

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**PLANEAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE PROCESOS
CONSTRUCTIVOS APLICANDO MODELOS
NDIMENSIONALES**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

DANIEL HUGO BALLENA ROJAS

Lima- Perú

2013

DEDICATORIA

A Dios por la vida y salud.

A mis padres Catalino y Victoria por ser guías.

*A mi compañera y esposa Elizabeth y nuestra hija Dannia
ambas por brindarme paciencia y amor.*

A mis hermanos en especial a Ralph y Rossana.

A mi alma máter la UNI.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento a mi asesor PhD. Ing. Juan Ríos Segura.

También a los amigos que aportaron opiniones.

	Pág.
RESUMEN	5
LISTA DE CUADROS	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	10
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I: SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	14
1.1 SISTEMAS PRODUCTIVOS	15
1.1.1 Partes de un sistema de producción	15
1.1.1.1 <i>Instalaciones</i>	15
1.1.1.2 <i>Sistemas de apoyo</i>	15
1.1.2 Modelos para la producción	16
1.1.2.1 <i>Modelo pseudo-físico</i>	16
1.1.2.2 <i>Modelo esquemático</i>	16
1.1.2.3 <i>Modelo matemático</i>	16
1.1.3 Características de los sistemas de producción	17
1.1.3.1 <i>Sistema empujar</i>	17
1.1.3.2 <i>Sistema jalar</i>	18
1.2 METODOS DE PRODUCCIÓN	19
1.2.1 Método de producción en serie	19
1.2.2 Método de producción en paralelo	21
1.2.3 Método de producción en cadena	22
1.2.3.1 <i>Cadena de construcción rítmica</i>	23
1.2.3.2 <i>Cadena de construcción rítmica múltiple sin nivelación</i>	24
1.2.3.3 <i>Cadena de construcción rítmica múltiple con nivelación</i>	25
1.2.3.4 <i>Cadena de construcción arrítmica</i>	26
1.2.3.5 <i>Cadena de objeto</i>	27
1.2.3.6 <i>Ventajas de los métodos en cadena</i>	28
1.2.3.7 <i>Desventajas de los métodos en cadena</i>	28
1.2.4 Tecnologías de software en la actualidad	29

CAPÍTULO II: PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN Y PROGRAMACIÓN	31
2.1 PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN	32
2.1.1 Objeto de construcción	32
2.1.2 Parámetros de producción tecnológicos	33
2.1.2.1 Cadenas de construcción	33
2.1.2.2 Procesos de construcción	33
2.1.2.3 Volúmenes de trabajo	35
2.1.2.4 Productividad del trabajo	35
2.1.2.5 Recursos de producción	36
2.1.3 Parámetros de producción espaciales	37
2.1.3.1 Sectorización	39
2.1.3.2 Zona	40
2.1.3.3 Bloque	40
2.1.3.4 Piso	41
2.1.3.5 Unidades de producción	41
2.1.3.6 Frente de trabajo	42
2.1.3.7 Secuencia de producción	42
2.1.4 Parámetros de producción del tiempo	45
2.1.4.1 Módulo de ciclicidad	45
2.1.4.2 Factor de ciclicidad	45
2.1.4.3 Duración de proceso en unidad de producción	45
2.1.4.4 Ritmo de cadena particular	46
2.1.5 Parámetros de producción restrictivos	47
2.2 PARÁMETROS DE PROGRAMACIÓN	47
2.2.1 Potenciales de Roy	47
2.2.2 Precedencias Mejoradas	48
2.2.2.1 Cálculos hacia adelante	48
2.2.2.2 Cálculos hacia atrás	50
2.2.3 Holguras	52
2.2.3.1 Holgura total de una tarea	52
2.2.3.2 Holgura libre de una tarea	52

CAPÍTULO III: MODELOS nD	53
3.1 CONCEPTOS	54
3.2 PROGRESO DE MODELOS nD	55
CAPÍTULO IV: PROBLEMA E HIPÓTESIS	58
4.1 PROBLEMA ANALIZADO	59
4.2 HIPÓTESIS DE SOLUCIÓN	62
CAPÍTULO V: ESTRUCTURA nD PROPUESTA	63
5.1 ESTRUCTURA nD GENERAL	64
5.2 INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN	68
5.2.1 Selección del lenguaje de programación.	68
5.2.2 Macros.	69
CAPÍTULO VI: ESTRUCTURA DE MODELOS nD	70
6.1 ESTRUCTURA nD NORMAL TECNOLÓGICA	71
6.2 ESTRUCTURA nD CADENAS DE PRODUCCIÓN	73
6.2.1 Tiempos tecnológicos y amortiguadores	74
6.2.2 Recursos	75
6.2.3 Línea de balance	76
6.3 ESTRUCTURA nD CICLOGRAMA CAD	81
6.4 ESTRUCTURA nD CALENDARIZACIÓN	85
6.5 ESTRUCTURA nD SIMULACIÓN CAD	88
6.5.1 Tipo trazado Cadenas	88
6.5.2 Tipo trazado Gantt	89
6.5.3 Tipo trazado Trenes de actividades	90
CAPÍTULO VII: RESULTADOS	91
7.1 APLICACIÓN A UNA EDIFICACION	92
7.1.1 Objeto de construcción	92
7.1.1.1 Ubicación del objeto	92
7.1.1.2 Descripción del objeto	92
7.1.2 Parámetros de producción tecnológicos	93
7.1.2.1 Cadenas de construcción	93
7.1.2.2 Procesos de construcción y volumen de trabajo	93

7.1.2.3 Recursos de construcción	93
7.1.3 Parámetros de producción espaciales	95
7.1.4 Parámetros de tiempo	95
7.1.5 Parámetros de producción restrictivos	95
7.1.6 Resultados de la planeación productiva	97
7.1.6.1 Obtención de ciclogramas automatizados	98
7.1.6.2 Obtención de trenes no convencionales de actividades	98
7.1.7 Actualización del modelamiento de sistemas de producción para la construcción.	98
CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
8.1 CONCLUSIONES	101
8.2 RECOMENDACIONES	103
BIBLIOGRAFÍA	104
ANEXOS	106
ANEXO 1 – MANUAL DE OPERACIONES DEL PROTOTIPO DE SOFTWARE.	A-1
ANEXO 2 – CÓDIGO FUENTE	A-48
ANEXO 3 – OBJETO DE CONSTRUCCIÓN	A-74
ANEXO 4 – PLANOS DE APLICACIÓN	A-87

RESUMEN

La investigación está orientada a la obtención de modelos dimensionales que integren y optimicen variables del planeamiento de la producción de procesos de construcción, con el empleo de diversas variables informáticas hasta la obtención de una tecnología de software.

La causa principal es atender problemas organizativos en los proyectos de construcción que cada vez son más complejos, limitados en tiempo, en costos, en interferencias de campo y en limitados usos de recursos de producción, lo que desnuda deficiencias en organización óptima de recursos por frentes, sectores o en todo el proyecto cuando se emplean herramientas clásicas para planeación y programación de largo y corto plazo, antes y durante la ejecución.

La forma de enfrentar el problema era dejar de lado métodos conocidos como son las barras Gantt y las redes CPM (Método Ruta Crítica) que emplean PDM (Método de Precedencias Mejoradas) y que son usadas alrededor del mundo por las plataformas de software comerciales para planeamiento de proyectos, entonces se busca dirigir la atención hacia conceptos de TPC (Teoría de Producción en Cadenas) con sus herramientas ciclogramas y obtener su modelación informática debido a la escasez de plataformas que manejen este tipo de teorías.

Los logros de la investigación han sido satisfactorios y ya se pueden hacer en nuestro país modelaciones avanzadas con TPC sobre propias plataformas informáticas que soporten situaciones de interferencias o discontinuidades en frentes, divisiones desiguales, distintos ritmos y arrítmicas de cuadrillas, balances de pocos o múltiples recursos y cambios de secuencias de ejecución, que son casos realistas ocurriendo en obras principalmente de infraestructuras civiles y mineras que son las de mayor variabilidad a diferencia de edificios.

Otro logro es la dinámica del trazo de *ciclogramas complejos*, y también el diseño y trazo de *trenes de actividades* cuya elaboración actual es sólo aritmética, lineal y estática sobre Excel por orientarse casi siempre a edificios. Con estos modelos entonces, se logra por primera vez también dinamizar los trenes de actividades convencionales y no convencionales en general.

