrero	4.000	56346.30		0.00	0.00
				equipo2	1.000	955645.00		0.00	0.00

CURSO DE TIEMPOS DE EJECUCION PARA CADA ACTIVIDAD DE LA OJE

Project: SUBESTAD

1-Jan-1968

Pag. 1

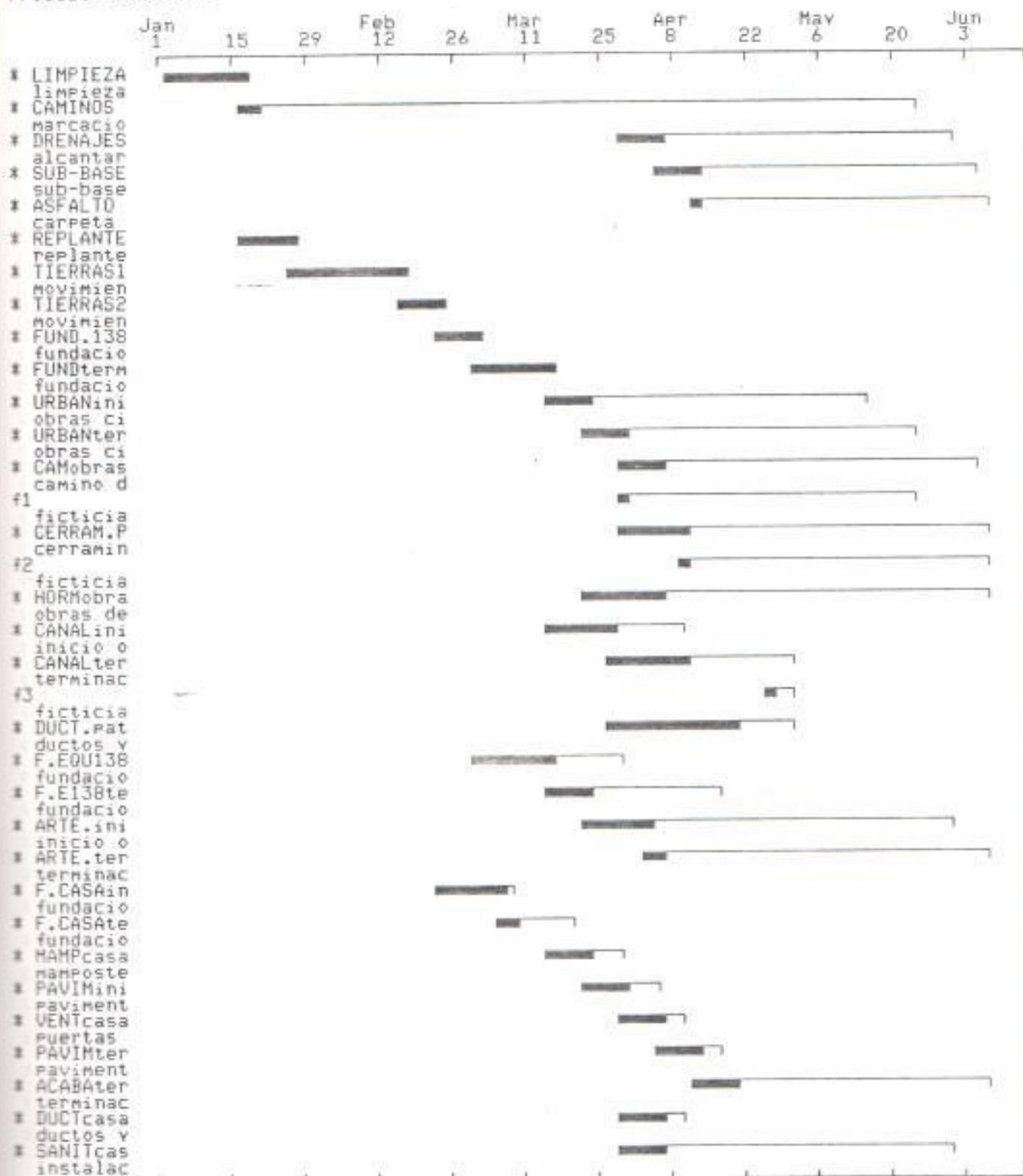
Name	Responsible Code	Duration	Start	Start date	Finish date	% Complete
LIMPIEZA	capataz 01	10.00 Dvs M limpieza y desbroce del terreno de construccion	0.00 Dvs M	4-Jan-1968	10-Jan-1968	0
REPLANTE	topografo 02	7.00 Dvs M replanteo y topografia del terreno de construccion	0.00 Dvs M	10-Jan-1968	27-Jan-1968	0
CARRIROS	topografo 03	4.00 Dvs M marcecion y rasante del cañal de acceso	07.00 Dvs M	10-Jan-1968	22-Jan-1968	0
TIERRAS	capataz 04	15.00 Dvs M movimiento de tierra en todo el terreno - inicio	0.00 Dvs M	27-Jan-1968	17-Feb-1968	0
FOND.49	capataz 05	5.00 Dvs M fundaciones de patio 49 kv - inicio	5.00 Dvs M	17-Feb-1968	24-Feb-1968	0
TIERRAS2	capataz 06	5.00 Dvs M movimiento de tierra en todo el terreno - terminacion	0.00 Dvs M	17-Feb-1968	24-Feb-1968	0
FOND.128	capataz 07	5.00 Dvs M fundaciones del patio de 128 kv - inicio	0.00 Dvs M	24-Feb-1968	2-Mar-1968	0
F.ESPINI	capataz 08	5.00 Dvs M fundaciones equipos patio 49 kv - inicio	12.00 Dvs M	24-Feb-1968	2-Mar-1968	0
F.FOND138	capataz 09	10.00 Dvs M fundaciones de equipos del patio 138 kv - inicio	10.00 Dvs M	2-Mar-1968	10-Mar-1968	0
AUTOTRAN	supervisor 10	10.00 Dvs M inicio montaje de autotransformadores del patio 138/49 kv	12.00 Dvs M	10-Mar-1968	30-Mar-1968	0

CRONOGRAMA DE EJECUCION EN BARRAS PARA EL PROYECTO DE LA S/E

Project: SUBESTA2

1-Jan-1980

Pase 1



PERIODOS DE DURACION DE 14 DIAS

CRONOGRAMA DE EJECUCION EN BARRAS PARA EL PROYECTO DE LA S/E.

Project: SUBESTA2

1-Jan-1980

Pase 2



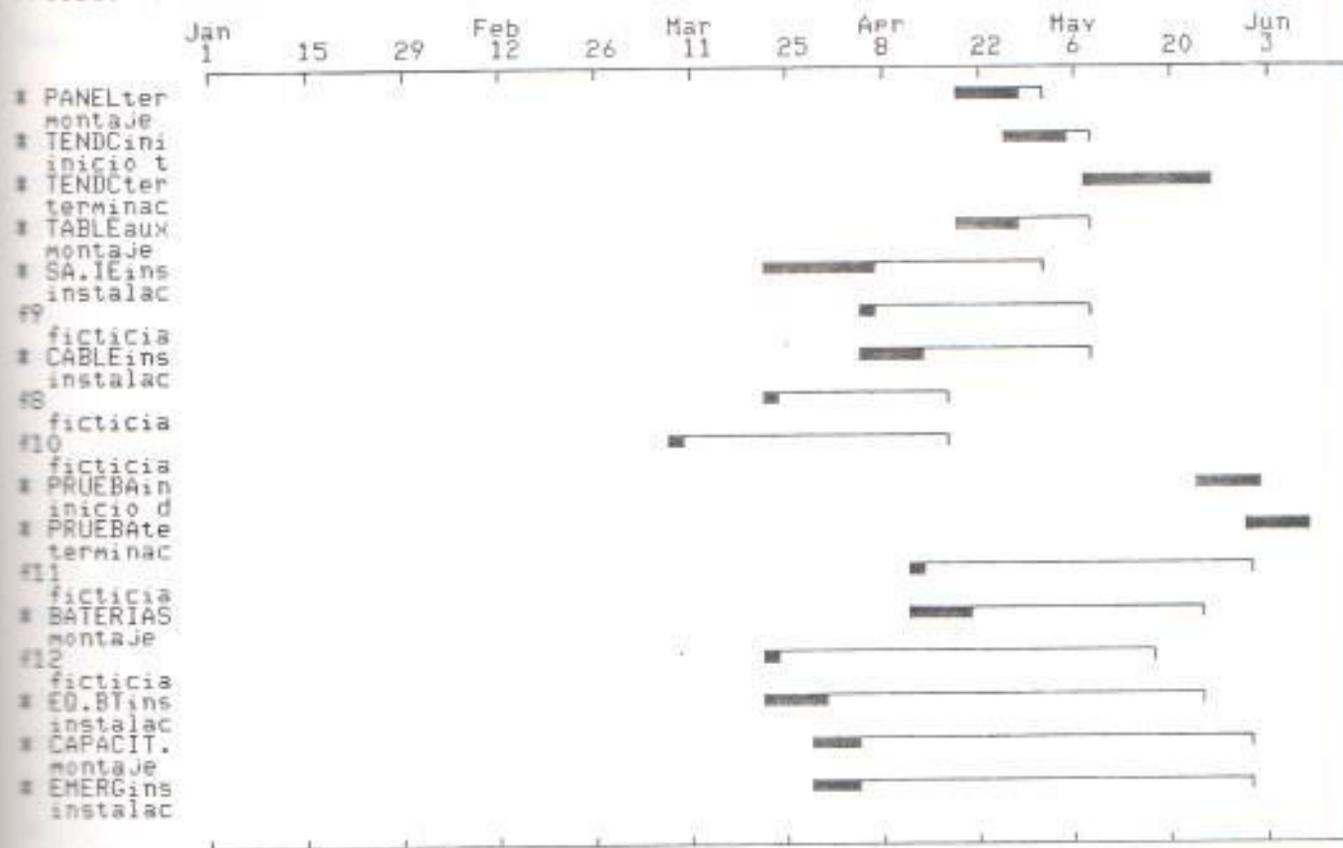
PERIODOS DE DURACION DE 14 DIAS

CRONOGRAMA DE EJECUCION EN BARRAS PARA EL PROYECTO DE LA S/E.