LISTA DE CUADROS

		Pág.
Cuadro N°6.1:	Datos para normal tecnológica.	72
Cuadro N°6.2:	Estimación de cuadrillas para realizar balance.	76
Cuadro N°7.1:	Procesos operacionales y volúmenes.	95
Cuadro N°7.2:	Actualización del modelamiento de sistemas de producción para la construcción.	99

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°1.1: Característica <i>Push</i> en los sistemas de producción.	17
Figura N°1.2: Característica <i>Pull</i> en los sistemas de producción.	18
Figura N°1.3: Procesos en serie dentro de túnel confinado.	20
Figura N°1.4: Esquema de producción en serie.	20
Figura N°1.5: Esquema de producción en paralelo.	21
Figura N°1.6: Esquema de producción en cadena.	22
Figura N°1.7: Esquema de producción en cadena rítmica.	23
Figura N°1.8: Esquema de producción en cadena rítmica múltiple sin nivelación.	24
Figura N°1.9: Esquema de producción en cadena rítmica múltiple con nivelación.	25
Figura N°1.10: Esquema de producción en cadena arrítmica.	26
Figura N°1.11: Cadena de objeto con cadenas de construcción de igual cantidad de unidades de producción.	27
Figura N°1.12: Cadena de objeto con cadenas de construcción de distintas cantidades de unidades de producción.	28
Figura N°1.13: Ciclograma del edificio VORAUSSETZUNGEN.	29
Figura N°1.14: Ciclograma del VICO Software.	30
Figura N°2.1: Clasificación de objetos de construcción.	32
Figura N°2.2: División de procesos de producción.	34
Figura N°2.3: Curva de productividad.	35
Figura N°2.4: Objeto de construcción sin división espacial.	38
Figura N°2.5: División de un objeto de construcción, particionado por las juntas de dilatación.	38
Figura N°2.6: Sectorización de un objeto de construcción.	39
Figura N°2.7: División espacial de bloques dentro de zonas.	40
Figura N°2.8: Esquema de unidades de producción m para objetos lineales.	41
Figura N°2.9: Esquema de unidades de producción m para objetos concentrados.	41
Figura N°2.10: Autopista elevada. Frente de trabajo abierto.	42
Figura N°2.11: Alternativas de secuencia de unidades de producción m.	43

Figura N°2.12: Esquemas de secuencias espaciales.	44
Figura N°2.13: Módulo y Factor de Ciclicidad.	45
Figura N°2.14: Ritmo de una cadena rítmica y arrítmica.	46
Figura N°2.15: Representación de los vértices en una red.	47
Figura N°2.16: Sucesos tempranos de actividad PRECEDENTE.	48
Figura N°2.17: Cálculos Forward Pass.	49
Figura N°2.18: Sucesos tardíos de actividad PRECEDENTE.	50
Figura N°2.19: Cálculos Back Pass.	51
Figura N°3.1: Salones “iRoom” del CIFE (Center for Integrated Facility Engineering).	55
Figura N°3.2: Evolución de la modelación nD.	56
Figura N°4.1: Formas clásicas para esquematizar planes de proyectos de construcción.	59
Figura N°5.1: Diferentes variables dimensionales para informática.	64
Figura N°5.2: Estructura nDimensional propuesta.	65
Figura N°5.3: Flujograma del modelo dimensional informático.	66
Figura N°5.4: Algoritmo general de las cadenas de construcción.	67
Figura N°5.5: Objetos empleados en lenguajes de programación visual.	69
Figura N°6.1: Algoritmo para una estructura nD Normal Tecnológica.	71
Figura N°6.2: Estructura de cadena particular de construcción.	73
Figura N°6.3: Algoritmo para tiempos tecnológicos entre procesos.	74
Figura N°6.4: Algoritmo para recursos de procesos.	75
Figura N°6.5: Serie de procesos no balanceados y con acercamiento crítico.	76
Figura N°6.6: Franjas diagonales durante el balance de cuadrillas.	77
Figura N°6.7: Modelo ficticio de cadena de construcción rítmica.	78
Figura N°6.8: Algoritmo para cadena de producción balanceada.	79
Figura N°6.9: Líneas de balance en la nivelación de recursos.	80
Figura N°6.10: Ciclograma con un sólo eje vertical de variables “m” iguales y numéricamente ordenados.	81
Figura N°6.11: Ciclograma con ejes verticales de variables “m” distintas y numéricamente ordenados.	82
Figura N°6.12: Ciclograma con varios ejes verticales de variables “m”, “a”, “b” y “z” ordenados.	82

Figura N°6.13: Ciclograma con varios ejes verticales de variables “m”, “a”, “b” y “z” con redistribución interna de la secuencia de ejecución.	83
Figura N°6.14: Tiempo total de cadena objeto.	84
Figura N°6.15: Inserción de un día no laborable al ciclograma.	86
Figura N°6.16: Inserción de dos días no laborable al ciclograma.	86
Figura N°6.17: Inserción de tres días no laborable al ciclograma.	87
Figura N°6.18: Control del tipo trazado cadenas.	88
Figura N°6.19: Transformación del ciclograma a barras Gantt.	89
Figura N°6.20: Transformación del ciclograma hacia trenes de actividades.	90
Figura N°7.1: Mapa de ubicación de objeto de aplicación.	92

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

SÍMBOLOS

a:	Cantidad de pisos.
b:	Cantidad de bloques.
c:	Factor de ciclicidad.
d:	Duración de una actividad.
K*:	Inversa del ritmo de la línea de balance.
K:	Duración de proceso en una unidad de producción.
k:	Módulo de ciclicidad del tiempo.
m:	Cantidad de unidades de producción.
n:	Cantidad de procesos productivos o cadenas particulares.
N:	Número de cuadrillas en proceso constructivo.
p:	Volumen de trabajo del proceso.
t:	Duración de cadena particular o proceso.
T:	Tiempo de la cadena de construcción.
T_1 :	Duración total de producción en serie.
T_2 :	Duración total de producción en paralelo.
T_3 :	Duración total de producción en cadena.
Tca:	Tiempo calendario de cadena objeto.
Tco:	Tiempo de cadena objeto.
to:	Tiempo organizativo.
Tspt:	Tiempo de salida del producto terminado.
Tspt _{co} :	Tiempo salida del producto terminado cadena objeto.
tTo:	Tiempo tecnológico.
v:	Ritmo nivelador de la línea de balance de una cadena particular.
z:	Cantidad de zonas.
τ :	Tiempo del ciclo tecnológico de la cadena de construcción.
τ_{co} :	Tiempo del ciclo tecnológico de la cadena objeto.

SIGLAS

CAD:	Diseño Asistido por Computadora.
CC:	Cadena de Construcción.
CNC:	Control Numérico Computarizado.
CO:	Cadena de objeto.
CP:	Cadena Particular o proceso de construcción.
CPM:	Método de Ruta Crítica.
EF:	Early Finish (Fin Temprano).
ES:	Early Start (Inicio Temprano).
FT:	Frente de trabajo.
HL:	Holgura libre.
HT:	Holgura total.
Lag:	Retraso, retardo, traslape.
LF:	Late Finish (Fin Tardío).
LOB:	Line of Balance (Línea de Balance).
LS:	Late Start (Inicio Tardío).
nD:	nDimensional
PDM:	Método de Precedencias Mejoradas.
TGS:	Teoría General de Sistemas.
TILOS:	Software Location Time.
TPC:	Teoría de Producción en Cadena.
VB:	Visual Basic.
VBA:	Visual Basic para Aplicaciones.
VICO:	Virtual Construction.

INTRODUCCIÓN

La elaboración de planes y programaciones basados en *Teorías de Producción en Cadenas* dentro del país ha sido entendida, pero aplicado muy lentamente o de forma esporádica en el transcurso de los años, debido principalmente al grado de interpretación científica que se le puede dar, o al olvido por la no aplicación de quienes lo aprendieron conceptualmente en su momento, además de la escasez o nula existencia de tecnologías de software con plataformas usando ciclogramas enmarcados bajo estos fundamentos, que agilicen su empleabilidad.

En países europeos principalmente en Alemania se han adecuado estas teorías para la planeación de proyectos, específicamente de construcción, ya que hay evidencias tecnológicas que muestran su aplicabilidad en la organización de múltiples recursos de obras de infraestructuras.

Es por ello el interés de profundizar en estas teorías y llegar al objetivo haciendo ensayos de refinamiento prueba – error con modelos informáticos para apreciar el potencial y flexibilidad guardada dentro de estos conceptos matemáticos científicos, para mejorar la gestión de la producción en construcción.

Es así que el CAPÍTULO I: SISTEMAS DE PRODUCCIÓN, da una visión general haciendo ver las características y métodos de los sistemas de producción donde se toca también extractos de las cadenas de construcción parte fundamental en la *Teoría de Producción en Cadena* (TPC).

En el CAPÍTULO II: PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN Y PROGRAMACIÓN, se hace un repaso de los principales conceptos de parámetros empleados por TPC, además se muestra los parámetros de programación empleados por los métodos clásicos.

En el CAPÍTULO III: MODELOS nD, se conceptualiza los modelos dimensionales de múltiples variables que pueden convertirse hacia una tecnología de software.

En el CAPÍTULO IV: PROBLEMA E HIPÓTESIS, se hace un análisis resumido del problema y sus antecedentes investigados para poder formular una hipótesis de solución.

En el CAPÍTULO V: ESTRUCTURA nD PROPUESTA, se presenta las propuestas generales como flujogramas para esquematizar el funcionamiento del modelo dimensional.

En el CAPÍTULO VI: ESTRUCTURA DE MODELOS nD, se presenta propuestas de las partes que integran la estructura nD propuesta en el capítulo anterior, enfocados en subestructuras desarrollados a mayor detalle.

En el CAPÍTULO VII: RESULTADOS, se muestra una descripción y resultados obtenidos aplicado a un objeto de construcción real.

En el CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, a los que se ha llegado y que enmarcan comentarios indicando si se cumplió o no el objetivo de la investigación.

Al final lo que se busca es mejorar o complementar vía la creación de tecnologías de software innovar las clásicas formas de esquematizar planeamientos y programaciones de la construcción, como una forma de agregar valor para elevar la productividad, que a futuro se puede traducir en ahorro de tiempos y costos para cliente y constructor.

CAPÍTULO I

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

1.1 SISTEMAS PRODUCTIVOS

El concepto de sistema de producción se basa en la Teoría General de Sistemas (TGS) desarrollada por el científico alemán Von Bertalanffy, y que en esencia es una perspectiva integradora y holística (visión de grupo y no de forma individual). Una de las definiciones de esta teoría dice que, los sistemas son conjuntos de componentes que interactúan unos con otros de tal forma que cada conjunto se comporta como una unidad completa, internamente sus componentes guardan estrechas relaciones entre sí y mantienen al sistema directa o indirectamente unido de modo más o menos estable y cuyo comportamiento global persigue, normalmente, algún tipo de objetivo.

1.1.1 Partes de un sistema de producción

Las dos partes importantes para que un sistema de producción se pueda desarrollar son las que se citan a continuación.

1.1.1.1 Instalaciones

Las instalaciones de producción "tocan" el producto, debido a que comprenden áreas temporales por donde fluirán los componentes de los procesos. Las áreas para el desenvolvimiento del personal y los equipos de producción que entran en contacto físico con las partes conforme estos se fabrican, y el área necesaria para el transporte de los materiales. Se planifica también la distribución del equipo dentro de la fabricación o la disposición de la planta en términos cualitativos y cuantitativos.

1.1.1.2 Sistemas de apoyo

Son los que operan dentro de las instalaciones eficientemente, una compañía debe organizarse, diseñar procesos, administrar equipos y controlar las órdenes de producción para satisfacer los requisitos de calidad del producto. Estas funciones se realizan con los sistemas de apoyo, el personal administrativo y técnico que gestiona los procedimientos mediante los cuales una compañía apoya sus operaciones de producción. La mayoría de estos sistemas de apoyo para la construcción son las áreas de ingeniería, planeamiento, logística, calidad, seguridad y recursos humanos que constantemente deberían estar integrados planificando y controlando para no detener la producción.

1.1.2 Modelos para la producción

Un modelo es una réplica o abstracción de las características para la resolución de algún problema específico. En un modelo se busca interrelacionar variables entre objetivos y restrictivos que no se pueden resolver por medio de soluciones directas debido a su complejidad, a menudo se pueden manejar buscando una solución aproximada por medio de modelos de simulación. La naturaleza del problema indica que tipo de modelos se podría usar o combinar, y aplicarlo a una determinada producción.

1.1.2.1 Modelo pseudo-físico

Son modelos que derivan su utilidad de un cambio de escala, donde los productos a entregar se pueden modelar a una escala más pequeña que sea manipulable. Los problemas de flujo se pueden estudiar a escalas pequeñas, haciendo cambios, previendo o amenguando la afectación de costo, plazo y seguridad cuando sucedan los procesos reales. Necesariamente, muchos microdetalles se pierden en los modelos físicos, estos ya tendrían que gestionarse antes o durante la producción. Algunos modelos físicos son atribuibles a las maquetas, planos en 2D, 3D y el 4D.

1.1.2.2 Modelo esquemático

Son gráficas o diagramas simbólicos de actividades, mapas de rutas y redes nodales. Algunos ejemplos que se encuentran comúnmente incluyen los diagramas de actividades, diagramas de flujos de procesos y gráficas de barras, entre estos se tiene: las barras Gantt, redes CPM / PERT, tablas, flujogramas, ciclogramas y organigramas.

1.1.2.3 Modelo matemático

Son modelos relacionales abstractos, que pueden formularse en una ecuación o relación para representar en forma teórica la modelación pseudo-física y esquemática de un problema, estas idealizaciones si se lograsen, se volverían buenas herramientas para análisis; ya que manipular el efecto de los parámetros o variables interactuantes se apreciaría claramente. Por lo general, cualquier deficiencia debido al empleo de los modelos matemáticos se origina por algún error cometido en las suposiciones básicas y en las teorías sobre las cuales están basadas. El modelo matemático es base para los anteriores modelos.

1.1.3 Características de los sistemas de producción

Existen dos características resaltantes de los sistemas de producción, entre estas se encuentran los sistemas productivos que empujan (Push) y los que jalan (Pull).

1.1.3.1 Sistema empujar (Push)

Esta característica refiere mandar trabajos al sistema de producción sin importar el tamaño o volumen de producción pasando delante de él. Un esquema gráfico se tiene en la figura N°1.1 donde se empujan grandes lotes de producción dentro del sistema sin importar la capacidad de producción de los procesos y la acumulación de inventario en cola durante la secuencia de ensamblado. Esta característica suele notarse en fábricas de piezas pequeñas e idénticas cuyo almacenaje es de grandes cantidades antes de encender la ejecución del siguiente proceso.

En una industria fabril de piezas o componentes de poco peso gravitatorio y donde todo está robotizado en rendimiento, a veces es conveniente tener previamente grandes lotes para no gastar energía en sólo unas cuantas piezas o unidades.

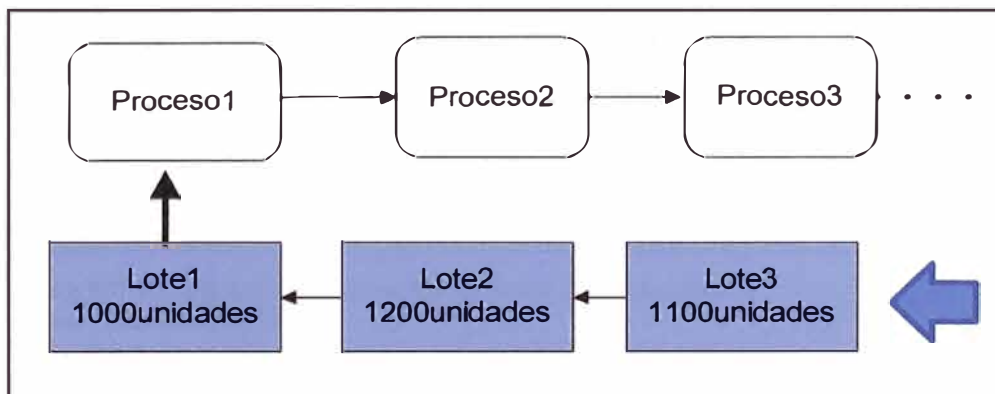


Figura N°1.1 Característica *Push* en los sistemas de producción.
Fuente: Elaboración Propia.