Project: SUBESTA2

1-Jan-1986

Pase 3



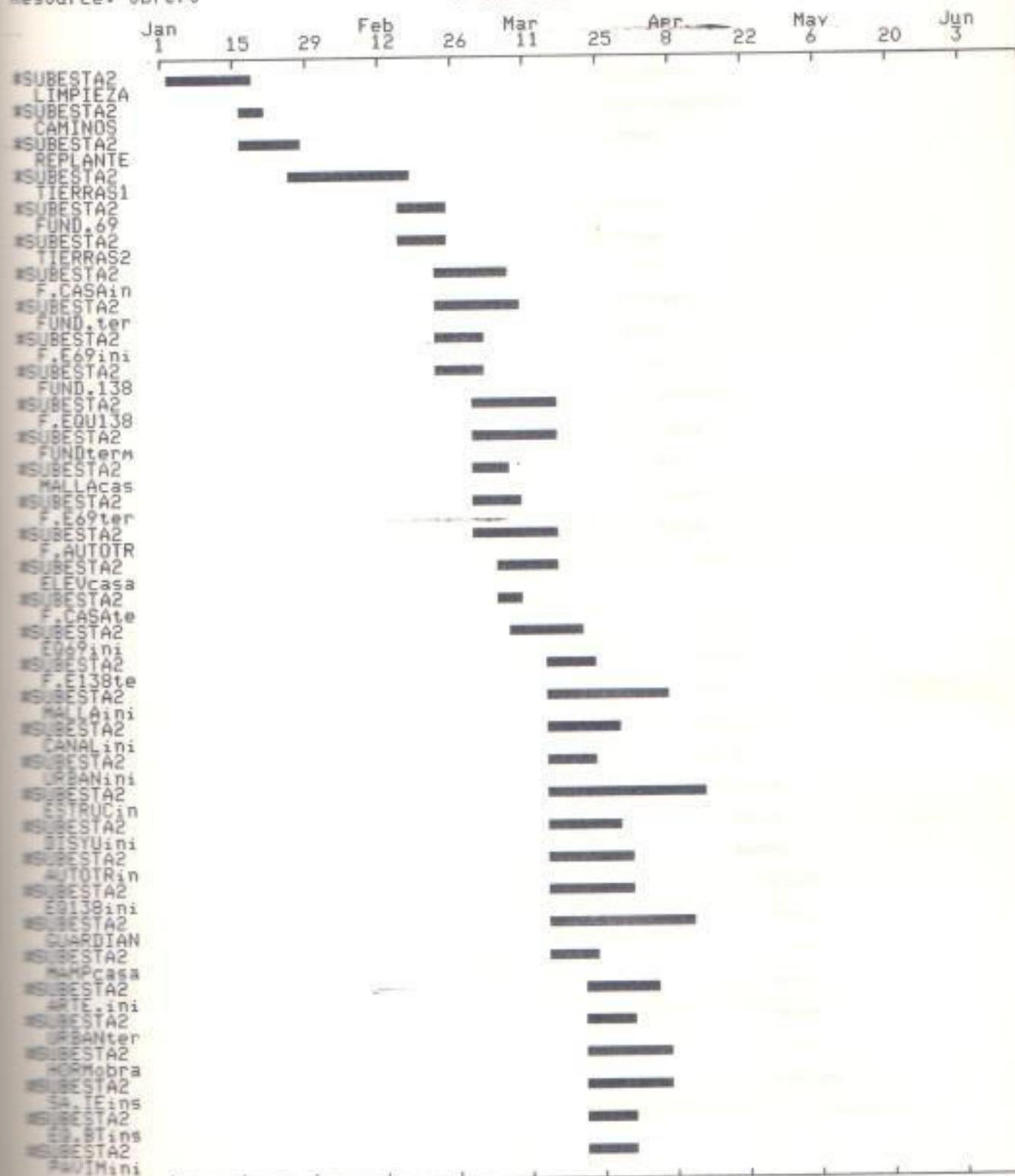
PERIODOS DE DURACION DE 14 DIAS

CRONOGRAMA DE DISTRIBUCION DEL RECURSO MANO DE OBRA

Resource: obrero

1-Jan-1980

Page 1



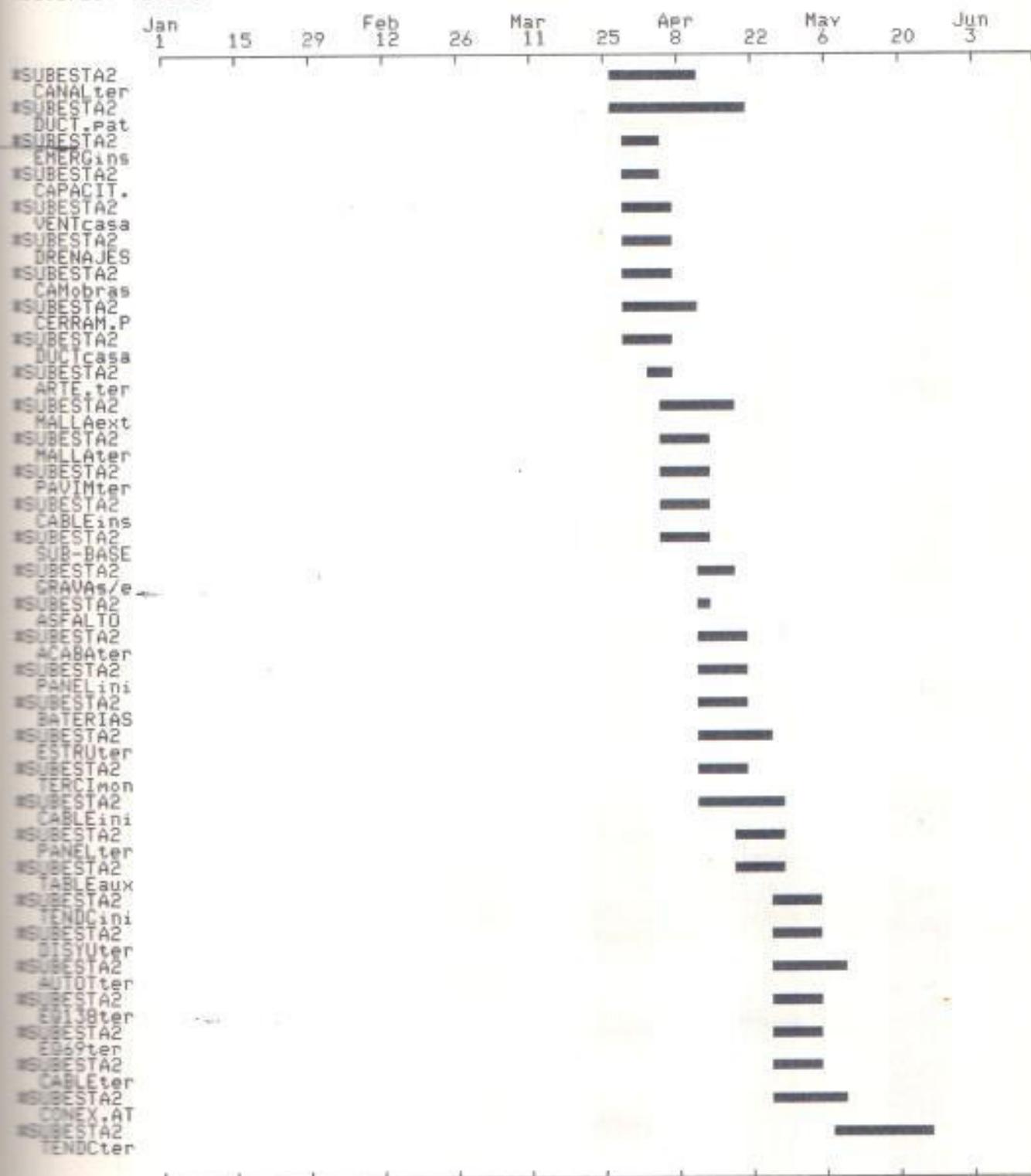
SEGUN LA SECUENCIA CRONOLOGICA DEL PROYECTO

CRONOGRAMA DE DISTRIBUCION DEL RECURSO MANO DE OBRA:

Resource: obrero

1-Jan-1980

Pase 2



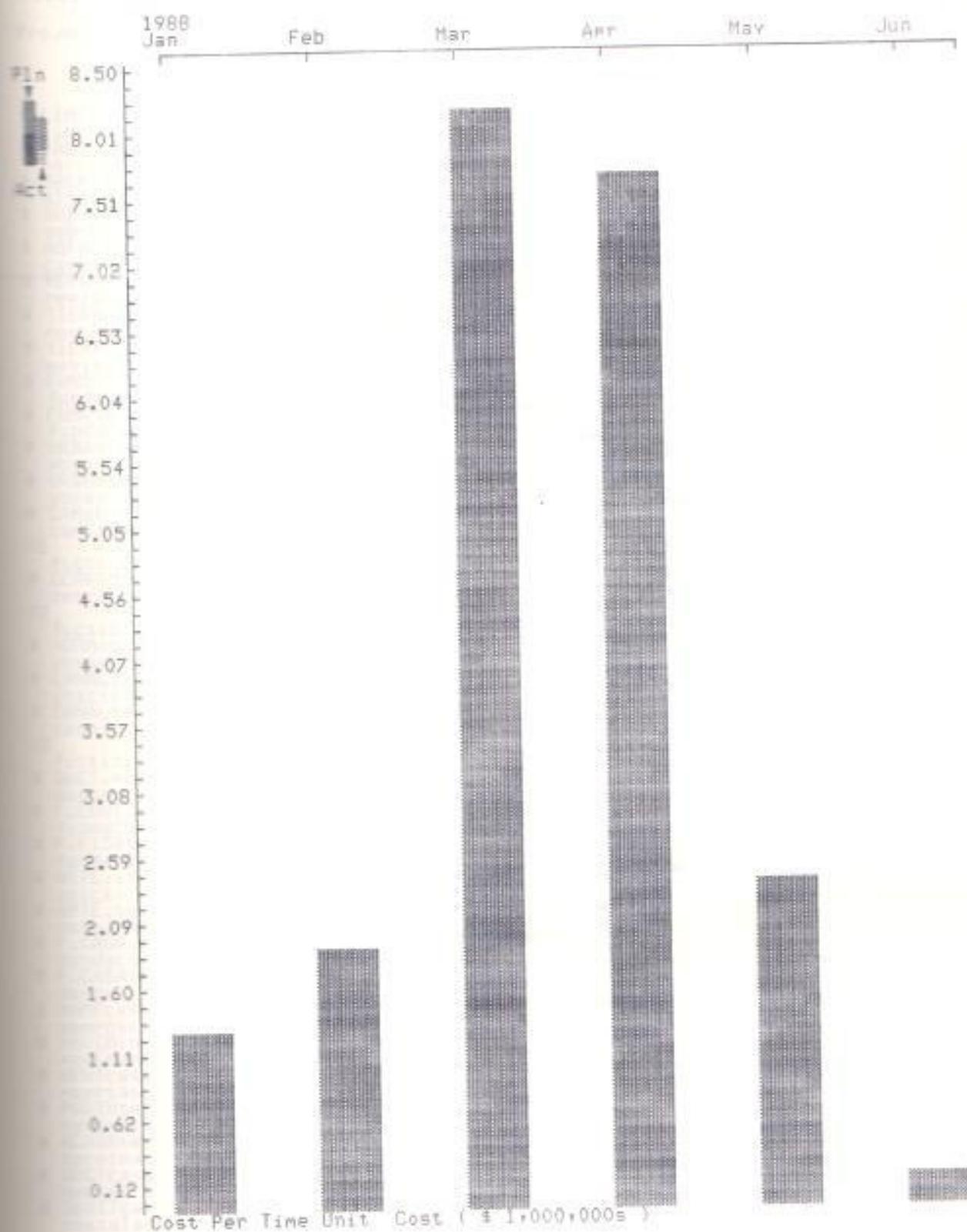
SEGUN LA SECUENCIA CRONOLOGICA DEL PROYECTO

CRONOGRAMA VALORADO POR MES PARA EL PROYECTO DE LA S/E

Project: SUBESTA2

1-Jan-1980

Page 1



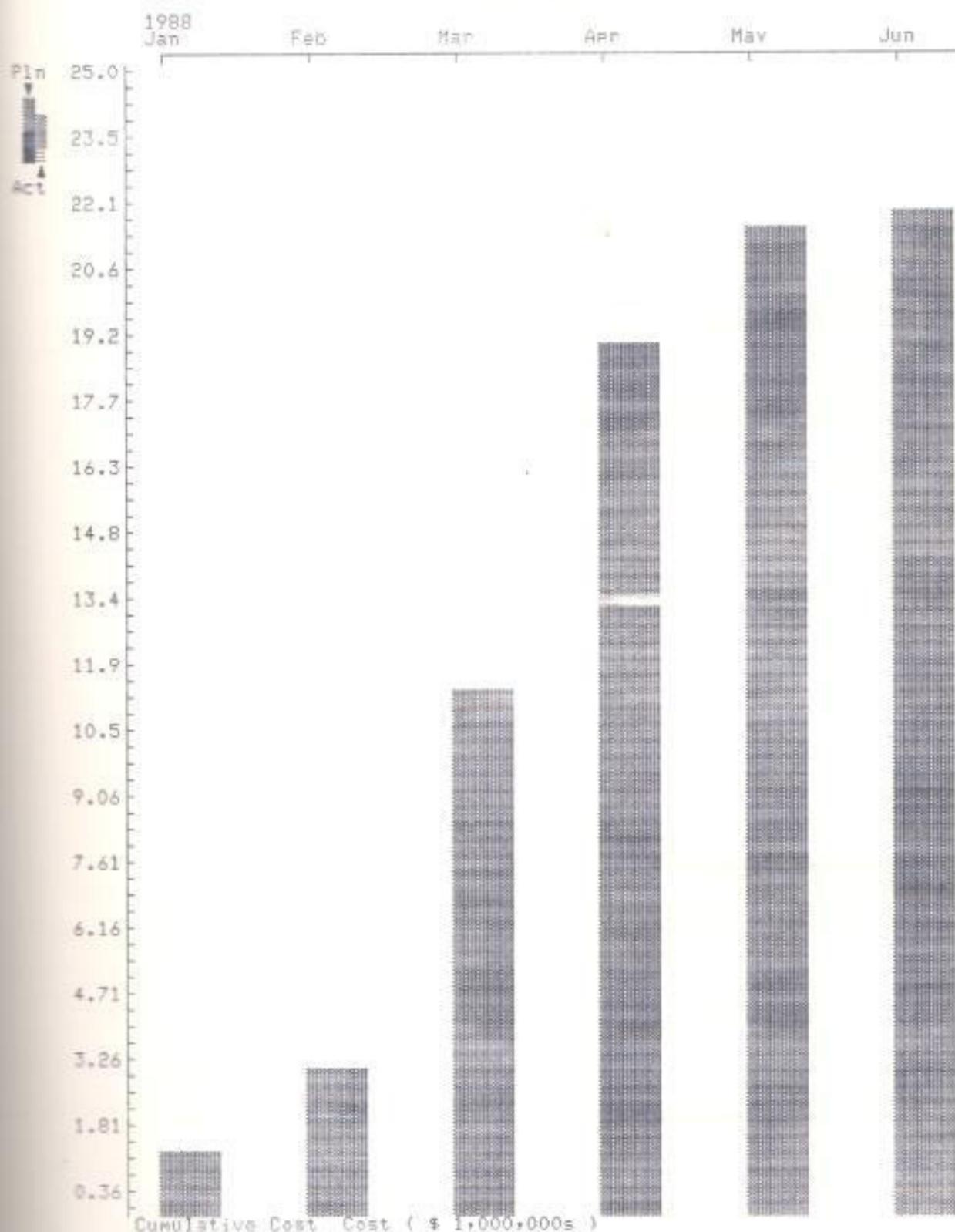
COSTOS DE CONSTRUCCION SIN SUMINISTROS DE IMPORTACION

CRONOGRAMA VALORADO ACUMULADO PARA EL PROYECTO DE LA S/E

Project: SUBESTA2

1-Jan-1980

Page 1



COSTOS TOTALES SIN SUMINISTROS DE IMPORTACION

CAPITULO V

CONTROL Y EVALUACION DEL PROYECTO

5.1. CONTROL DE UN PROYECTO Y SU NECESIDAD

Cada vez que se decide realizar una empresa el hombre se enfrenta al problema de planificar y controlar el trabajo que ha de ejecutarse; realizándose en las empresas pequeñas dicho control solo con la presencia de un individuo en el lugar de trabajo, llevando un control casi exclusivamente visual, intuitivo y que se complica cuando crece la complejidad del proyecto y del seguimiento administrativo del mismo.

El control permite de una manera clara y concreta, la toma de decisiones, pues no se limita a una mera observación de lo que ocurre, sino que señala las provisiones que son necesarias para la corrección de las causas que han producido divergencias entre lo programado y lo ejecutado; es decir, que previa evaluación, se adoptan medidas necesarias para cumplir con los requisitos y metas de la programación.

Es raro que un proyecto se efectúe exactamente de acuerdo con lo establecido en la programación, aún cuando esta se haya basado en los mejores criterios posibles en relación a la naturaleza del trabajo. Conforme el trabajo progresa se puede observar que ciertas suposiciones utilizadas en la planificación pueden estar correctas, mientras que otras pueden requerir

cambios. Pueden presentarse alteraciones de un programa debido a cambios en los componentes endógenos o internos de un proyecto, o debido a cambios en los componentes exógenos o externos; esto es en aquellos aspectos legales, institucionales, financieros, etc. Por todos estos factores se pueden requerir incluso cambios en las estimaciones de tiempo o en la secuencia de las actividades de un proyecto. Por lo tanto, el proceso de desarrollo de un proyecto es un proceso dinámico; esto es, debido a las alteraciones a que está sujeto un plan durante su ejecución, el programa inicial debe periódicamente ir sufriendo alteraciones para que sea factible cumplir con los objetivos de tiempo y costo.

La programación de un proyecto es inicialmente establecida antes que el proyecto empiece, pero como está sujeta a variaciones durante el curso del mismo, es necesario establecer un sistema adecuado de información sobre el progreso de los trabajos para tener un conocimiento actualizado de los planes en cualquier momento del desarrollo del proyecto y tomar la acción correctiva necesaria.

Entre más lógica y exacta sea la planeación, más fácil será ejecutar el trabajo de acuerdo con el programa; sin embargo una planeación detallada lleva tiempo y cuesta dinero. En consecuencia, la planeación de un proyecto en la etapa de concurso puede no proseguir lo suficiente, como para dar todos los detalles necesarios en el control del proyecto. Por esta

razón, es esencial que antes de iniciar los trabajos en el lugar de la obra, el programa del proyecto (y las gráficas y redes pertinentes) sea revisado para obtener los detalles exclusivos del proyecto. Aunque este procedimiento de revisión es realmente la última fase de la planeación detallada, es también el primer paso hacia el control real del proyecto en el lugar de su realización, y debe llevarse a cabo cuidadosamente.

El propósito primordial del control del proyecto comprende dos acciones principales las cuales deben ser realizadas periódicamente: el seguimiento y la actualización de los planes.