1.1.3.2 Sistema jalar (Pull)

Es una característica derivada del control de la producción desarrollada en Toyota Motor company en Japón, a principios de los años sesenta. Este tipo de control se dio a conocer como el sistema de producción Toyota. El objetivo es proporcionar control sencillo que reduzca el tiempo de entrega y volumen de trabajo en proceso. Este enfoque resalta la habilidad de Toyota para cumplir con la demanda de sus clientes para los diferentes modelos particulares de automóviles con un retraso mínimo de entrega.

En la figura N°1.2, se muestra una producción por lotes pequeños que pasarían más rápidos por cada proceso. Al pasar el tiempo, esta característica evolucionó a un concepto más administrativo. Con frecuencia se le da el nombre de justo a tiempo JIT o sistema JIT que involucra proveedores, control de calidad y el flujo del trabajo. El alcance busca reducir desperdicios de cualquier tipo como inventarios de almacén en cola, mejor control de posibles productos defectuosos y también mejorar los tiempos de entregas.

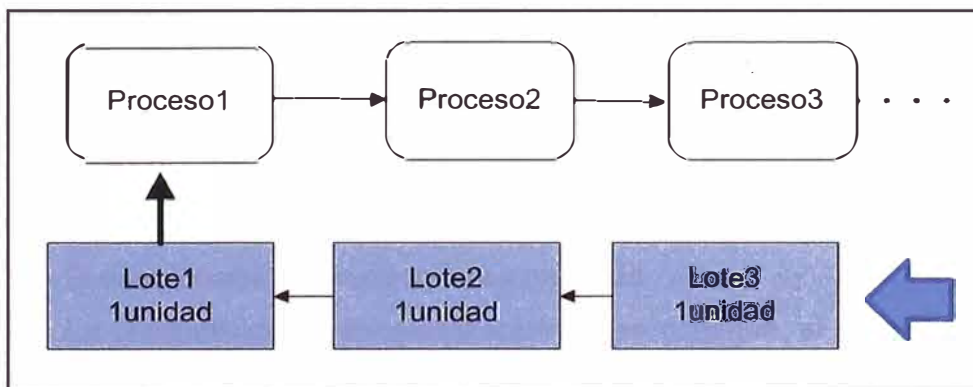


Figura N°1.2 Característica *Pull* en los sistemas de producción.
Fuente: Elaboración Propia.

Entonces, la producción con características *Pull* se vuelve más flexible ya que sugiere la producción por lotes más pequeños según la capacidad, mejora el control en calidad e inventario.

En la industria de la construcción, aún se realizan procesos con la combinación de cuadrillas de personas y equipos en instalaciones no fijas y con tendencia artesanal ello aumenta variabilidades, por ello la característica *Pull* sería lo más recomendable.

1.2 MÉTODOS DE PRODUCCIÓN

Los métodos y parámetros de producción empleados para la presente tesis son extractos breves y específicos de conceptos empleados por países europeos como Alemania y Francia cuya denominación de origen es Teoría de Producción en Cadenas (TPC) nacido por la década de 1920 en la URSS, fue y es empleado en las construcciones hasta la actualidad en países europeos y en Rusia. La conceptualización y formas de entender algunas partes de esta teoría fueron derivándose en el transcurrir de los años, ramificándolo en diversos nombres por varios países como por ejemplo; Línea de Balance (EEUU), Línea de Flujos (EEUU), Tiempo-Camino (Brasil), y Localización - Tiempo (Alemania y Europa). En el Perú, Juan Ríos Segura^{1.1} ha venido difundiendo y aplicando los conceptos originarios TPC.

Estas teorías ayudan a conceptualizar y esquematizar las diversas formas de organizar procesos balanceadamente con sus recursos y sustentados científicamente.

1.2.1 Método de Producción en Serie

Es un método básico cuyas características son:

- El tiempo total de producción es muy alto.
- La productividad y especialización no es continua, si es que no se generan otros frentes de trabajo.
- Los recursos y equipos pasan por diversas esperas.
- Es un caso extremo de producción, debido a que los procesos tecnológicamente deben ser forzosamente en serie, por limitados accesos al frente de trabajo o por la escasez de recursos.

En la figura 1.3 se muestra las actividades dentro de un túnel las cuales están organizadas en un método seriado puro.

^{1.1} PhD. en Tecnología, en el Instituto de Ingeniería y Construcción, Kiev, Ucrania, URSS. Gerente de Ingeniería de JJC Contratistas Generales SA., y profesor principal en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) del Perú. Ha venido difundiendo la Teoría de Producción en Cadenas desde 1972 aplicándolo en diversas construcciones en el país.

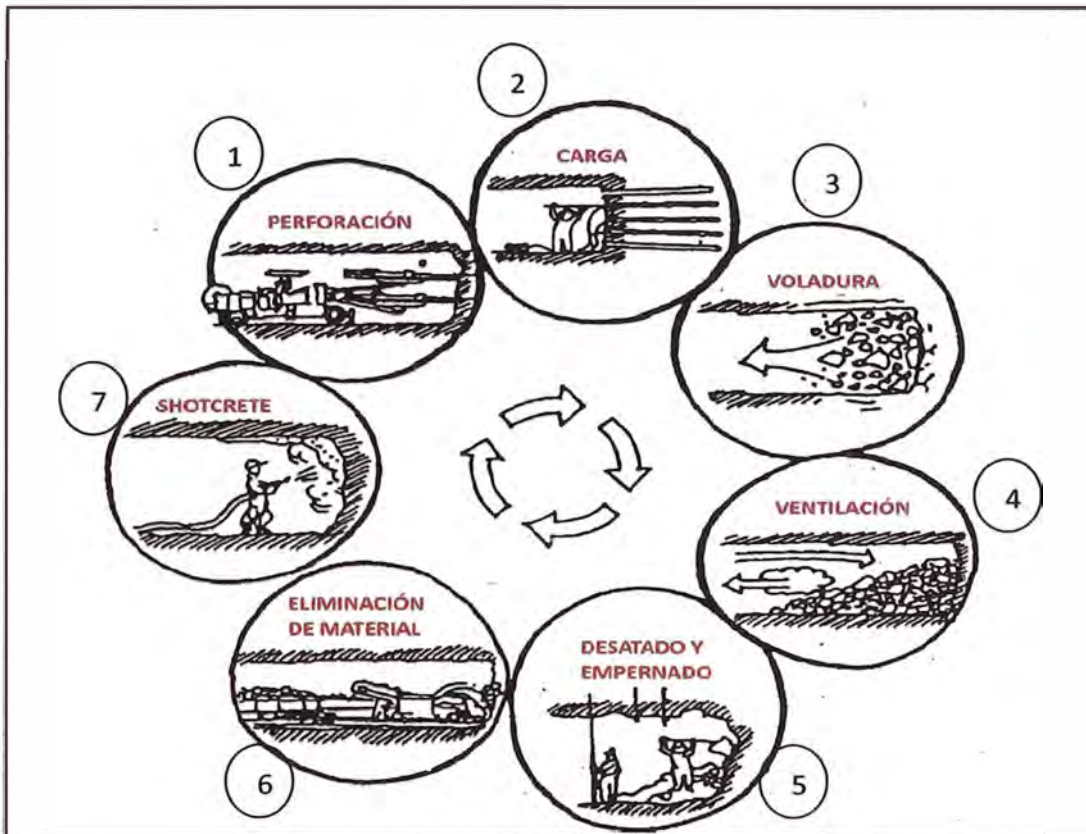


Figura N°1.3 Procesos en serie dentro de túnel confinado.
Fuente: Alfredo Vila Común. Boletín 3, Oct.2009. IIFIC-UNI.

En la figura N° 1.4, se esquematizan diversos procesos distintos en serie en un frente confinado, modelado sobre una herramienta de modelamiento denominado Ciclograma donde el eje horizontal es el tiempo y el eje vertical son las unidades de producción o divisiones espaciales.

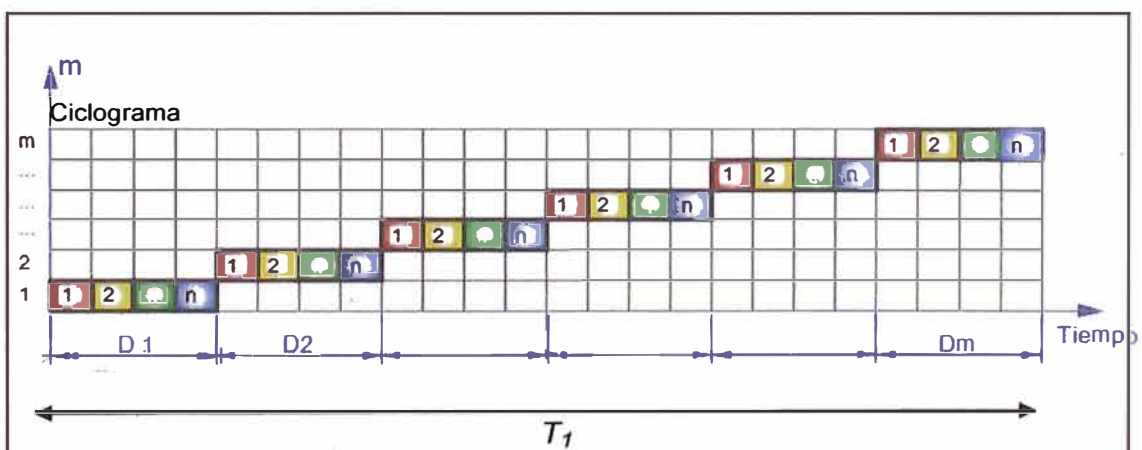


Figura N°1.4 Esquema de producción en serie.
Fuente: Juan Ríos Segura.

Donde el tiempo total estimado en un método en serie es:

$$T_1 = \sum_{j=1}^m D_j$$

Dónde:

j : es el j -ésima unidad de producción.

m : es la cantidad de unidades de producción.

n : es la cantidad de procesos productivos o cadenas particulares.

D_j : duración j -ésima para realizar la j -ésima unidad de producción.

T_1 : duración total de producción en serie.

1.2.2 Método de Producción en Paralelo

Es un método básico cuyas características son:

- El tiempo de producción es el mínimo siendo un caso extremo.
- La productividad y especialización desaparece ya que las cuadrillas no tienen oportunidad de pasar a otro frente de trabajo.
- Se requiere tener gran capacidad de uso de recursos, áreas de transporte y gran almacenaje disponibles en tiempos cortos.
- Durante la producción y administración, los flujos tienen la tendencia de congestionarse.

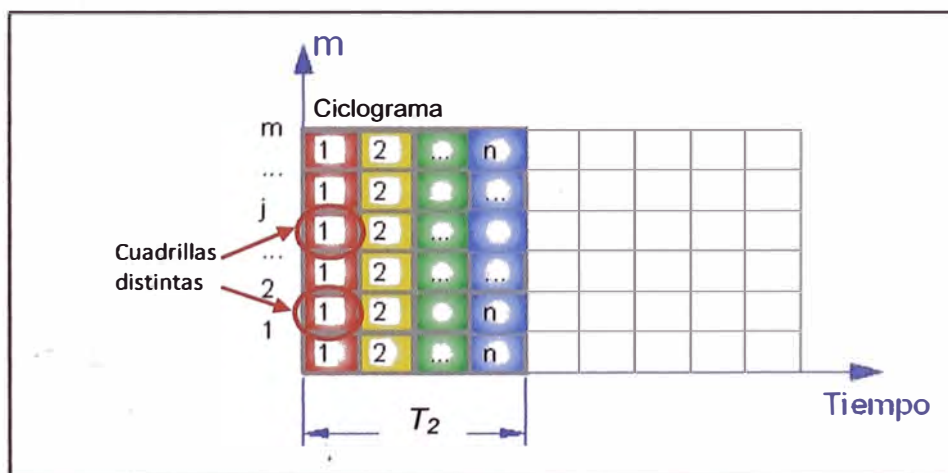


Figura N°1.5 Esquema de producción en paralelo.

Fuente: Juan Ríos Segura.

Dónde:

T_2 : duración de producción en paralelo, es mucho menor que T_1 del método en serie pura.

$$T_2 \ll T_1$$

Es frecuente que empresas constructoras mueven muchos recursos del mismo tipo de forma abrupta o en forma paralela, ello no necesariamente es lo más conveniente.

1.2.3 Método de Producción en Cadena

Es un método cuyos procesos y recursos están distribuidos convenientemente, siendo una combinación intermedia entre el método seriado y método paralelo.

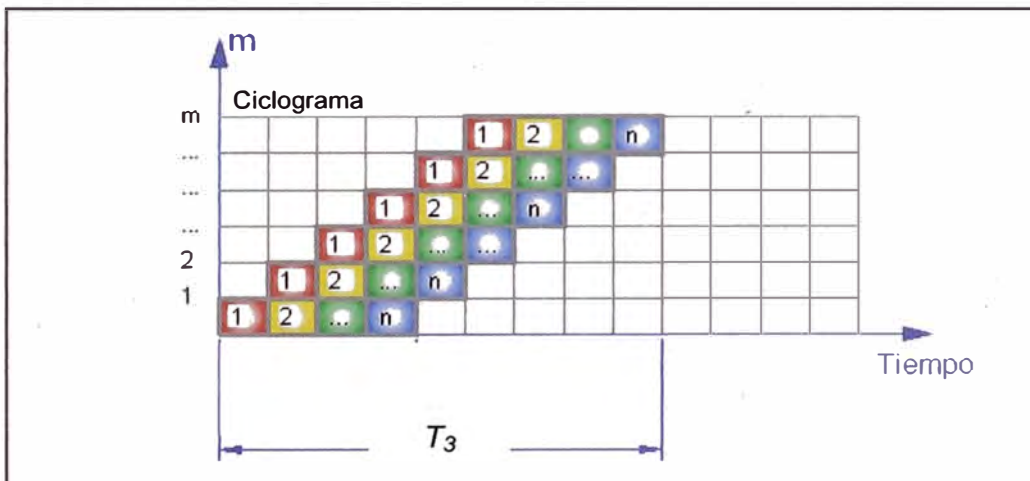


Figura Nº1.6 Esquema de producción en cadena.

Fuente: Juan Ríos Segura.

Dónde:

T_3 : duración total de producción en cadena. Es una duración que se encuentra entre T_1 y T_2 .

$$T_2 < T_3 < T_1$$

1.2.3.1 Cadena de construcción rítmica.

Es una forma de producción para la elaboración de unidades iguales como en la industria manufacturera. En la figura N° 1.7, se esquematiza este caso donde la producción es la más ideal, perfectamente lineal y continua.