El seguimiento de un proyecto es efectuado a través de diversos reportes que establecen el estado de un proyecto en un momento determinado de su realización. Esos reportes permiten conocer las características de costo, tiempo y porcentaje de avance de un proyecto, en base a las actividades que se han terminado y a las que están en proceso. Solamente la detección de las variaciones ocasionadas en relación al plan originalmente concebido, permite tomar decisiones para determinar y aplicar alguna acción correctiva que produzca, a través de una reasignación de recursos, una actualización de los planes para tratar de cumplir con los objetivos propuestos.

El proceso de conservar un proyecto de acuerdo con los planes trazados, en relación a su contexto general, en especial en relación a su fecha de finalización, se llama actualización.

La actualización toma en consideración todos los cambios en el proyecto, incluyendo los cambios efectuados porque no se cumplió el programa y aquellos introducidos para corregir un plan. Los reportes de progreso tratan con el comportamiento pasado, la actualización se refiere a la programación futura y a la finalización del trabajo proyectada en base al progreso realizado.

En resumen el control de un proyecto involucra una constante revisión para asegurar que cada actividad se ha completado a tiempo y determinar las acciones correctivas en el caso de corrimientos. Esto exige una determinación del estado actual de un proyecto y una reprogramación que tome en cuenta las variaciones y correcciones efectuadas.

5.1.1. NECESIDAD DE CONTROLAR EL PROYECTO

La ejecución de un Proyecto se caracteriza por constituir un proceso "no repetitivo", en el que las actividades van ligadas por requerimientos de secuencia y, por lo tanto, en cada etapa las actividades son diferentes. Por lo general, tienen un gran número de actividades y procesos de toda naturaleza que requieren métodos equipo, mano de obra, etc., diferentes. La ubicación y sitio de trabajo es siempre temporal y con frecuencia apartada, lo cual significa que en cualquier localización, la producción a plena capacidad, puede durar solamente

unos meses o cuando más unos años. La administración local del proyecto rara vez tiene un control completo de las políticas a seguir ni del aspecto financiero de la obra. Por último, el personal se halla prácticamente dividido en dos grupos: los mandos medios y profesionales más o menos permanentes y los operarios transitorios.

Así, la organización del campo debe adaptarse a las distintas condiciones que varían de proyecto en proyecto, y debe ser lo bastante flexible como para controlar adecuadamente los trabajos que se estén realizando, bajo la multiplicidad de estas condiciones. Por lo expuesto, se deduce que la organización del proyecto no puede ser estándar, sino que debe adaptarse a las condiciones del lugar en que ejecuta para así propiciar el control adecuado de los trabajos; ratificándose así la necesidad de que la organización del proyecto y el control mantengan una relación de interdependencia permanente y directa.

Todas estas características, que en pequeño o grande porcentaje pueden ser particulares para cada proyecto, deberán ser recogidas en el planeamiento y presupuesto de las obras. Se fijarán previamente en la planeación los mecanismos de ejecución, determinando el método óptimo para la selección del equipo, requerimientos y ajustes financieros y necesidades de mano de obra,

oportuno suministro de materiales, estableciendo la supervisión necesaria, la presencia de eventuales Subcontratistas competentes, en el tiempo adecuado y dentro de los costos previstos. Aunque teóricamente un programa puede verse perfecto, en la práctica esto no ocurre, pues se verá afectado por retrasos imprevistos, restricciones impredecibles y factores desconocidos. Por esto, es esencial que la dirección de la obra o proyecto esté informada continuamente del progreso de los trabajos y que se hagan predicciones lo más precisas respecto al efecto que cada problema presentado va dejando.

5.2. ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA DE INFORMACION Y CONTROL

El control de un proyecto es posible, si se dispone de un sistema de información adecuado. Todo proceso de control tiene inherentes tres aspectos fundamentales:

1. Medición de las características.
2. Comparación de esta medida con un patrón de referencia.
3. Adopción y puesta en marcha de las acciones correctivas.

Todas estas acciones describen un mecanismo de retroalimentación. Para poder establecer un Sistema de Información y Control, es necesario cumplir con ciertos requisitos que, en conjunto determinan la calidad y efectividad del control, siendo estos los siguientes:

5.2.1. JERARQUIZACION DE LAS ACTIVIDADES PARA CONTROL

Este primer requisito consiste en determinar las características de los conceptos o actividades que deben ser controlados. Estos conceptos deben ser cuantificables y expresados numéricamente y seleccionados manteniendo el principio de economicidad, que indica que el costo del control no debe sobrepasar la utilidad que de él se obtenga. Se entiende que no todos los conceptos de obra deberán ser controlados, sino aquellos en que resulta económico hacerlo.

Es práctica común que los conceptos a ser considerados en el control tengan que ver con la jerarquización de las siguientes Categorías de Inversión:

- Ingeniería y Administración
- Costos Directos
- Imprevistos Generales
- Escalamiento de Costos

Desde luego, habrá proyectos que dependiendo de su magnitud, fuentes de financiamiento, costo, etc., utilizarán para el control parcialmente las Categorías mencionadas. En todo caso, cada categoría, por su nombre, identifica cabalmente el alcance que se pretende dar al control.

5.2.2. SELECTIVIDAD DEL CONTROL

Este segundo requisito consiste en escoger de entre los conceptos o actividades jerarquizadas, aquellos que son más convenientes para el control. El término de conveniencia es bastante complejo, ya que engloba por un lado el carácter de representatividad y de sensibilidad y, por otro, el de facilidad de medición.

Dentro de las categorías de Inversión señaladas, se puede escoger el concepto de Costos Directos para medir el progreso físico de las obras. Esta selección se efectúa por cuanto constituye el concepto más significativo del Proyecto y está íntimamente ligado con el costo y la programación física de ejecución, a lo que se añade la facilidad de medición y una apreciación más real de las condiciones en que se desenvuelve la obra.

El acumulamiento de los costos en todas las Categorías de Inversión, reflejará la ejecución presupuestaria que va teniendo el Proyecto en el período previsto de construcción.

5.2.3. PROCEDIMIENTO DE MEDICION

En este requisito se debe especificar la frecuencia de las mediciones, las precauciones que son necesarias

para llegar a resultados exactos y consistentes, quienes serán los encargados de la medición y del procesamiento, los mecanismos de divulgación de la información el diseño de los formatos a ser empleados en todo el proceso, la perioricidad y oportunidad con que los informes de resultados son emitidos, etc. Bien concebido este requisito, se conseguirá dar fluidez y continuidad al control.

5.2.4. PATRON DE COMPARACION

El cuarto requisito es establecer un patrón de comparación para las medidas que se efectúen. Este patrón se lo definirá en las mismas unidades en que se expresaron las mediciones. Representa el modelo al cual se trata que se ajuste la obra y es el producto de la labor de programación previa al inicio de la ejecución del Proyecto.

Implica la homogenización de las varias unidades de medición programadas y ejecutadas, en base a ponderaciones fijadas "a priori". Además, este patrón de comparación será fijado ubicado en un rango de tolerancia, dentro del cual se aceptará que la medición señala que la ejecución se desarrolla normalmente o que las desviaciones que algo anormal se está produciendo y se aparta de los valores del modelo.

5.2.5. ACCIONES CORRECTIVAS

Este último requisito señala el establecimiento de normas de conducta para los casos en que se verifican desviaciones. Estas normas deben contener las pautas de acción correctiva de las anomalías que se hayan detectado. Será prudente anticiparse a tomar acciones correctivas en aquellos casos en que se vislumbran emergencias y dar soluciones sin requerir elevar los problemas a las decisiones superiores. El éxito del Proyecto dependerá en gran parte de este tipo de acciones.

Los requisitos anteriormente señalados identifican la calidad del Sistema de Información y Control que se establezca para el Proyecto. Ellos son interdependientes, de tal modo que la calidad del sistema se halla dada por el cumplimiento conjunto de los requisitos y no por el de cada uno de ellos aislado.

5.3. REVISION PERIODICA DEL PROYECTO DURANTE LA CONSTRUCCION

El proceso de construcción o ejecución de un proyecto constituye la última etapa, antes de su utilización definitiva, de un proceso que se inicia en la planeación, programación general y se continúa con una evaluación económica, estudios de

factibilidad, proyecto definitivo, e inserción en un presupuesto determinado. Entonces, es obvio que en la ejecución del proyecto (por vía de contrato) tenga el organismo o compañía contratante la necesidad de contar con la debida fiscalización o control que asegure el cumplimiento de los términos contractuales, los programas de construcción, calidad de los materiales y de los trabajos, etc., en defensa de los intereses de la comunidad.

El control del proyecto será efectuado en base a los resultados de su planificación y programación, mediante las mismas técnicas del camino crítico. Toda información sobre el trabajo realizado, difundida a ciertos intervalos en el tiempo, es en realidad una actualización periódica. Dado que el desarrollo de un proyecto es un proceso dinámico, este está sujeto a cambios continuos, por lo que se hace necesario que el programa inicial se vaya ajustando, con el objeto de cumplir con la meta previamente establecida. El procedimiento general consistirá en revisar periódicamente la red del proyecto, reemplazando las predicciones originales por los hechos reales, conforme transcurre el tiempo. Cada vez que se revisa la duración de las actividades y la utilización de recursos, debe analizarse la red, para verificar si la ruta crítica y la duración del proyecto han sido afectados. Si se encuentra que el trabajo está atrasado con respecto al programa, podrá corregirse la red y acelerar las actividades futuras, tratando de restablecer la posición. Esto podría

hacerse en forma de trabajo extra de equipo, mano de obra adicional o rotación de recursos. Podrá calcularse el costo de estas medidas extraordinarias y comparar diferentes posibilidades, con el objeto de encontrar la solución más equilibrada. Cabe señalar que algunas veces suele ser más económico aceptar el retraso en la terminación del proyecto. Las actividades no críticas retrasadas podrán consumir su holgura disponible sin afectar la duración del proyecto. Si el retraso es superior a las holguras totales, la ruta crítica cambiará y lo que resta por ejecutarse deberá ser analizado nuevamente. Algunas veces será ventajoso reformar deliberadamente el camino crítico o cambiar la secuencia de actividades, en los casos en que los retrasos se pronostican irrecuperables y los imprevistos superan lo normal.

Una vez decididas las medidas modificatorias, se las incluirá en la red, disponiéndose de un nuevo plan para lo que resta por ejecutar del proyecto. De esta forma, el plan de construcción puede ser actualizado cada vez que sea necesario.

Múltiples factores definen una reprogramación, pero el criterio que mayormente incide es la magnitud del retraso, con respecto a la fecha prevista de terminación. Esta reprogramación puede obedecer a pequeños o grandes retardos. Existe la tendencia de concentrar el control en las actividades que están en ruta crítica, descuidando las que no son críticas; sin embargo, cualquier desatención puede volverlas críticas

y por ende merecen también ser controladas.

La revisión periódica de las operaciones del proyecto en el lugar de la obra, o en otras palabras, la emisión de informes de resultados, debe realizarse con una frecuencia acorde con los siguientes factores característicos:

- La magnitud del proyecto
- El tiempo de duración del proyecto
- Los problemas que se encuentren durante su ejecución.
- La organización de la empresa.

La magnitud del proyecto tiene que ver con la importancia del mismo, siendo indispensable una mayor atención y continuo control. El tiempo de duración del proyecto determina el intervalo de tiempo entre las revisiones, para que puedan ser oportunas y permitan tomar las acciones correctivas a su debido tiempo. Los problemas que se encuentren durante su ejecución conducen a que se realicen revisiones más frecuentes ya que se hace necesario la toma de decisiones oportunas para dar una solución adecuada a dichos problemas. Y la organización de la empresa se refiere a su conformación y a la cantidad de personal asignado para que el control se realice con mayor facilidad y rapidez.

Por lo general el control se lo efectúa con períodos de quince días o un mes. En nuestro medio, el control mensual parece

ser el de mayor aceptación, pues, paralelamente se efectúa por lo general la facturación por obra ejecutada, lo que permite balancear objetivamente los recursos: tiempo y costo.

5.3.1. FISCALIZACION PERMANENTE DEL PROYECTO

Para el control de la ejecución del proyecto y la necesidad de asegurar el cumplimiento de los contratos, se requiere de fiscalizaciones permanentes con el fin de evitar problemas técnico-legales, que a menudo son de muy difícil resolución.

La fiscalización permanente debe funcionar desde el comienzo del replanteo hasta la recepción definitiva de la obra, y tendrá la autoridad para inspeccionar, comprobar, examinar y aceptar o rechazar cualquier trabajo o componente de la obra; además, él resolverá cualquier cuestión relacionada con la calidad de los materiales utilizados, calidad y cantidad de trabajos realizados, avance de la obra, interpretación de planos y especificaciones y el cumplimiento del contrato en general.

Como testigo permanente de los hechos ocurridos en la obra, la fiscalización debe estar en condiciones de dar testimonio en todo tiempo y lugar sobre los inconvenientes y contratiempos que con diverso carácter

puedan ocurrir en perjuicio de los trabajos y/o del contratista, o de terceros. Las causas más comunes de retraso en trabajos de construcción comprende:

- Errónea determinación de la duración de las actividades.
- Retrasos impredecibles en la entrega de materiales.
- Huelgas u otros problemas de mano de obra.
- Condiciones inesperadas en el lugar.
- Que no sea posible disponer de ciertos recursos con la rapidez requerida.
- Condiciones meteorológicas imprevistas, o características causales del sitio.

El carácter de permanente de estas fiscalizaciones permite su cabal compenetración con los problemas y necesidades de la obra, algunos de los cuales pueden no haber sido percibidos oportunamente por el proyectista. Otras veces, tienen lugar hechos posteriores al estudio que crean diversos tipos de necesidades que la obra debe satisfacer con su ejecución. Ante estas circunstancias, la fiscalización debe intervenir en las modificaciones de la obra, propiciando su autorización y realizando las partes del proyecto necesarios como flujos de carga, de cortocircuito, análisis de precios, presupuestos, etc.

5.4. RESTRICCIONES PARA LA IMPLANTACION DEL SISTEMA

Hay restricciones o dificultades que se anteponen a la implantación de un eficiente Sistema de Información y Control, obstáculos que deben ser considerados para no comprometer la eficiencia de sus resultados.

5.4.1. FACTORES EXTERNOS

- Resistencia de otros sectores involucrados con el Proyecto u organización, por temor a que surjan críticas sobre los trabajos.
- Resistencia a la entrega de datos e informaciones, pues la "propiedad exclusiva" le otorga al sector la sensación comprensible de su importancia (debe ser consultado) y de que es indispensable (seguridad) en la organización del proyecto.
- El funcionamiento de un eficiente flujo de información tiende a disminuir el número de personal de coordinación, lo cual genera una reacción en contra.