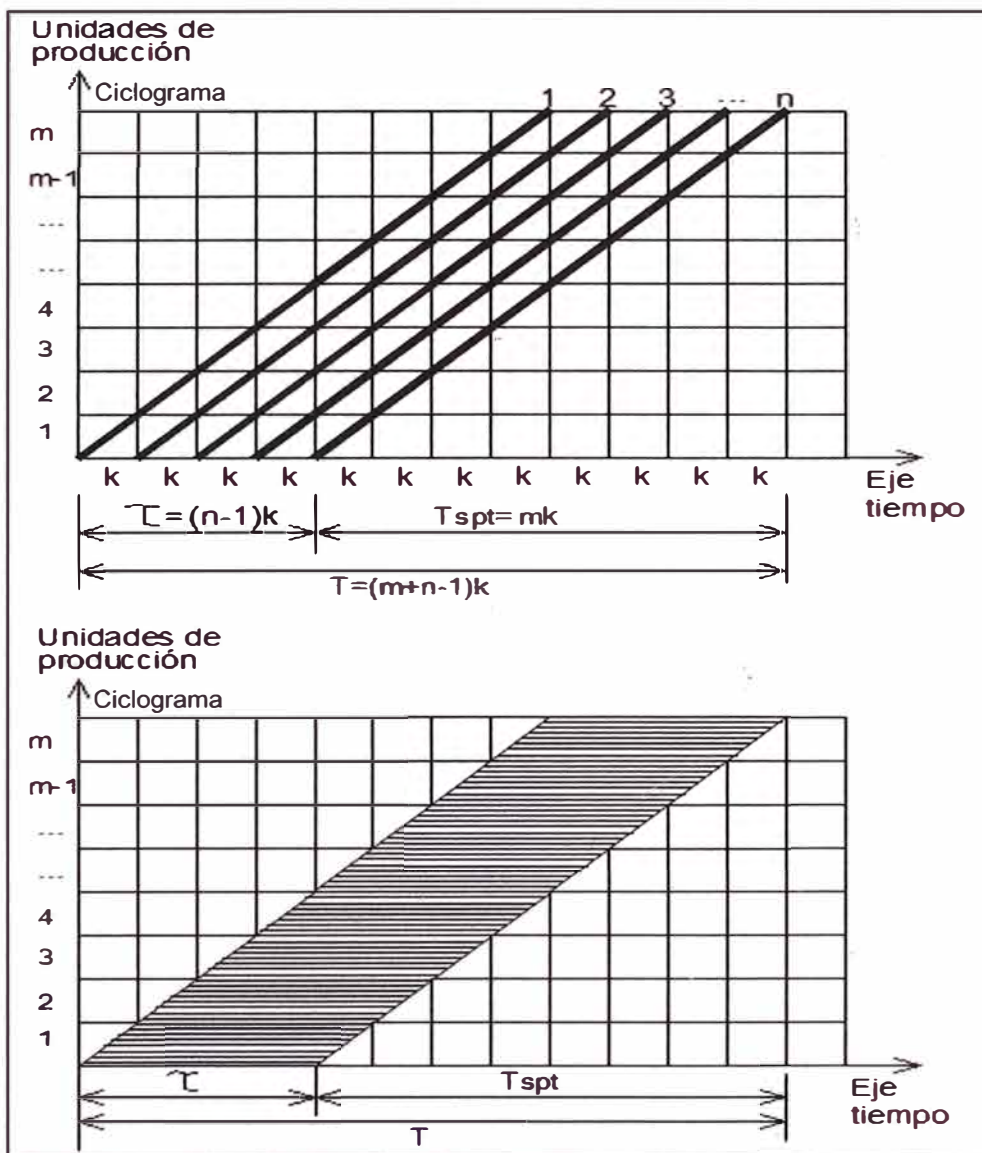


Figura N°1.7 Esquema de producción en cadena rítmica.

Fuente: Adaptado de Juan Ríos Segura.

Dónde:

n: cantidad de procesos en la cadena de construcción.

k: módulo de ciclicidad. En construcción es usual 1 día, aunque puede ser 1 hora, 1 semana, 1 mes o en general 1 unidad de tiempo.

τ : tiempo del ciclo tecnológico de la cadena de construcción.

T_{spt} : tiempo de salida del producto terminado.

1.2.3.2 Cadena de construcción rítmica múltiple sin nivelación.

En la figura N° 1.8, se muestra una forma de producción de ritmo constante en cada proceso, pero de diferentes ritmos entre procesos, estos procesos se han acercado entre ellos pero aún no se ha realizado nivelación o aumento de cuadrillas para cada proceso, la resultante de tiempo total aun es alto.

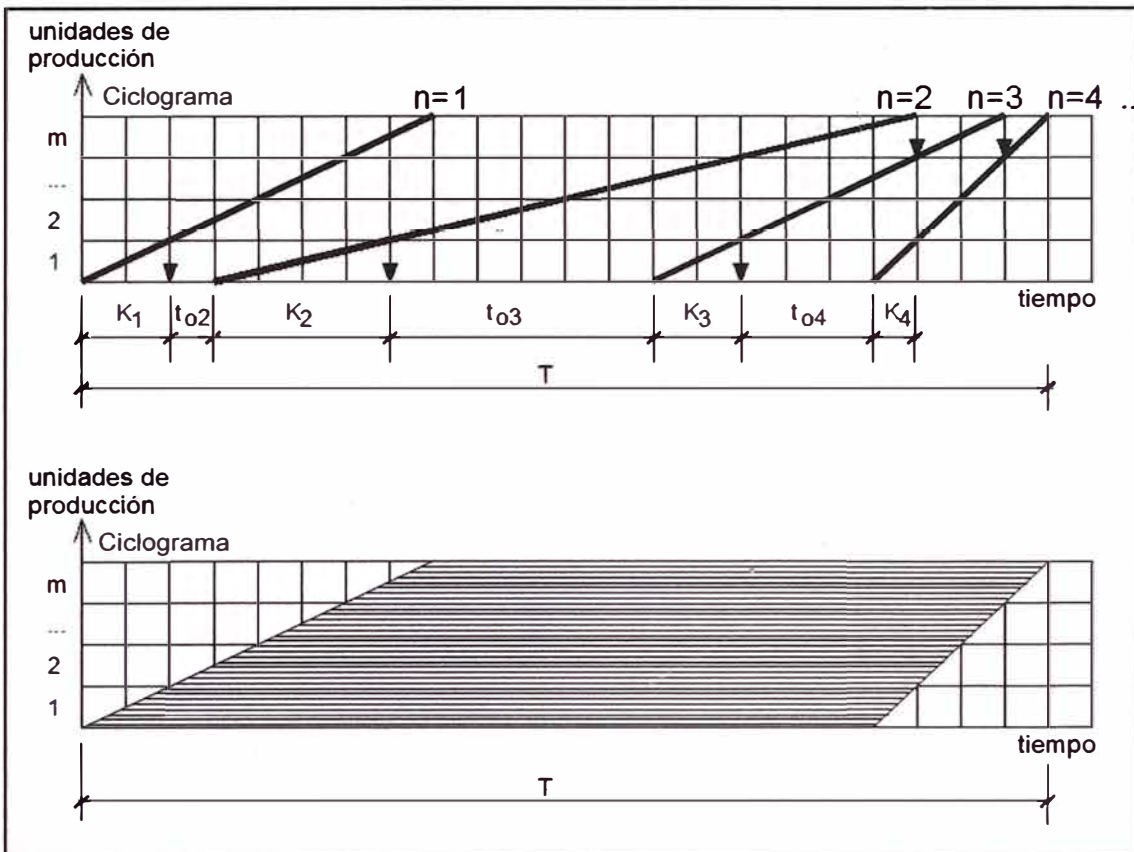


Figura N°1.8 Esquema de producción en cadena rítmica múltiple sin nivelación.

Fuente: Adaptado de Juan Ríos Segura.

Dónde:

K: es la cantidad de módulos de ciclicidad en cada unidad de producción, o la duración de un proceso en una unidad de producción.

t₀: es el tiempo organizativo o espera estratégica antes del inicio de un proceso sucesor.

1.2.3.3 Cadena de construcción rítmica múltiple con nivelación.

En la figura N° 1.9, se muestra una forma de producción de ritmo constante en cada proceso pero de diferentes ritmos entre procesos, estos procesos se han acercado entre ellos con nivelaciones o aumento de cuadrillas en los procesos en la búsqueda de reducir el tiempo total.