5.4.2. FACTORES INTERNOS

- Dificultad en disponer del personal entrenado, lo que obliga muchas veces a evitar un mayor grado de sofisticación en el sistema que se diseña. Es muy difícil seleccionarlos de entre el personal de

larga experiencia en la dirección y ejecución de obras, ya que precisamente son los más cotizados y los primeros en ser reubicados en otras misiones. Este obstáculo obliga a la formación de elementos nuevos, que debido a su limitada vivencia con los problemas técnicos especializados, encontrarán dificultades en el cumplimiento de los trabajos. Estos equipos relativamente nuevos, muchas veces sin la concepción del conjunto, tienden a llevar el proceso con un excesivo lujo de detalles, sin visualizar la solución a los problemas básicos.

- No siempre el Proyecto o la organización dispone de instalaciones adecuadas, como por ejemplo un centro de procesamientos de datos.
- En virtud de la creciente evolución de las técnicas administrativas, el personal involucrado en estas técnicas es orientado a alcanzar como su objetivo el perfeccionamiento en los instrumentos de la programación (PERT, CPM, precedencias, paquetes computacionales, etc.), perdiendo parcialmente de vista la real finalidad del trabajo, esto es, la rapidez y simplicidad que debe emplearse en el control de la obra.
- Un sistema de información y control eficiente exige tiempo para su implantación, lo cual no siempre se consigue. Se dispone en general, de muy poco tiempo para programar las diferentes fases de un Proyecto.

- El costo del control es un factor limitante en lo que se refiere al sistema que se va a diseñar. El costo tiende a bajar en los Proyectos grandes con el uso de programas cada vez más eficientes.
- Finalmente, otra restricción es la de que el mercado de trabajo carece de estos profesionales, cuya formación es económicamente factible en las organizaciones o Proyectos de cierta magnitud, con la desventaja de que, frecuentemente, son rápidamente absorbidos por la oferta y la demanda.

5.5. TIPOS DE CONTROL.

Sea que se disponga o no de una computadora, los tipos de control más usuales que se utilizan en el seguimiento de los Proyectos son:

5.5.1. CONTROL DE LA EJECUCION

En toda obra deberá realizarse principalmente el control de su ejecución, con el objeto de que el desarrollo esté de acuerdo a la programación realizada.

El control de la ejecución comprende la información que deberá ser suministrada por parte de la oficina en obra (fiscalización) a los diferentes grupos de trabajo, y la recopilación de datos en la obra (por los fiscalizado-

res), que posteriormente servirá para realizar el seguimiento y la actualización del proyecto. La información suministrada y recopilada en la obra, será la base para realizar una reprogramación en caso de ser requerida.

Para efectuar el control de la ejecución se requerirá lo siguiente:

- Red General del Proyecto: Esta será la guía principal que contiene la información global del proyecto, y donde se obtiene para cada actividad las fechas en las cuales se inicia y termina cada una de ellas, como también su costo de ejecución.
- Red Interna de cada actividad: Proporciona información relacionada con su secuencia de ejecución, como información de tiempos, costos, mano de obra y equipos que serán necesarios para cumplir con la ejecución de la actividad programada. Tanto la red general del proyecto como la red interna de cada actividad vienen proporcionadas como informes o reportes de resultados y datos de la programación del proyecto en ejecución.
- Recopilación de datos en la obra: La recopilación de datos en la obra consiste en anotar todos aquellos datos que en la programación original fueron supuestos,

pero que durante la ejecución son datos reales de construcción. Permittiéndonos conocer si los datos supuestos de los cuales se partió eran o no acertados, además, estos datos recopilados serán la base para tomar las acciones correctivas en caso de ser necesarias.

Estos datos serán recopilados en la hoja de control de ejecución del proyecto. (Anexo N° 5). En esta hoja deberá recopilarse información relativa al personal, equipo, cantidad de obra, montaje, etc., para cada una de las actividades diarias ejecutadas.

- Información suministrada por los ejecutores o fiscalizadores de la obra: Consiste en la información que deberá ser proporcionada por parte de los ejecutores o fiscalizadores de la obra, al departamento encargado de realizar el seguimiento y actualización del proyecto; esta información deberá ser lo suficientemente clara para que sea fácilmente interpretada y procesada por el personal encargado de realizar dicha labor. Esta información será obtenida de los datos reales de construcción recopilados en la obra para cada una de las actividades, como son: personal y equipo utilizados, rendimientos, cantidades de obra, etc. En la información que deberá ser suministrada deberá constar la actividad, duración real, y costo real de

las actividades ya ejecutadas, como también de las actividades por ejecutarse, se indicarán además si existen cambios en la lógica de la red, si se ha producido adición o supresión de actividades. Toda esta información podrá ser proporcionada en el formulario para actualización de proyectos. (ANEXO N° 5).

5.5.2. CONTROL FISICO Y DE COSTOS

El instrumento que permitirá hacer el seguimiento y control del avance físico y valorado (o de costos) de un Proyecto u obra en el tiempo, es la técnica de redes o mallas. El número de actividades en que se ha desglosado el Proyecto y a las cuales se hará el seguimiento y control, determina que se emplee o no el computador. De utilizarse, la automatización se ve justificada con la ayuda de los programas computacionales existentes en el mercado.

De manera general, la emisión de informes de resultados con el uso de paquetes computacionales contempla dos fases: generación y avances.

En la fase de generación se elabora la red de actividades, la misma que puede sufrir modificaciones conforme el proceso de ejecución. La información de entrada para redes IJ/PERT/CPM consiste de:

- Identificación de los nodos de inicio y fin de cada actividad.
- Descripción de la actividad.
- Duración de la actividad.
- Costo por actividad.

El cálculo de la red genera los siguientes informes:

- Calendario de actividades, con datos relacionados con el inicio, finalización y holgura total de cada actividad.
- Hitos de control, para verificar si las fechas objetivo contractuales se cumplen o no.
- Camino crítico, esto es, definición de las actividades que no poseen holguras y que son las que definen la duración del proyecto.
- Costos totales que permiten saber el costo estimado de cada actividad y el costo total del proyecto.
- Costos mensuales que prevén el gasto mensual estimado de las actividades que se realizan en dicho período.

La fase de avances se procesa con la información suministrada por los ejecutores o fiscalizadores de la obra. Implica una actualización periódica de la red y constituye la etapa en que mayor prolijidad y cuidado se debe arbitrar. El informe de avances, obtenido del procesamien-

to de los datos recibidos, consta de las siguientes partes:

- Actividades programadas que no han iniciado.
- Finalización probable de actividades en ejecución.
- Red actualizada de actividades.
- Informe de hitos de control.
- Calendario de actividades.
- Camino crítico.
- Costos de las actividades a la fecha de análisis.
- Porcentajes de cumplimiento de las actividades, etc.

Todos estos informes, algunos de ellos o adicionales, podrán ser utilizados para complementar las informaciones necesarias al control del proyecto.

La información obtenida a través del reporte de costos, provee los medios para controlar los gastos conforme el proyecto avanza en tiempo y en consecución de objetivos. Tal tipo de reportes y análisis pueden tomar varias formas, que básicamente servirán para contestar las siguientes preguntas:

- a) Cuál es el costo real del proyecto, a la fecha?
- b) Cómo se compara el costo real a la fecha con el costo planeado?
- c) Cómo se comparan los costos reales de actividades específicas que se han terminado, con los costos

planificados (o proyectados)?

- d) Con cuánto se espera que el proyecto sobrepase o sea menor en costo y en tiempo con lo proyectado?

Para evitar los conflictos organizativos entre el control de la red y el procedimiento de contabilidad, será necesario implementar procedimientos simplificados para el control de costos por actividad para lo cual los datos de los gastos reales son codificados para proveer una asociación con las actividades (o grupos de actividades) de la red que representa al proyecto.

Con los datos del reporte de seguimiento se debe proceder a realizar todos los cálculos del proyecto para obtener los diferentes reportes que permitan establecer las variaciones que se proyectan y luego de realizar las correcciones respectivas efectuar la actualización (reprogramación) de planes y programas.

5.6. TIPOS DE EVALUACION E INFORMACION

Es conocido que en la programación se trata de saber principalmente cuánto costará la ejecución "normal" del proyecto; cómo se reflejará en el costo total la aceleración del proyecto; y cómo acelerarlo lo más económicamente posible. Pero, en el control de la ejecución es necesario observar los gastos realmente hechos y establecer un criterio para juzgar si tales gastos

se conforman a lo programado; dicho criterio se basa en la forma de evaluación asumida y en el sistema de información obtenido.

Es costumbre efectuar otros tipos de controles, ligados a los objetivos que la empresa o el proyecto persiguen. Para ello es primordial obtener la máxima utilidad de la información lograda en el campo de los hechos, mediante su procesamiento que obedecerá a que sea sistematizada, tabulada, homogenizada y resumida, de manera a obtener y destacar comparaciones o relaciones significativas, procurando no omitir ningún dato esencial.

Los principales procedimientos de evaluación del trabajo realizado (% de avance de una obra) son los siguientes:

- Evaluación matemática del avance
- Evaluación tiempo/costo
- Evaluación gráfica del avance

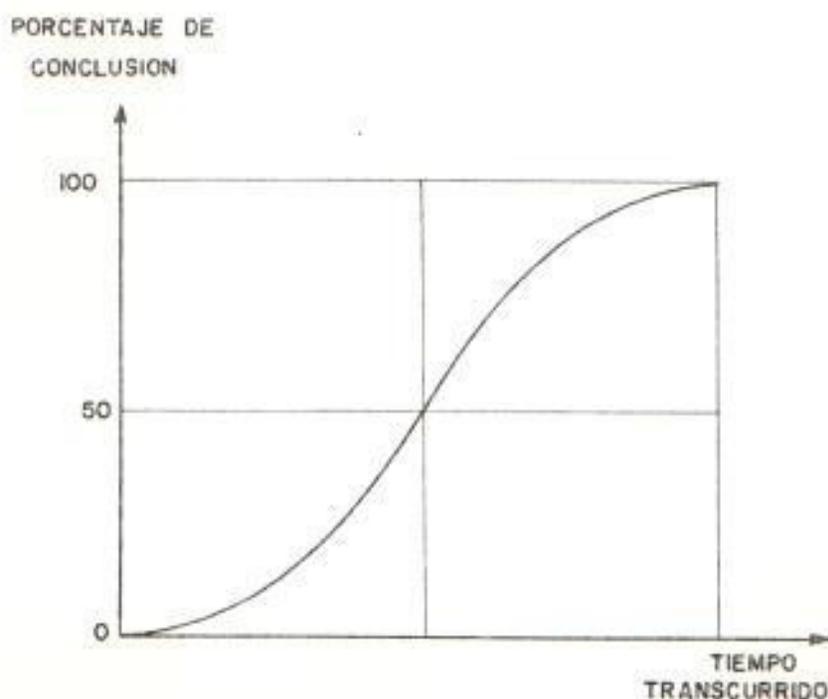
5.6.1. EVALUACION MATEMATICA DEL AVANCE

CURVA S

Para realizar la evaluación del trabajo realizado, o avance de obra, se debe primero evaluar individualmente el porcentaje de avance de cada actividad con relación al tiempo y luego hallar el porcentaje de conclusión

de todo el proyecto. Este procedimiento de evaluación de fundamenta en lo siguiente:

El trabajo realizado rara vez se haya en proporción directa con el tiempo, la experiencia indica que este tiende a seguir una relación de curva S como la que se muestra en la siguiente figura:



La curva S indica que el porcentaje de rapidez de avance del trabajo es más bajo al comienzo y al final de una actividad. Esto se debe al hecho de que al comienzo del trabajo se requiere tiempo para reunir los materiales en el lugar de la obra, así como familiarizarse con la documentación y requisitos correspondientes.

Al terminar un trabajo, la rapidez del avance se reduce a medida que se lleva a cabo el ajuste final. Resulta lógico entonces que la rapidez del avance del trabajo en los alrededores de la mitad del tiempo transcurrido se mantenga al nivel más elevado para compensar los efectos del comienzo y del final.

Además, el pronóstico de trabajo realizado, en cualquier momento dado, para cada actividad, puede incorporarse en una técnica de suma ponderada para proporcionar una evaluación general del porcentaje de conclusión esperado de la totalidad del proyecto y de secciones específicas del mismo, según sea requerido.

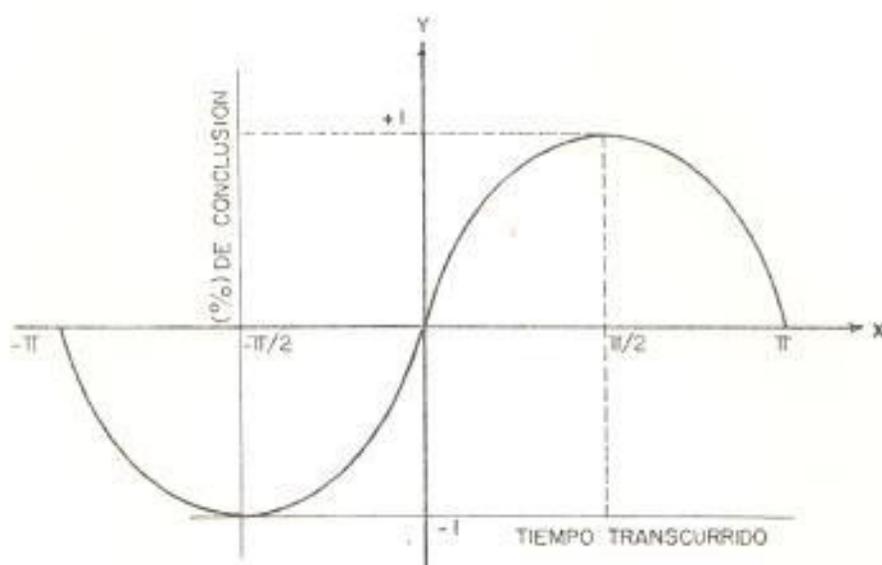
PORCENTAJE DE CONCLUSION DE UNA ACTIVIDAD

Para evaluar individualmente el porcentaje de avance de cada actividad se deberá utilizar una expresión matemática que representa la curva S.

Una primera aproximación es reemplazar los extremos curvos por líneas rectas, lo cual permitiría utilizar ecuaciones del tipo: $Y = ax - b$. Esto generaría el uso de por lo menos tres ecuaciones para representar cada curva S, lo cual no resulta muy conveniente por los errores que se introducirían en los cálculos.

Una observación de la forma de la curva, indica que se aproxima a una función sinusoidal. Describiendo la curva como dicha

función, se puede producir una ecuación sencilla y más exacta.



Examinando la sección de la curva entre $-\pi/2 \leq X \leq \pi/2$, asumiendo que este intervalo es la duración de la actividad y que el intervalo $-1 \leq Y \leq 1$ representa la escala de conclusión resulta:

$$Y - 1 = \sin\left(X - \frac{\pi}{2}\right), \text{ donde } \begin{cases} 0 \leq X \leq \pi \\ 0 \leq Y \leq 2 \end{cases}$$

En esta curva el 100% representa dos unidades en la escala "Y" de manera que debe introducirse un factor de $\frac{100}{2}$ para que "Y" exprese un porcentaje.