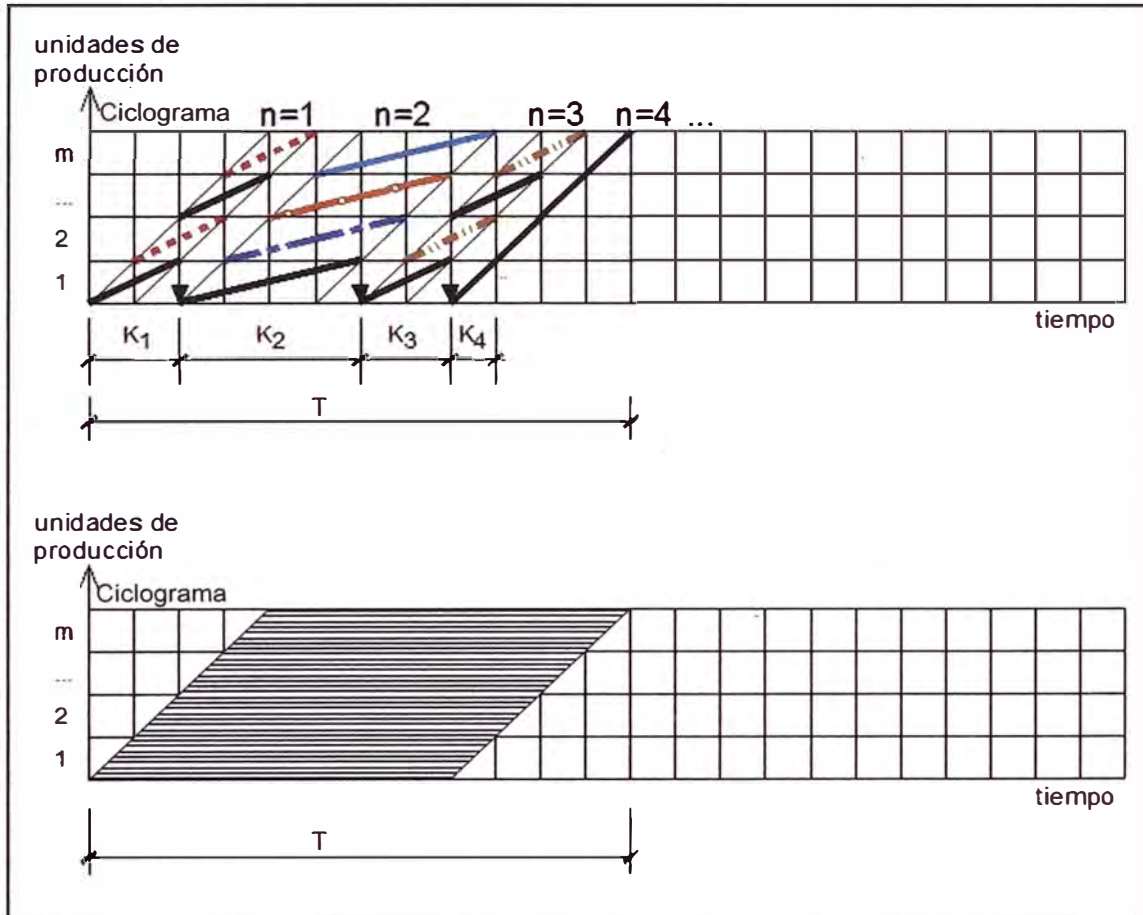


Figura N°1.9 Esquema de producción en cadena rítmica múltiple con nivelación.
 Fuente: Adaptado de Juan Ríos Segura.

1.2.3.4 Cadena de construcción arrítmica.

En la figura N° 1.10, se muestra una forma de producción donde el ritmo ya no es constante en cada proceso, y a su vez no lo es entre los demás procesos pudiendo haber continuidad o discontinuidades (lluvias, problemas de geotecnia, logística, paradas forzadas) en ambos ejes. Esta forma de producción es compleja y más realista, pudiendo conceptualizarse para construcciones civiles y electromecánicas atípicas frecuentes en infraestructuras, distintas a edificios de plantas típicas.

La aparición de líneas quebradas diversas se da generalmente por la dificultad de obtención de tamaño de unidades m casi iguales por temas constructivos, la variabilidad de los metrados en cada unidad m , los distintos ritmos de las cuadrillas para cada proceso o el grado de dificultad del acceso para la elaboración de cada unidad m , entre los más principales.

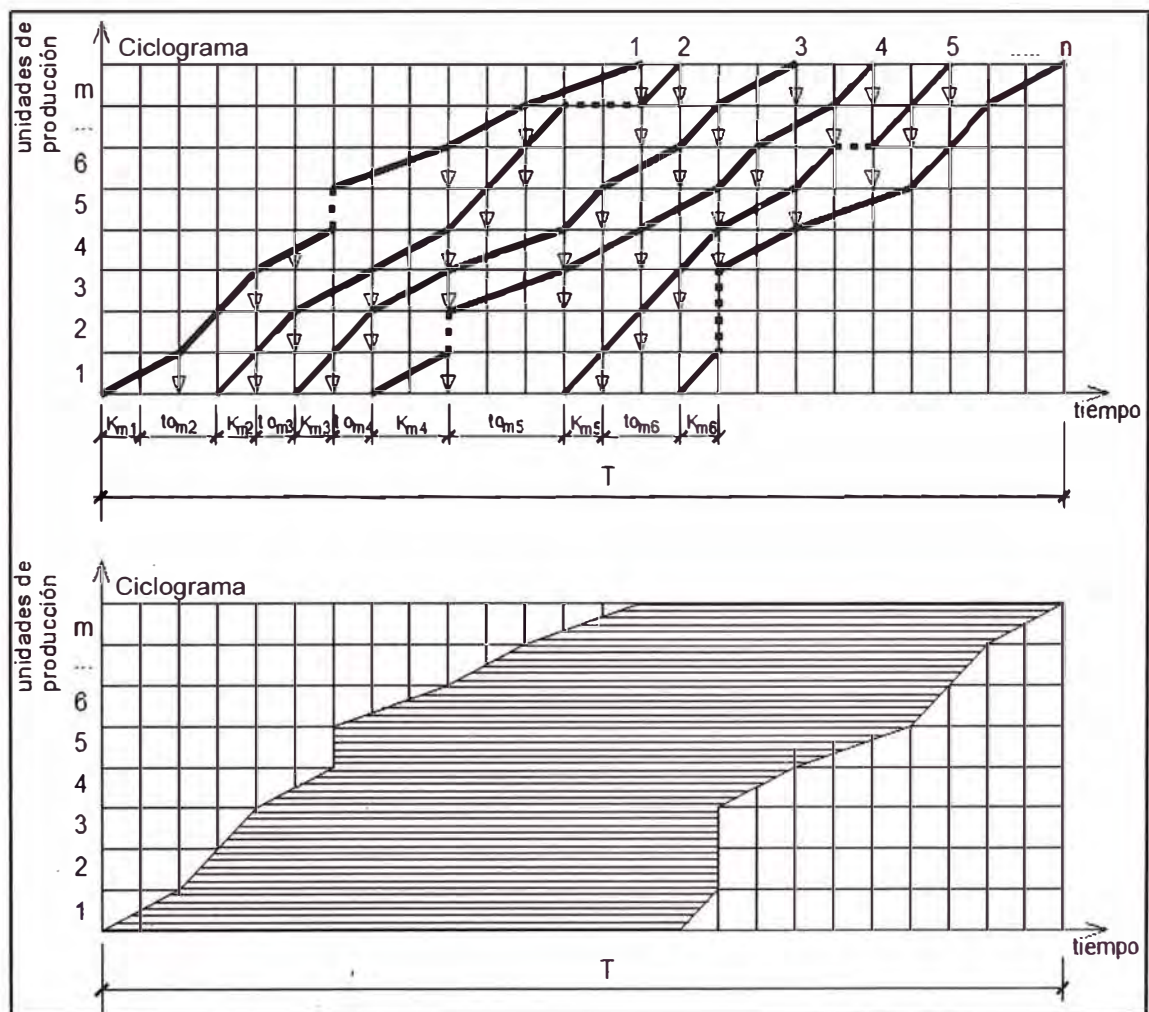


Figura N°1.10 Esquema de producción en cadena arrítmica.

Fuente: Adaptado de Juan Ríos Segura.

1.2.3.5 Cadena de objeto.

Es la reunión adecuada de dos o más cadenas de construcción considerada por el equipo planeador. En la figura N° 1.11, se muestra un diseño donde se combinan distintos tipos de cadenas de construcción para una misma cantidad de unidades m. En la figura N° 1.12 se muestra otro diseño donde se combinan distintas cadenas de construcción pero cada una de ellas con distintas cantidades de unidades m en general.