La ecuación se convierte entonces en:

$$Y = \frac{100}{2} \left[\operatorname{sen} \left(x - \frac{\pi}{2} \right) + 1 \right]$$

Si la curva describe una actividad de "d" unidades de duración entonces el intervalo $0 \leq x$ se divide en "d" unidades. Si han transcurrido "e" unidades de la actividad, entonces el valor de "x" se encuentra representado por:

$$X = \frac{e}{d} \pi$$

Por lo tanto la forma final de la ecuación resulta ser:

$$P = 50 \left[\operatorname{sen} \left(\frac{e}{d} \pi - \frac{\pi}{2} \right) + 1 \right]$$

Donde: P = Porcentaje de conclusión para una actividad.

d = duración de la actividad considerada.

e = tiempo transcurrido de dicha actividad.

$e \leq d$

Cuando se inicia la actividad $e = 0 \rightarrow P = 0\%$

Cuando se concluye la actividad $e = d \rightarrow P = 100\%$

PORCENTAJE DE CONCLUSION DEL PROYECTO

El cálculo de porcentaje de conclusión de proyectos compuestos

de subsistemas o secciones discontinuas requiere de un procedimiento para:

- Examinar la conclusión proporcional de cada sección.
- Encontrar el porcentaje de conclusión del proyecto conociendo los porcentajes individuales.

Supongamos que t_1, t_2, \dots, t_n sean los tiempos de duración totales para las actividades 1, 2, ..., n, y que P_1, P_2, \dots, P_n sean los porcentajes de conclusión de cada actividad.

El producto $\frac{P_i t_i}{100}$ representa el tiempo real empleado en la construcción de la actividad "i".

Además, $t_1 + t_2 + \dots + t_n$ representa la suma de los tiempos de construcciones T para la totalidad del trabajo. En cualquier tiempo, cuando cualquier valor de P_i es menor del 100%, el porcentaje de conclusión del proyecto P puede determinarse calculando la proporción del trabajo total efectuado.

$$P = \frac{P_1 t_1 + P_2 t_2 + \dots + P_n t_n}{T}$$

$$P = \sum \frac{P_n \cdot t_n}{t_n}$$

- Para las actividades terminadas $P_i = 100\%$.

- Los valores P_i individuales de cada actividad se deben obtener usando la curva S.

Si en el Proyecto existieren actividades de menor importancia, es decir, actividades que no implican gasto de tiempo para su ejecución, un avance más real del proyecto se obtiene introduciendo un factor de ponderación designado por K_n , con valores de $0 < K_n < 1$, y que al multiplicarlo por la expresión $P_n t_n$ (porcentaje de conclusión por la duración de la actividad) le da un nuevo valor a dicha expresión, de acuerdo con su importancia, dentro del desarrollo físico de la obra. Por lo tanto para actividades que no tienen importancia física, tales como trámites, revisiones, etc., le corresponden un factor de $K_n = 0$.

El nuevo porcentaje de conclusión del Proyecto será entonces:

$$P_k = \frac{\sum K_n P_n t_n}{\sum t_n}$$

USO DE LOS PORCENTAJES DE CONCLUSION

Cuando se ha producido un pronóstico de los porcentajes de conclusión de una obra, es necesario emplearlo debidamente como instrumento de administración del proyecto, y de referencia para la reprogramación del mismo. Para ello se toma en consideración la familia de curvas producidas por considerar que un caso todas las actividades del proyecto se realizan

en los tiempos tempranos y en el otro caso en los tiempos tardíos.

Los valores reales que resulten en el transcurso de realización del proyecto producirán una sola curva hasta un determinado momento de la ejecución. Cualquier variante entre lo real y lo esperado debe examinarse cuidadosamente, debido a que las grandes fluctuaciones en una u otra dirección (tardío o temprano) afecta adversamente a la estabilidad del proyecto.

5.6.2. EVALUACION TIEMPO/COSTO

El control separado de los tiempos a través de la técnica de redes IJ/PERT/CPM y de los costos, dan una indicación precisa de lo que pasa en el desarrollo del proyecto. Es posible que el proyecto se mantenga al día con respecto al tiempo, pero con un gasto demasiado elevado. Por otro lado en algunos casos, se consigue un avance razonable con un gasto pequeño. Muchas veces está en retraso con un gasto reducido, o se está adelantado pero con un gasto demasiado grande. La manera de tomar en cuenta estas situaciones, es la de concebir índices que establezcan relaciones entre los tiempos empleados y los gastos efectivamente realizados.

Índices de situación: Ultimamente se ha desarrollado una técnica que llena la mayoría de los requisitos

que exige una herramienta de control de un proyecto. No se trata solamente de una técnica de gran eficacia y extrema flexibilidad sino también de gran simplicidad en su cálculo. Esta técnica permite integrar en el control del proyecto el factor rendimiento (performance) técnico. Dicha técnica se denomina índice de estado o Status Index, o también índice de situaciones.

El Status o Índice de Estado: Es un índice de control de la relación tiempo/costo que se ha venido utilizando en proyectos avanzados de la N.A.S.A. Básicamente el "Status Index" permite relacionar el avance y costo reales del proyecto con el desarrollo y costo programados. Proporciona al responsable del proyecto informaciones tales como las siguientes:

- Rendimiento tiempo/costo en una fecha determinada, al plan.
- Proyección de tiempo y costo para la terminación del proyecto.
- Indicación y clasificación de los sectores que presentan situaciones críticas.
- Indicación de posibles dificultades.
- Anticipando de los atrasos o adelantos en relación con lo programado, así como errores por faltas o bajo en relación con lo programado.
- Medios para determinar dónde pueden ahorrarse

recursos para atender etapas más críticas, es decir, que las actividades deben corregir su situación crítica.

Además, el "Status Index" (S.I.) constituye un instrumento útil para la evaluación de la eficiencia. Ordinariamente utiliza los datos proporcionados por el diagrama de tiempo y se lo puede definir por la siguiente expresión matemática:

$$S.I. = \frac{\text{Duración real}}{\text{Duración Programada}} \times \frac{\text{Presupuesto}}{\text{Gastos reales}}$$

Un valor del índice igual a la unidad indica equilibrio entre lo ejecutado y lo programado; un valor superior a la unidad indica un avance en el tiempo por encima de lo esperado en relación con el dinero gastado; un valor inferior a la unidad señala que se gastó demasiado para el avance del programa, o que se obtuvo un avance por debajo de lo esperado en las mismas condiciones económicas.

La fórmula del S.I. se basa en la relación existente entre la programación y el presupuesto. En otras palabras, en cualquier instante, los resultados en términos de tiempo y desembolso son interdependientes. Surge aquí una pregunta: ¿Cómo medir el avance?.

Hay varias maneras de medirlo. Una de ellas es a través de las holguras que proporciona el método PERT/CPM.

Esta medida del rendimiento es conservadora, pues establece que si hay una holgura negativa de 5 semanas en el proyecto, éste, en conjunto, está atrasado en 5 semanas con relación a lo programado; aunque las que estaban atrasadas con 5 semanas eran solamente algunas tareas o etapas del proyecto, mientras las demás tenían un atraso menor, o estaban adelantadas con relación a lo programado. Este error, sin embargo, no perjudica en general las decisiones de la administración. Utilizando las holguras suministradas por el programa, la primera parte de la fórmula que define el índice y que suministra la relación entre el avance real observado y el programado puede calcularse por el cociente:

$$\frac{\text{Duración hasta la fecha}}{\text{Duración hasta la fecha} - \text{holgura}}$$

Esta holgura será una holgura de evento, que puede corresponder a la holgura acumulada sobre una determinada etapa del proyecto: representará por ejemplo, la diferencia entre la fecha proyectada y la fecha más tardía de un evento determinado, límite de la etapa

objeto del análisis. En un sentido general, pueden establecerse diversas expresiones para el índice de situación, que variarían de una situación a otra.

El Índice de Resultados: En el caso de que las actividades no hayan terminado en el período de control (por ejemplo: trimestre), no tiene sentido la idea de duración real de la actividad. Es muy fácil una estimación del porcentaje de ejecución de la meta física que ha sido alcanzada en el trimestre, por lo cual, basándose en esta idea, se puede definir el "Status Index" como un índice de resultados, expresado en la siguiente fórmula:

$$I.R. = \frac{\text{Meta física ejecutada}}{\text{Meta física programada}} \times \frac{\text{Presupuesto}}{\text{Gasto real}}$$

El Índice de Resultados Acumulado: El cálculo de índices de resultados para períodos parciales de control (por ejemplo, el trimestre), puede dar una idea falsa de lo que realmente ocurre con la totalidad de las actividades. Tratando de corregir cualquier desvío, es costumbre calcular los índices acumulados de uno a otro período, es en este caso, de uno a otro trimestre. Para ello, se define la siguiente expresión matemática:

$$I.R._A = \frac{\text{Metas físicas ejecutadas}}{\text{Metas físicas programadas}} \times \frac{\text{Presupuestos metas}}{\text{Gastos reales metas}}$$

Ejemplos de aplicación del "status index" se puede encontrar en el Anexo N° 6 de esta tesis.

3.6.3. EVALUACION GRAFICA DEL AVANCE

Varias son las técnicas que se emplean para comparar los progresos reales con las previsiones y los costos obtenidos con relación a lo presupuestado. Si bien la información puede presentarse en forma tabular, es costumbre la representación gráfica, sobre todo por su eficiencia para señalar e identificar relaciones o comparaciones.

A continuación se esquematizan algunos de estos mecanismos de evaluación que han sido de amplia difusión y aceptación en el control gerencial de Proyectos.

METODO DE LAS DESVIACIONES

Este proceso gráfico permite mostrar el estado físico o financiero del proyecto, señalando hasta que punto supera en porcentaje o valor absoluto, la actuación real a la planeada o si deja de cumplir con ella. Todo desvío de la actuación planeada que rebase las tolerancias indicadas por las líneas de límite pre-establecidas, deberá ser detectado para que se implementen las acciones correctivas que sean necesarias.

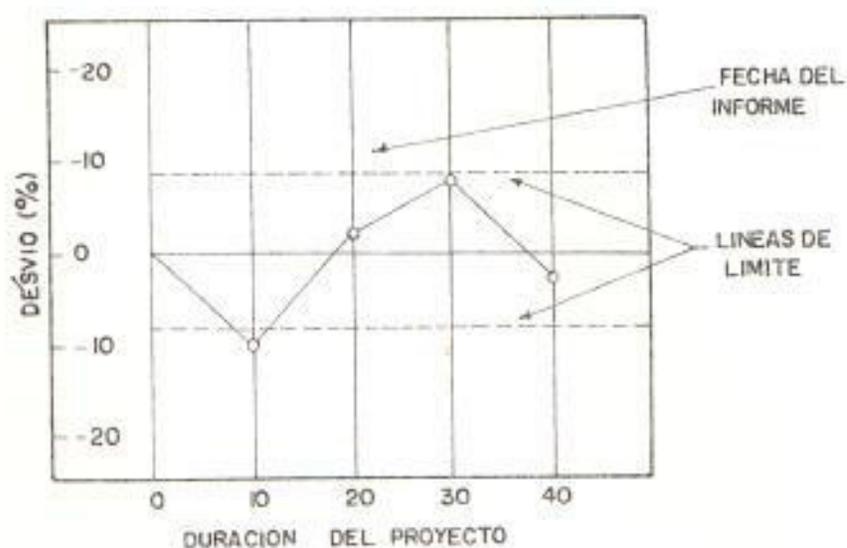


Fig. Nº 8 METODO DE LAS DESVIACIONES

METODO DE LA LINEA DE BALANCE

Es un método gráfico que se utiliza con mucho éxito cuando se trata de controlar procesos repetitivos. A simple vista, muestra el estado de las actividades principales de cada unidad del Proyecto, advirtiéndolo en caso de retraso, los problemas que pueden demorar la terminación de las obras. Su empleo comprende los siguientes pasos:

- Definir las actividades principales que han de ser controladas para cada unidad.
- Desarrollar una red para una unidad tipo.
- Construir un gráfico que muestre los días acumulados para la construcción total del proyecto.

- Disponer de un gráfico de progreso que destaque, para cada unidad tipo, las actividades terminales hasta la fecha.
- Construir una línea de balance para la fecha del reporte de avance.

Resta únicamente el análisis final de contraste entre el gráfico de progreso y el gráfico con la duración acumulada del Proyecto.

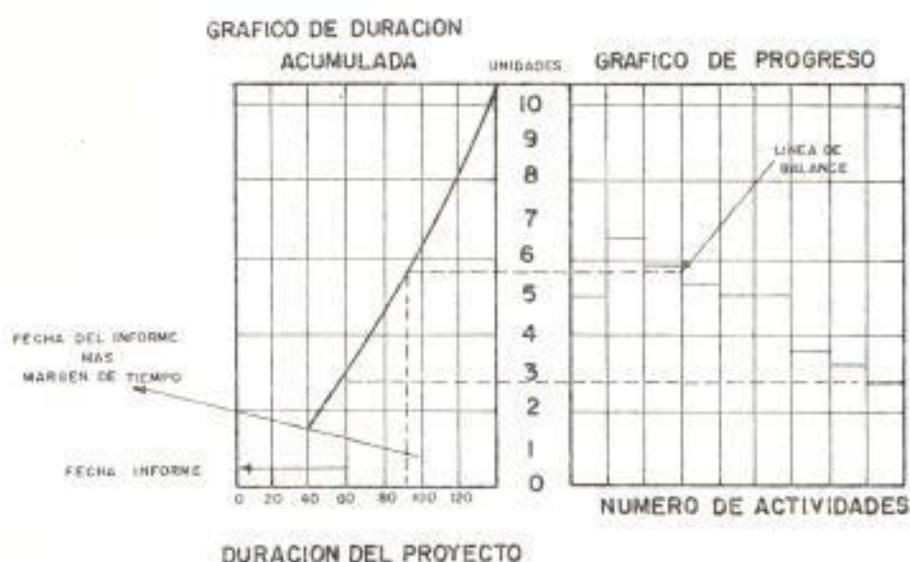


Fig. Nº 9 METODO DE LA LINEA DE BALANCE

METODO DEL DIAGRAMA DE GANTT O RED DE FLECHAS i - j CONDENSADA.

El tradicional diagrama de barras o de Gantt continúa siendo un instrumento de trabajo que goza de gran

aceptación, no sólo por el hecho de que utilice tiempos derivados de un análisis del camino crítico, sino porque en forma muy resumida, la dirección del Proyecto puede informar a la alta gerencia.

De igual manera, puede presentarse diagramas de flechas simplificados, en los cuales la atención especial en el control se orienta hacia las actividades del camino crítico. En la red se indicará por medio de triángulos invertidos la flecha del control, en la parte superior el porcentaje estimado completado de cada actividad y, a su derecha, el número de días necesarios para concluir la actividad.



DIAGRAMA DE GANTT



RED I-J CONDENSADA

METODO DE LA CURVA "S"

En el seguimiento y actualización de un Proyecto, la información que se requiere no sólo debe ser del progreso físico que la obra va teniendo, sino también de su estado financiero. Se debe tener presente la relación que guardan los costos reales con respecto a las previsiones, sea por actividad o por el costo total y el pronóstico financiero que puede plantearse hasta culminar las obras.

La curva en "S" es un proceso gráfico que se apoya en el clásico diagrama de barras o de Gantt y que sirve no sólo para indicar el costo acumulativo de un Proyecto, sino también para reflejar los avances físicos que el mismo pueda tener, en contraste con las previsiones efectuadas.

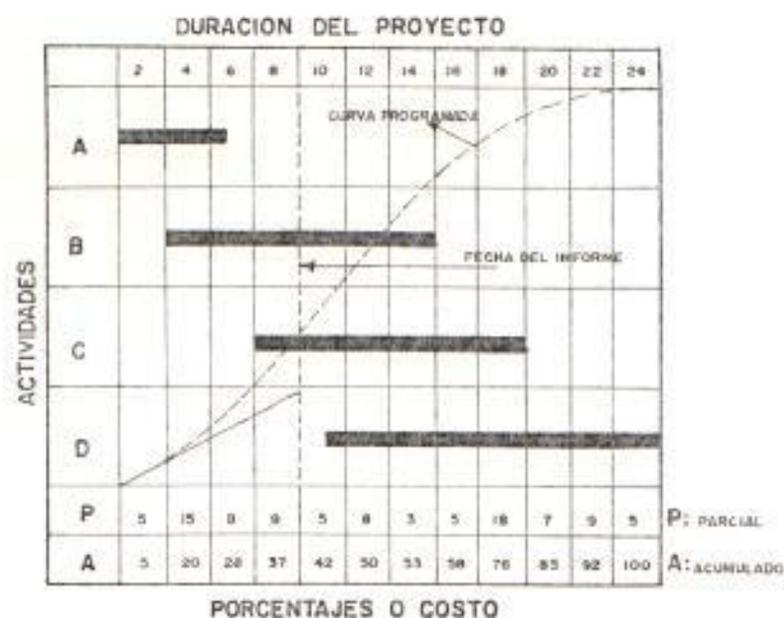


FIG. N° 11 METODO DE LA CURVA "S"

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Obtenidos los resultados para la programación de una subestación eléctrica mediante las técnicas PERT/CPM y la utilización del programa computacional de Gerencia del Proyecto Total Harvard, se puede concluir y recomendar lo siguiente:

1. El procesamiento de datos es excelente por la rapidez con que opera y genera resultados el programa HTPM, y por la variedad de opciones y/o formatos de informes de salida, gráficos, etc., que produce. Realiza la optimización del proyecto bajo las condiciones más sencillas al menor tiempo posible.
2. El empleo de las técnicas PERT/CPM en la planificación y programación del proyecto, en forma adecuada, garantiza la efectividad de los resultados obtenidos durante el procesamiento de datos y asegura una ejecución programada más exacta y real.
3. La programación del proyecto de construcción de una S/E, requiere un análisis del diseño de la misma, así como un estudio del proceso de construcción de la S/E que comprende: el alcance de los trabajos a realizarse; el suministro y transporte de materiales; la descripción de los trabajos; métodos constructivos a aplicarse; las condiciones topográficas, climáticas y geológicas del sector donde se va a construir la S/E; y, los costos de mano de obra, equipos y materiales necesarios para la construcción de la S/E.

4. Al conformar la red de actividades de proyecto, debe considerar la secuencia lógica constructiva a seguir entre los diferentes trabajos y tener orden en el agrupamiento de las mismas.
5. Es necesario realizar una correcta evaluación de costos y tiempos en base a una acertada asignación de recursos, para ello se requiere muchas veces aplicar las técnicas de optimización de recursos en forma adecuada.
6. La red de actividades y/o subprogramas dentro del programa principal, de los resultados obtenidos en la ruta crítica del proyecto concluyo que la programación puede ser más minuciosa en la ejecución de aquellas actividades que para su inicio no sea completamente necesario la terminación total de la(s) actividad(es) precedente(s), de ahí la razón por la que he considerado ciertas actividades en etapas de inicio y terminación; por lo que se recomienda aplicar ésta táctica en la programación de cualquier proyecto.
7. Gracias a la aplicabilidad del programa HTPM se puede crear varios subprogramas que contemplen cada uno de ellos una red interna minuciosa de actividades (en aquellas que sea necesario) y cuyos resultados vayan a complementarse con los de los otros subprogramas y demás actividades del programa principal, logrando de ésta manera una presentación total de los resultados en forma organizada, entendible y acorde con lo deseado por los Directores del Proyecto o el Gerente de la Empresa.

8. Al realizar una programación, minuciosa y detallada, conseguiremos a su vez una optimización de recursos; puesto que evitamos que exista un desperdicio de los mismos, logrando que el personal asignado a cada una de las actividades trabajen en su totalidad y dentro de la especialización a que pertenecen.
9. Para conseguir que la ejecución de las actividades esté de acuerdo con lo programado, se recomienda que las actividades deben ser ejecutadas por el grupo de trabajo que ha sido previamente determinado, el mismo que deberá ejecutar las mismas actividades en todos los demás trabajos afines que realice, lo que conduce a la especialización del grupo de trabajo en determinadas actividades y en consecuencia a un aumento en el rendimiento del grupo.
10. Puesto que la iniciación de una determinada actividad está condicionada a la terminación de la (s) actividad (es) precedente (s), el retraso de una actividad repercutiría en el resto de actividades especialmente si son críticas, por lo que se recomienda la conformación de un grupo de trabajo flotante capacitado para reforzar las actividades que debido a cualquier contingencia tienden a retrasarse. El costo de este grupo comparado con las ventajas que se obtienen de evitar retrasos en el proyecto es mínimo.
11. Se recomienda especialmente para proyectos grandes tanto en tiempo como en complejidad, el concepto de frentes de trabajo independientes que conduce a que la obra sea ejecutada en el

plazo especificado, ya que permite realizar la construcción de la subestación a través de diferentes frentes, para lo cual la red correspondiente a cada uno deberá ser procesada por separado, y cada una de ellas permitirá realizar el seguimiento y la actualización del proyecto de acuerdo a las circunstancias propias que se presenten en cada frente; por las características del proyecto de la S/E Machala no consideré necesario emplear varios frentes de trabajo dentro de la programación.

12. Según la ruta crítica generada para el Proyecto de la S/E Machala en particular, aquellas actividades que la conforman no tienen holgura, por ende su ejecución debe seguir lo programado, es decir, que se debe poner especial control y evaluación en su ejecución para prever cualquier atraso del proyecto. Para lograrlo, debemos en primer lugar mantener el rendimiento programado de ejecución para cada actividad, y además en aquellas actividades críticas que se realice Montaje Electromecánico vigilar que sea oportuno el suministro de materiales y equipos necesarios, especialmente los de importación.
13. Para conseguir una programación que se ajuste a las condiciones topográficas y de construcción, se deberán revisar los valores de rendimientos para cada actividad una vez iniciada la construcción de la subestación, y deberán ser comparados con los rendimientos que han sido recopilados durante la construcción, ya que serán estos los que varíen dependiendo de la dificultad de construcción

que pueda presentarse en la zona, luego deberá realizarse una nueva evaluación de tiempos en cada actividad y si el nuevo tiempo obtenido comparado con el tiempo determinado en la programación original, varían en más de un día, se deberá hacer una nueva reasignación de recursos (reprogramación de recursos). En caso de que la variación no sea mayor (0.5 de día) se recomienda asignar más recursos a dicha actividad con el objeto de que ésta se realice dentro del tiempo programado.

14. De acuerdo a las condiciones dadas al proyecto de la S/E, y la asignación de recursos realizada, en caso de retraso en la ejecución del mismo pueden tomarse ciertas acciones correctivas propias de la programación efectuada, tales como: un aumento de una hora adicional de trabajo por cada día laborable, es decir, que para el proyecto en estudio se emplearía días de 9 horas de trabajo; fijar como semana laborable de lunes a sábado, es decir, trabajar 6 días de la semana normalmente; y en caso extremo fijar toda la semana (7 días) como laborable e inclusive con más horas diarias de trabajo; para todos los casos anteriores siendo el único objetivo acelerar la ejecución del proyecto y recuperar el retraso ocasionado, siempre se requerirá un incremento de los recursos en aquellas actividades que se apliquen a estas acciones correctivas, por ende, representaría un incremento de costo de ejecución de aquellas actividades en retraso, pero justificable en comparación con el perjuicio económico futuro ocasionado por el retraso del proyecto.

15. En caso de que debido a factores incontrolables la ejecución del proyecto se haya retrasado, se sugiere comprimir las actividades críticas "más económicas", para lo cual será necesario disponer de las varias alternativas de duración y costo que están asociadas con cada actividad, y además en caso de que la ejecución se haya retrasado, es aconsejable disponer de una holgura en el tiempo de entrega que podrá ser utilizada para concluir el proyecto dentro del plazo establecido.
16. En caso de que se presenten condiciones difíciles de construcción, retrasos en el suministro de importación, u otras adversidades desfasatorias del proyecto, la red original deberá ser revisada y modificada (reprogramación), en el caso de que las condiciones de construcción difieren mucho de las que inicialmente se supusieron.
17. Por lo expuesto anteriormente y considerando que el riesgo, imprevisto y las contingencias que existen en la construcción de subestaciones afectan por igual a cualquier método de programación, la técnica PERT-CPM aplicada a la construcción: "Es la herramienta más adecuada que permite realizar la planificación, programación y control de la construcción de subestaciones" y que esta técnica, a través de una aplicación adecuada de la misma, esté llamada a substituir a los métodos tradicionales de programación y control que hasta el momento son utilizados. Todos los beneficios que pueden ser obtenidos mediante la implementación de este nuevo método de programación podrán ser conseguidos siempre

que ésta técnica sea adoptada por parte de los contratistas y exigido por parte de la empresa contratante como requisito dentro de las especificaciones técnicas para la construcción de subestaciones.

18. La aplicabilidad de la técnica PERT-CPM a la construcción de subestaciones está determinada por la certeza o aproximación que se tenga entre la red original, que representa el modelo del proyecto; y lo que realmente suceda durante la ejecución del mismo. El modelo del proyecto se aproximará más a la realidad cuando la etapa de planificación del proyecto se efectúe en forma minuciosa, ya que existen factores tales como: topografía, geología, clima, condiciones legales y laborales, que priman en la zona donde se va a ejecutar la construcción, y que pueden ser materia de estudio y análisis para determinar su influencia sobre la programación.
19. Otra recomendación importante para el control del proyecto se basa en la tramitación oportuna de todos los permisos de importación de los equipos suministrados para la S/E a construirse, y poder obtener a tiempo la apertura de las cartas de crédito correspondiente a cada permiso, con la finalidad de no producir retrasos en la llegada de los equipos y su consiguiente desfase en el cronograma de montaje de la S/E.
20. Para poder utilizar por primera vez el programa MTPM, es necesario conocer la forma operativa a seguirse previo a la conformación de la red de actividades del proyecto, para cuyo efecto se requiere

leer anticipadamente ciertos capítulos del Manual del Usuario concernientes al manejo y operación del programa HTPM, logrando de ésta manera mayor seguridad y ahorro de tiempo en la utilización del mismo.

21. Empleando el HTPM, después que ha sido realizada la programación original, resulta ser un excelente medio para la actualización del proyecto en base a la información proporcionada por los fiscalizadores del mismo. Gracias a la facilidad de operación que se consigue al existir una programación ya realizada y a la variedad de operaciones, formatos e informes de salida que proporciona el HTPM.
22. No es rentable en costo ni en tiempo, emplear el programa HTPM en su total alcance para proyectos muy pequeños, ya sea por el gasto representativo de utilizar un sistema automatizado con un personal altamente capacitado o por lo demoroso que resulta al realizarse por primera vez la programación original del proyecto. En muchas ocasiones, se prefiere presentar simplemente una programación basada en un sistema de barras GANTT, dada la naturaleza del proyecto.
23. La demora al hacer por primera vez la programación original en el HTPM es causada por la obligada conformación de la red de actividades por pantalla y el tiempo empleado en ingresar cada información o dato de cada actividad al programa.

24. Existen varios informes de salida, cuadros, gráficos, etc., que dependiendo del punto de vista de análisis que se aplique para el control y seguimiento del proyecto, podrán ser requeridos ya sea por el fiscalizador o por el ejecutor del mismo, por ejemplo, tenemos que: el cuadro de asignación o de distribución de recursos es de mayor importancia para el constructor, en cambio, el gráfico de la red de actividades y su ruta crítica es indispensable para el control que realice el fiscalizador. Por lo tanto, es conveniente analizar cuáles resultados se requieren y su forma de presentación, antes de solicitar su impresión.

25. Es importante mencionar que tanto la programación realizada como los resultados obtenidos del procesamiento de datos para el proyecto de construcción de la S/E Machala en particular, no pueden ser utilizados como matrices para la programación de otra S/E ni mucho menos sus resultados ser empleados en el control y seguimiento de la construcción de otra S/E. Pueden servir como ejemplo o referencia al realizar la planificación, programación y control de otro proyecto en general.

26. Para efectuar la planificación, programación y control de la construcción de una subestación se hace necesaria la utilización del computador, ya que permite obtener la información relativa al proyecto, a través de reportes que son el resultado de varios análisis cuya ejecución manual tomaría tiempo de cálculo relativamente largo; que a pesar de no existir complicaciones de tiempo

aritmético, el elevado número de operaciones incrementa el número de errores, además que en base al computador se puede analizar una serie de alternativas y optar por la mejor, y que el procedimiento manual imposibilita tal análisis. Por lo tanto, cualquier compañía contratante o a su vez contratista, que cuente con la adecuada automatización en el control de proyectos, podría realizar el seguimiento y fiscalización del proyecto de una manera más eficiente que la actualmente empleada.

LEYENDA

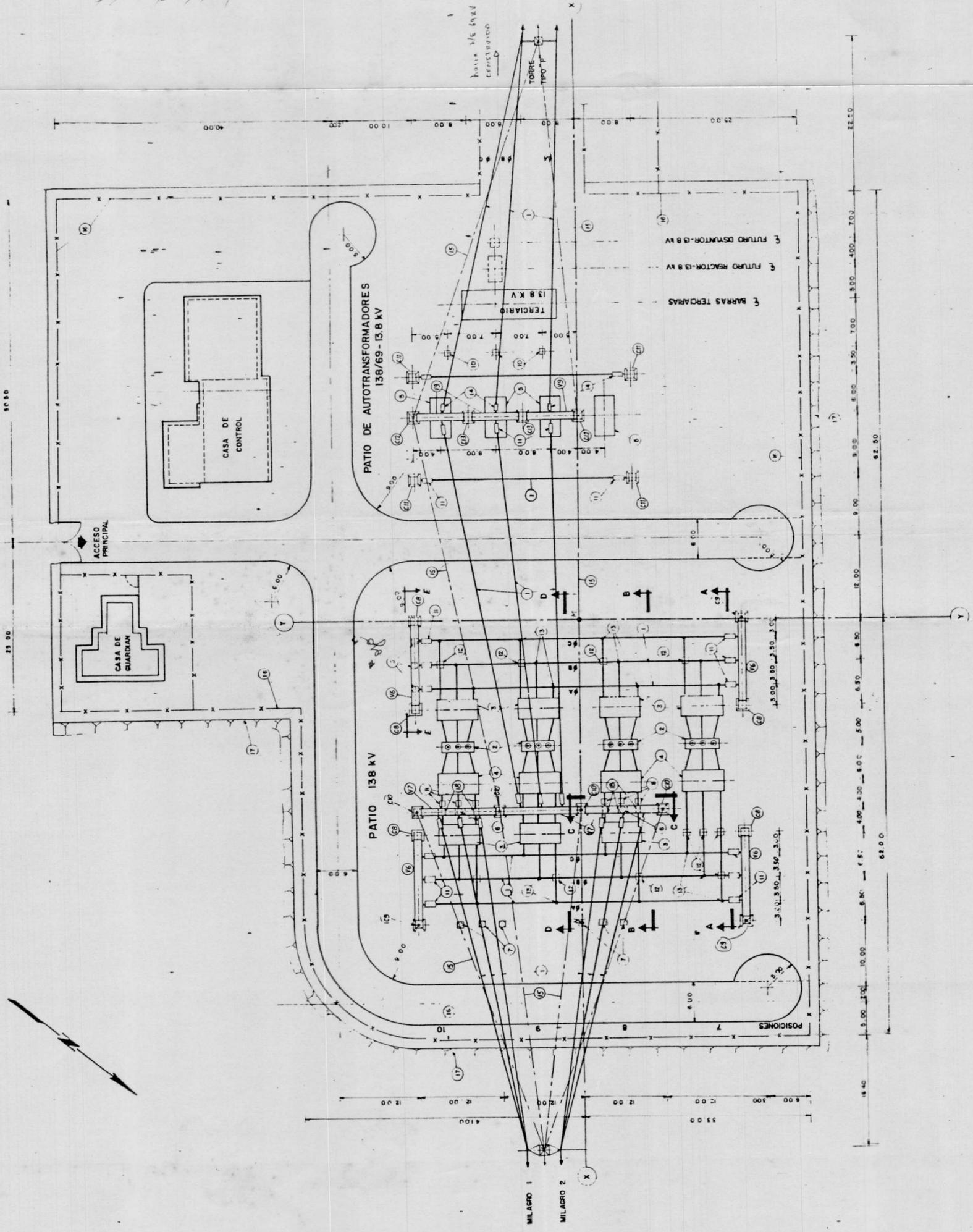
- 1.- CONDUCTOR 1033.5 KMIL. AAC. BLUEBELL
- 2.- DISTINTOR DE 138 KV
- 3.- SECCIONADOR DE APERTURA HORIZONTAL, 138 KV SIN CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA
- 4.- SECCIONADOR DE APERTURA HORIZONTAL, 138 KV CON CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA
- 5.- AUTOTRANSFORMADOR MONOFASICO DS/69 KV-20 MVA CON PARARRAYOS INCORPORADOS EN EL LADO PRIMARIO Y SECUNDARIO
- 6.- TRAMPA DE ONDA PARA 138 KV
- 7.- PARARRAYOS PARA 138 KV
- 8.- DIVISOR CAPACITIVO DE POTENCIAL PARA 138 KV
- 9.- TRANSFORMADOR DE POTENCIAL PARA 138 KV
- 10.- TRANSFORMADOR DE POTENCIAL PARA 69 KV
- 11.- CADENA DE AISLADORES PARA 138 KV
- 12.- AISLADOR SOPORTE PARA 138 KV
- 13.- CONECTOR "T" PARA CONDUCTOR AAC. 1033.5 KMIL. BLUE BELL
- 14.- CADENA DE AISLADORES PARA 69 KV
- 15.- HILOS DE GUARDIA
- 16.- CERRAMIENTO DE MALLA
- 17.- TALUD
- 18.- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE PARA 138 KV

NOTAS

- 1.- LAS DIMENSIONES INDICADAS PREVALECEAN SOBRE LA ESCALA
- 2.- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN METROS. SALVO INDICACION CONTRARIA
- 3.- EL CERRAMIENTO SERA DE MALLA DE 2.40 M. DE ALTURA CON 3 FILAS DE ALAMBRE DE PUAS EN LA PARTE SUPERIOR DE LA MALLA

PLANOS DE REFERENCIA

- 0906-E-1002 DIAGRAMA UNIFILA. PRINCIPAL
- 0906-E-1000 IMPLANTACION EN EL TERRENO
- 0906-E-1041 PLANTA GENERAL 69KV
- 0900-E-600 SECTOR AREA CONTEL
- 0900-E-601 SECTOR AREA CONTEL
- 0906-E-1081 DISPOSICION DE EQUIPO AUTOTRANSFORMACION 35/69/138KV



INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION

2010-E-0000

SISTEMA NACIONAL DE TRANSMISION

FASE C

SUBESTACION MACHALA

138/69 - 13.8 KV

PLANTA GENERAL

FECHA: MARZO / 1969

NO. 1000

PROYECTO	FECHA	NO.
REVISADO	FECHA	NO.
ELABORADO	FECHA	NO.
APROBADO	FECHA	NO.

ANEXOS

PROGRAMAS EXISTENTES PARA EL PROCESAMIENTO DE REDES

A continuación se listan los nombres de los programas aplicados para "MICROCOMPUTADORES" y existentes para realizar la programación y control de proyectos:

1. CPM/PERT
2. DATA * EASY PROJECT MANAGEMENT
3. DEMI - PLAN
4. EMPACT
5. EX-PERT /80
6. CARLAND PATHFINDER
7. HAR VARD PROJECT MANAGER
8. HARVARD TOTAL PROJECT MANAGER
9. INTEPERT
10. MICROGANTT
11. MICROPERT o
12. MICROTRAK
13. MILESTONE
14. THE CONFIDENCE FACTOR
15. DECISION SUPORT SYSTEM
16. GANTT - PACK
17. MICROSOFT PROJECT
18. MORGAN PATHFINDER
19. PERTMASTER
20. PRO-JECT 6
21. PROJECT MANAGEMENT

22. PROJECT SCHEDULER 5000
23. TASKPLAN
24. TARGET TASK
25. VISISCHEDULE

Tomado de "PC MAGAZINE" Vol. 3, N° 21 y 22, de Octubre 30 y Noviembre 16 de 1984.

Además, con la creación de una gran cantidad de paquetes computacionales de suficiente capacidad utilizados en la mayoría de las computadoras, demuestran que en el último quinquenio se ha mejorado la computación electrónica de los programas por camino crítico, y que es una prueba evidente del rápido desarrollo e importancia de estos sistemas.

PROGRAMA COMPUTACIONAL HTPM

El Programa HTPM aplicado a las microcomputadoras, es uno de los tantos paquetes computacionales empleados en la planeación, programación y control de un proyecto. Para conocer mejor su estructura, funcionamiento y efectividad, presento a continuación un resumen del manual correspondiente.

¿QUE HACE EL HTPM?

Si usted dirige proyectos y recursos, el HTPM mejora su habilidad para controlar todas las facetas de su trabajo. Le ayuda a diseñar proyectos, predecir sus costos y recursos necesarios para su avance,

usa el tiempo y el dinero eficientemente, y genera reportes (informes) regulares de toda clase.

Usted puede construir y perfeccionar un proyecto representado en la pantalla de la ciclocomputadora como una red de actividades así que puede ver claramente como las tareas varias se relacionan una a otra. Puede cambiar la red (secuencia, duración, etc.), rápida y fácilmente para reflejar las situaciones o cambios en el plan o ejecución de un proyecto.

Una red de actividades completas le muestra la ruta crítica del proyecto, el grupo de tareas que afectan la duración de su proyecto, así que puede dirigir su atención donde sea mejor. El HTPM traslada información acerca de las duraciones y costos de las tareas en un gráfico de barras cronograma y un gráfico de costo del proyecto.

Usted puede seleccionar el proyecto deseado y estar al tanto de toda la información necesaria todo el tiempo.

Usted le dice al HTPM los que son sus recursos y cuáles van con cuales tareas. El HTPM, en cambio, le proporciona gráficos de asignaciones de recursos y de distribución que le muestran cómo cada recurso es asignado y cuántos de cada recurso están en uso en cualquier momento. Estos gráficos le permiten ver los resultados de los cambios en las asignaciones de los recursos y cronogramas de trabajo, haciendo más fácil para usted minimizar tiempo y costo (optimización) y usar los recursos más eficientemente.

El HTPM le permite medir el calendario del proyecto para el cronograma de su compañía. Si sus proyectos son grandes y complicados, usted puede dividirlos dentro de números ilimitados de subproyectos y combinarlos dentro de un gran superproyecto, con cada proyecto y subproyecto conteniendo hasta 200 tareas. Se puede imprimir una variedad de reportes (informes) en sus proyectos o recursos.

LA ESTRUCTURA DEL HTPM

La estructura del HTPM tiene tres diferentes clases de pantallas, puede trabajar con: listados, gráficos y formularios. Puede ver y trabajar con las 3 pantallas simultáneamente.

Los listados le presentan los datos que usted tiene. En cada función el HTPM, puede mover los items que quiera para trabajar con ellos en ésta lista. El HTPM tiene los siguientes listados:

- Lista de proyectos
- Lista de recursos
- Lista de tutoriales
- Lista de calendarios
- Lista de reportes (informes)

Muchas veces cuando se usa el HTPM, se puede trabajar con gráficos. En estos, su información es presentada en una forma visual fácilmente comprensible, de tal forma que se puedan manipular sin problema alguno. El HTPM tiene los siguientes gráficos:

Red de actividades
Cronograma de ejecución
Calendario
Asignaciones de recursos
Costo del proyecto

Los informes de salida del HTPM, en formularios son colocados para el almacenamiento de información. Los reportes contienen todos los detalles de cualquier cosa de un gráfico o listado. Ciertos datos los suministra usted, otros el HTPM pone en el informe desde cualquier otro lugar (almacenado), y otros el HTPM los calcula. El HTPM presenta los siguientes informes:

Informe de proyectos
Informe de tareas
Informe de nodos o hitos
Informe de recursos
Informe de asignaciones
Informe de calendario
Informe de reportes
Informe de impresión

TRABAJANDO EN EL HTPM

Para trabajar en el HTPM:

- Hacer un calendario

- Hacer una lista de sus recursos (si Ud. usa la función recurso).
- Hacer un proyecto y diseñar su red de actividades, poniendo tareas y nodos en una malla (circuito) que reflejen como están relacionados en realidad.
- Asignar recursos a las tareas apropiadas.
- Ajustar su cronograma de acuerdo a sus circunstancias y recursos, chequeando las asignaciones y recursos como usted vaya cargando.
- Una vez que su proyecto es corrido, monitoree y ajústelo de acuerdo al cambio realista del proyecto (reprogramación).
- Generar reportes tanto como sean necesarios.

LISTADO DE REPORTE

El HTPM le ofrece los siguientes reportes en la lista de reportes:

- Lista de proyectos.
- Lista de proyectos a hacer
- Lista de recursos del proyecto
- Detalles de tareas
- Reporte de progreso de las tareas
- Lista de recursos
- Red de actividades
- Red de actividades reducida
- Cronograma
- Gráfico de costo acumulativo
- Gráfico de costo por unidad de tiempo
- Gráfico de asignaciones



BIBLIOTECA

Gráfico de cargamento (recursos)

Calendario.

USO DE MEMORIA

El programa HTPM requiere de 216 K bytes de memoria o espacio del disco, pero para correr el HTPM en un sistema que contenga los siguientes datos:

100 tareas

20 recursos

250 asignaciones de recursos

2 calendarios

Requiere un mínimo de 384 K bytes de memoria interna y no más de un exceso de 480 K.

CALCULO DEL COSTO HORARIO DE EQUIPO MECANIZADO

1) COSTO HORARIO DE PROPIEDAD

1. AMORTIZACION (A)

Considerando un valor residual equivalente a un 10% del costo de adquisición (C), el costo de la amortización (A) por hora del equipo, se puede expresar como un % del costo de adquisición de dicho equipo en miles de sucres, en la siguiente forma:

$$A = \frac{(C - 0,1C - \text{costo de las llantas})}{\frac{C}{1000} \times VE} \times 100$$

Es decir:

$$A = \frac{100.000 (0,9 C - \text{costo de las llantas})}{C \times VE}$$

En donde:

A = Costo horario de la amortización, expresado como un % de (C) en miles de le sucres.

C = Costo de adquisición del equipo en sucres.

VE= Vida económica del equipo en horas.

2. INTERESES, SEGURO, MATRICULA (ISM)

Se asumen las siguientes tasas:



Tasa de interés:	23% anual
Tasa de seguros	2%
Tasa de matrícula del equipo	
en el MOP:	<u>0,1%</u>
TOTAL	25,1% anual

La tasa total de 25,1% anual se aplica al capital medio invertido en la adquisición del equipo, o sea:

$$\text{Capital medio invertido} = \frac{n + 1}{2n} \times C$$

En donde:

n = N° de años de vida económica del equipo mecanizado.

$$n = \frac{\text{Vida económica en horas VE}}{\text{Uso anual del equipo en horas (h)}}$$

$$\text{Por lo tanto: } (ISM) = \frac{\frac{VE}{h} + 1}{\frac{2 \cdot VE}{h}} \times \frac{C}{h} \times \frac{1000}{C} \times 0,251 \times 100$$

$$\text{Es decir: } (ISM) = \frac{12550 (VE + h)}{VE \times h}$$

En donde:

(ISM) = El costo horario de los intereses, seguro y matrícula del equipo mecanizado, expresado como un % de (C) en miles de sucres.

(VE) = Vida económica del equipo en horas.

(h) = Uso anual del equipo en horas

$$\text{El costo horario de propiedad} = (A) + (ISM)$$

II) COSTO HORARIO DE OPERACION

3. COSTO DE LOS REPUESTOS (R)

Se asume que:

- El dólar - repuesto cuesta más que el dólar - equipo, en razón de la congelación de los capitales invertidos en los repuestos el dólar - repuesto se considera equivalente a 1.5 veces el dólar - equipo.
- El valor de los repuestos, sin el recargo del 50% indicado anteriormente, representa un 70% del costo de la amortización del equipo.
- Se considera un 0,75% adicional para cubrir el costo del reemplazo de elementos especiales tales como cuchillas, piezas esquineras, etc.

Es decir: $R = (A) \times (0,70 \times 1,5) + 0,75$

Por lo tanto: $R = 1,05 (A) + 0,75$

En donde:

R = Costo horario de los repuestos del equipo, expresado como un % del costo de adquisición de dicho equipo en miles de sucres.

A = Costo horario de la amortización del equipo mecanizado.

4. COSTO DE LA MANO DE OBRA DE LAS REPARACIONES

Se asume que:

- El valor de la mano de obra de las reparaciones representa un 30% del costo de la amortización del equipo.

Por lo tanto: $(MOR) = 0,3 (A)$

En donde:

$(MOR) =$ Costo horario de la mano de obra de las reparaciones del equipo, expresado como un % del costo de adquisición de dicho equipo en miles de sucres.

$(A) =$ Costo horario de la amortización del equipo mecanizado.

5. COSTO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE, LUBRICANTES, TANQUEO Y SERVICIO DE LUBRICACION.

Para motores a:

- DIESEL (CLFD)

a) Costo del consumo de diesel: $0,1014 \text{ Lt/HP/hora} \times \text{S}/.13,75$
 $= \text{S}/.1,394/\text{HP/hora}.$

- GASOLINA (CLFG)

a) Costo del consumo de gasolina:
 $0,1522 \text{ Lt/HP/hora} \times \text{S}/.22,5 =$
 $\text{S}/.3,425/\text{HP/hora}.$

- DIESEL ó GASOLINA

- b) Costo de consumo de aceite motor : $0,0023 \text{ Lt/HP/hora} \times \text{S}/.300 = \text{S}/.0,690/\text{HP/hora}.$
- c) Costo del consumo de aceite hidráulico : $0,0005 \text{ Lt/HP/hora} \times \text{S}/.300 = \text{S}/.0,150/\text{HP/hora}.$
- d) Costo del consumo de aceite de transmisión : $0,0008 \text{ Lt/HP/hora} \times \text{S}/.345 = \text{S}/.0,276/\text{HP/hora}.$
- e) Costo del consumo de grasa. : $0,00034 \text{ Kg/HP/hora} \times \text{S}/.800 = \text{S}/.0,272/\text{HP/hora}.$
- f) Filtros, servicio de tanqueo y lubricación. : $20\% \text{ de a) + b) + c) + d) + e):$
 A Diesel = $\text{S}/.0,556/\text{HP/hora}.$
 A gasolina = $\text{S}/.0,963/\text{HP/hora}.$

Suman a) + b) + c) + d) + e) + f):

$$\text{A Diesel} = \text{S}/.3,338/\text{HP/hora}$$

$$\text{A gasolina} = \text{S}/.5,776/\text{HP/hora}$$

$$\text{Es decir que: (CLFD)} = \frac{3,338/\text{HP/hora}}{\frac{c}{1000}} \times 100$$

$$\text{(CLFG)} = \frac{5,776/\text{HP/hora}}{\frac{c}{1000}} \times 100$$

$$\text{O sea: (CLFD)} = \frac{333.800 \text{ (HP)}}{c}$$

$$\text{(CLFG)} = \frac{577.600 \text{ (HP)}}{c}$$

En donde:

(CLFD) ó

(CLFG) = Costo horario del consumo de combustible (diesel o gasolina), lubricantes, filtros, servicio

de tanqueo y lubricación, expresado como un -
porcentaje de (c), en miles de sucres.

(HP) = Número de caballos de fuerza del motor.

(C) = Costo de adquisición del equipo mecanizado, en
sucres.

6. COSTO DEL CONSUMO DE LLANTAS (LL)

Se considera un 5% de recargo al costo de adquisición de
las llantas para cubrir el valor de las reparaciones.

Por lo tanto:

$$(LL) = \frac{1,05 \text{ (Costo de las llantas)}}{\frac{C}{1000}} \times 100$$

$$(LL) = \frac{105.000 \text{ (Costo de las llantas)}}{C \text{ (N}^\circ \text{ de horas de duración)}}$$

En donde:

(LL) = Costo horario del consumo de llantas.

(C) = Costo de adquisición del equipo mecanizado en sucres.

El costo horario de operación del equipo mecanizado de indica

en la siguientes forma:

Costo horario de operación : $(R) + (MOR) + (CLF) + (LL)$

Costo horario del equipo mecani-
zado. : Costo horario de propiedad +
Costo horario de operación.

Por lo tanto:

Costo horario del equipo mecani-
zado. : $(A) + (ISM) + (R) + (MOR) + (CLF) + (LL)$.

El costo horario del equipo mecanizado está expresado como
% del costo de adquisición (C), en miles de sucres.

Ejemplo: Mezcladora de hormigón

$$C = 614.820$$

$$VE = 4000$$

$$\text{Costo de llantas} = 2200$$

$$HP = 7$$

$$h = 1800$$

Utilizando las fórmulas correspondientes se tiene:

$$\text{Amortización} \quad (A) = 22,34 \%$$

In terés, seguro, matrícula	(ISM) =	10,11 %
Repuestos	(R) =	24,21 %
Mano de obra de reparaiones	(MOR)=	6,70 %
Consumo combustibles, lubricación, filtros.	(CLFG)=	4,44 %
Costo del consumo de llantas	(LL) =	<u>0,35 %</u>
	Suman	= 68,15 %

Costo horario = 68,15% x 614.820 = 418.999,83 miles/hora

Costo horario = 418,99 S./hora.



BIBLIOTECA

A N E X O N º 4

DIAGRAMA PERT/CPM DE LA PROGRAMACION DEL PROYECTO DE CONSTRUCCION DE LA S/E MACHALA.

El plano que contiene dicho diagrama se encuentra ubicado en un bolsilo de la pasta porterior de ésta Tesis.

FORMULARIO PARA ACTUALIZACION DE PROYECTOS

Estado del proyecto a la finalización del día:

Actividades terminadas (Completas)

Nº	ACTIVIDAD	FECHA DE COMIENZO	FECHA DE FINALIZAC.	DURACION REAL	COSTO REAL
----	-----------	-------------------	---------------------	---------------	------------

Actividades en proceso

Nº	ACTIVIDAD	FECHA DE COMIENZO	DURACION A LA FECHA	T. ESTIMADO PARA COMEN	COSTO A LA FECHA
----	-----------	-------------------	---------------------	------------------------	------------------

Cambios de lógica en la red:

Adición de actividades:

Supresión de actividades:

INDICES DE EQUILIBRIO META/COSTO O TIEMPO/COSTO

EJEMPLOS DE APLICACION

1. EL STATUS INDEX

1.1. EXPRESION MATEMATICA

$$SI = \frac{\text{Duración real}}{\text{Duración Programada}} \times \frac{\text{Presupuesto}}{\text{Gasto real}}$$

1.2. APLICACION

Una actividad de un Proyecto está programada para ser terminada en 30 días, con un presupuesto igual a S/.60.000,00. Se verifica que, en una cierta fecha, el progreso realizado corresponde a 20 días y el gasto real fue de S/.40.000,00. El "status index" es:

$$SI = \frac{20}{30} \times \frac{60.000}{40.000} = 1,00$$

El resultado indica que, aunque el Proyecto se haya retrasado con relación a lo programado, existe un equilibrio entre el progreso real y el costo real.

Si para el mismo gasto de S/.40.000,00 tuviéramos un progreso realizado correspondiente a 25 días, el "status index" sería:

$$SI = \frac{25}{30} = \frac{60.000}{40.000} = 1,25$$

El resultado indica que, aunque el Proyecto esté retrasado con relación a lo programado, el progreso realizado fue obtenido con economías sobre el presupuesto.

Ahora, por ejemplo, si el progreso real es de 20 días, con un gasto real de S/.50.000 el "status index" sería:

$$SI = \frac{20}{30} = \frac{60.000}{50.000} = 0,80$$

El resultado indica un retraso en el Proyecto con relación a lo programado y además un costo que sobrepasa el presupuesto.

2. EL INDICE DE RESULTADOS

2.1. EXPRESION MATEMATICA

$$IR = \frac{\text{Meta física ejecutada}}{\text{Meta física programada}} \times \frac{\text{Presupuesto}}{\text{Gasto real}}$$

2.2. APLICACION

En los cuadros que se presentan a continuación, se indican las dos situaciones de metas físicas programadas y ejecutadas

de un proyecto. Se trata de metas cuya duración es de un año y las fechas de control son trimestrales.

METAS FISICAS TRIMESTRALES PROGRAMADAS

ACTIVIDAD	1º	2º	3º	4º
Meta física	10%	20%	40%	30%
Presupuesto	30.000	20.000	15.000	35.000

METAS FISICAS TRIMESTRALES EJECUTADAS

ACTIVIDAD	1º	2º	3º	4º
Meta física	5%	25%	50%	20%
Presupuesto	30.000	25.000	10.000	35.000

Los índices de resultados calculados a partir de la fórmula propuesta, para los cuatro trimestres, están indicados a continuación:

$$IR_1 = \frac{5}{10} = \frac{30.000}{30.000} = 0,50$$

$$IR_2 = \frac{25}{20} = \frac{20.000}{25.000} = 1,00$$

$$IR_3 = \frac{50}{40} = \frac{15.000}{10.000} = 1,88$$

$$IR_4 = \frac{20}{30} = \frac{35.000}{35.000} = 0,67$$

Los valores calculados indican:

$IR_1 = 0,50$. En el primer trimestre solamente 50% de la meta física fue alcanzada para el gasto programado; o se gastó el doble para la meta física alcanzada.

$IR_2 = 1,00$. En el segundo trimestre se gastó más que lo programado, pero se alcanzó una meta física compatible con el gasto.

$IR_3 = 1,88$. En el tercer trimestre la meta física alcanzada sobrepasó la programada, con un gasto real por debajo de lo previsto.

$IR_4 = 0,67$. En el cuarto trimestre la meta física alcanzada estuvo muy por debajo de lo previsto, aunque los gastos se igualarán a lo programado.

3. EL INDICE DE RESULTADOS ACUMULADOS

3.1. EXPRESION MATEMATICA

$$IR_A = \frac{\text{Metas físicas ejecutadas}}{\text{Metas físicas programadas}} \times \frac{\text{Presupuesto metas}}{\text{Gastos reales metas}}$$

3.2. APLICACION

Considerando el ejemplo anterior, se calcularán los índices acumulados para los cuatro trimestres o a la fecha de control.

$$IR_{A1} = \frac{5}{10} \times \frac{30.000}{30.000} = 0,500$$

$$IR_{A2} = \frac{5 + 25}{10 + 20} \times \frac{30.000 + 20.000}{30.000 + 25.000} = 0,909$$

$$IR_{A3} = \frac{5 + 25 + 50}{10 + 20 + 40} \times \frac{30.000 + 20.000 + 15.000}{30.000 + 25.000 + 10.000} = 1,143$$

$$IR_{A4} = \frac{5 + 25 + 50 + 20}{10 + 20 + 40 + 30} \times \frac{30.000 + 20.000 + 15.000 + 35.000}{30.000 + 25.000 + 10.000 + 35.000} = 1,00$$

La interpretación que se debe dar a los índices acumulados es la siguiente:

$IR_{A1} = 0,500$. En el primer trimestre solamente 50% de la meta física fue alcanzada para el gasto programado.

$IR_{A2} = 0,909$. Hasta el final del segundo trimestre hubo, en realidad un progreso real en relación al trimestre anterior, aunque no se haya alcanzado paridad entre lo programado y lo ejecutado.

$IR_{A3} = 1,143$. En el tercer trimestre se sobrepasó el resultado previsto, habiendo conseguido un avance real hasta la fecha de control, sobre las metas físicas programadas, con un costo por debajo de lo previsto.

$IR_{4A} = 1,000$. En el cuarto trimestre, aunque se haya alcanzado una meta física baja, en relación a la programada, se terminó el Proyecto con los recursos disponibles, dentro del plazo previsto.

BIBLIOGRAFIA

1. BIFULCO, J. How to estimate construction costs of electrical power substations, Nueva York, edición 1973.
2. ESPOL: Subestaciones, capítulo N° 6, Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas, folleto ESPOL, 1982.
3. ESPOL: Técnicas de redes y cronogramas, capítulo N° 6, Programación, organización y control para la Administración de Proyectos, 4º Tomo, Curso de Administración de Proyectos de Desarrollo, Programa FONAPRE-BID, Septiembre de 1980.
4. ESPOL: Manual del Usuario para el Programa HTPM, Harvard Software Inc., Littleton - Massachusetts, Febrero 1985.
5. FINK, D. Diseño de Subestaciones, capítulo N° 31, 3º Tomo, Manual Práctico de Electricidad para Ingenieros, Barcelona: Reverté, 1981.
6. GONZALEZ, F. Sistema de Control de Proyectos aplicado a la construcción de una línea de 69 KV, Tesis de Grado, Guayaquil, ESPOL 1980.
7. HENRIOUEZ, B. Selección técnica y económica de los equipos que integran una S/E tipo comercial e industrial, Tesis de Grado, Guayaquil, ESPOL 1982.

8. INECEL: Especificaciones técnicas de subestaciones, volúmen 3-4, Suministro de materiales y construcción de subestaciones concurso SE-P3, Sistema Nacional de Transmisión Fase C, Quito 1984.
9. INECEL: Expansión del Sistema de Transmisión, capítulo N^o 11, Plan Maestro de Electrificación del Ecuador, año 1984-2010, Quito, 1984.
10. INECEL: Manual de Costos horarios de M/O y del equipo mecanizado, Superintendencia de Programación y Control, Quito, Septiembre 1986.
11. INECEL: Sistema Nacional de Transmisión Fase C, Licitación ST/5/C, Tabla de cantidades y precios, Contrato ST/5/C/3, Quito 1985.
12. LAYANA, J. Seminario de Ingeniería de diseño e instalación de Subestaciones de Distribución, folleto ESPOL, 1984.
13. MARTIN, W. Aplicación de las técnicas PERT/CPM a la planificación y control de la construcción, 2da. Edición, Barcelona, 1977.
14. RUIZ, H. Programación, Control y Evaluación de Proyectos con PET/CPM, copia mimeografiada, ESPOL, 1986.

15. SALTOS, G. Curso de Programación y Control de Obras, folleto mimeografiado, Quito, INECCEL, 1984.
16. SUAREZ, S. Costo y tiempo en edificación, 3era. Edición, Limusa, México, 1984.
17. ZADERENKO, S. Sistemas de Programación por Camino Crítico, 3era. Edición, Mitre, Buenos Aires, 1978.



A.F. 142555