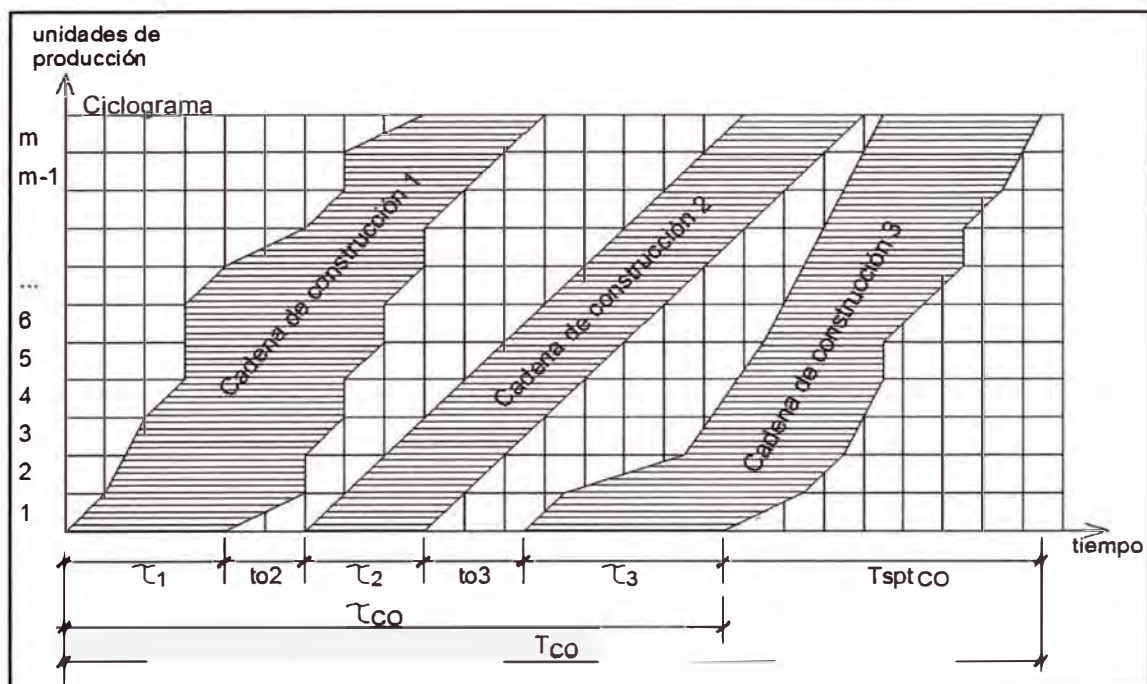


Figura N°1.11 Cadena de objeto con cadenas de construcción de igual cantidad de unidades de producción.

Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

τ_{CO} : Tiempo del ciclo tecnológico de la cadena objeto.

T_{sptCO} : Tiempo de salida producto terminado de la cadena objeto.

T_{CO} : Tiempo total de la cadena objeto

1.2.4 Tecnologías de software en la actualidad.

La modelación de planes de construcción con cadenas tiene escasa disposición de software en comparación a software que emplean desde el inicio las barras Gantt y redes CPM que es mayoritariamente comercial. Aunque hay dos tecnologías en progreso desde el año de 1998 donde claramente emplean variables de producción espacio y tiempo, muy relacionados a TPC.

En la figura N°1.13 se muestra una vista del TILOS (Software Location Time), un software realizado por los alemanes a partir de la unión investigativa entre las dos principales empresas constructoras de ese país con la finalidad de generar un programa específico para mejorar la planeación de la construcción, actualmente es muy empleado en países europeos en obras lineales empleándose también en obras en altura como se muestra.

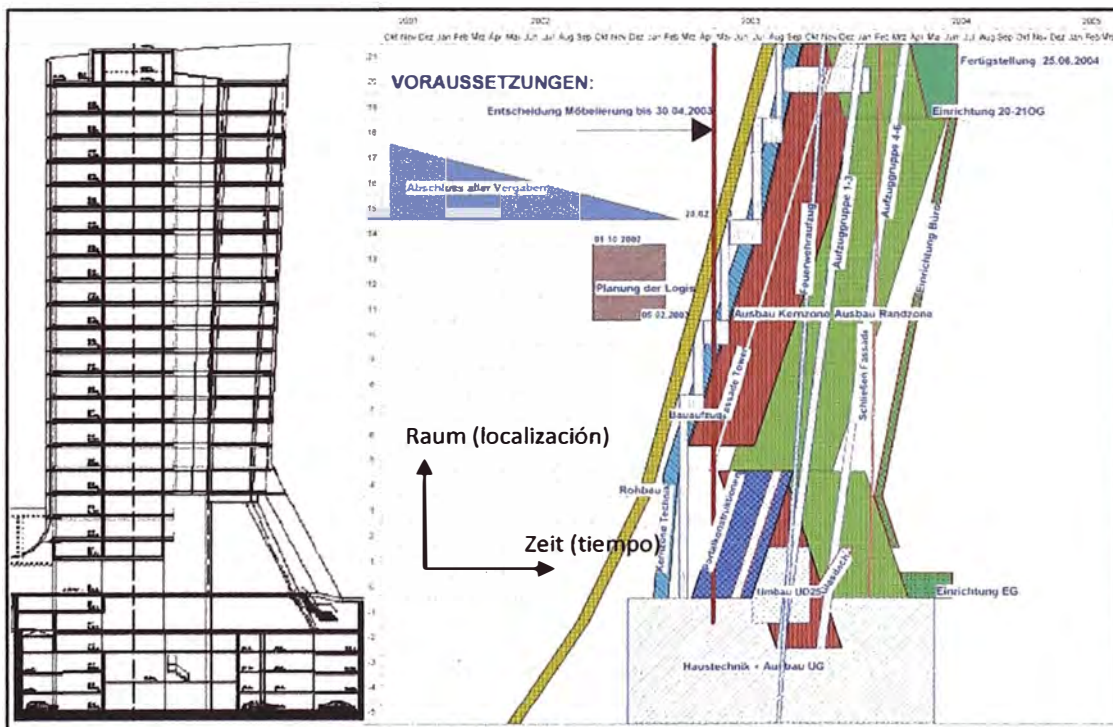


Figura N°1.13 Ciclograma del edificio VORAUSETZUNGEN.
 Fuente: www.tilos.com. Software TILOS. Alemania.

En la figura N°1.14 se muestra una vista del VICO (Software Virtual Construction), que también emplea los conceptos de unidades de producción en el tiempo, esta herramienta se emplea preliminarmente antes de realizar el BIM 4D que posee este software.

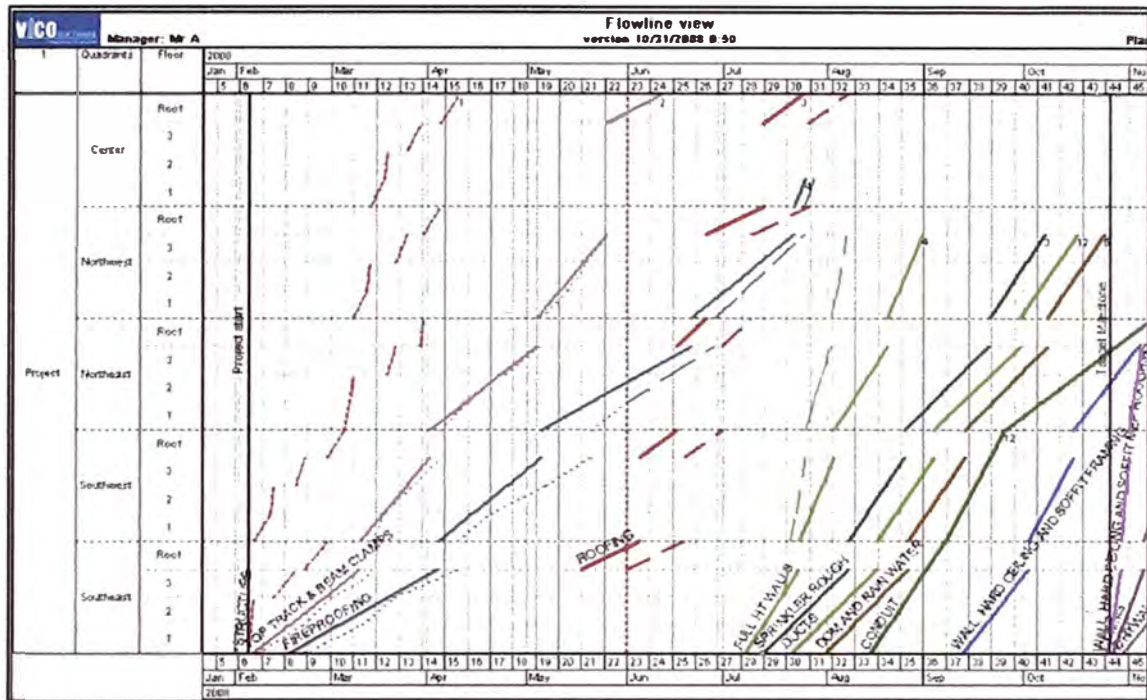


Figura N°1.14 Ciclograma del VICO Software.
 Fuente: www.vicosoftware.com. Vico Control 2009™. EEUU.

CAPÍTULO II

PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN Y PROGRAMACIÓN

2.1 PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN

Los parámetros de producción empleados para esta tesis son conceptos de TPC. Estos parámetros serán empleados con la finalidad de buscar solucionar un problema clave denominado balance^{2.1} para poder organizar los diversos recursos de producción en la construcción.

2.1.1 Objeto de construcción

Es aquel objeto físico que se requiere construir, de manera general y clara se clasifica en la figura N°2.1.

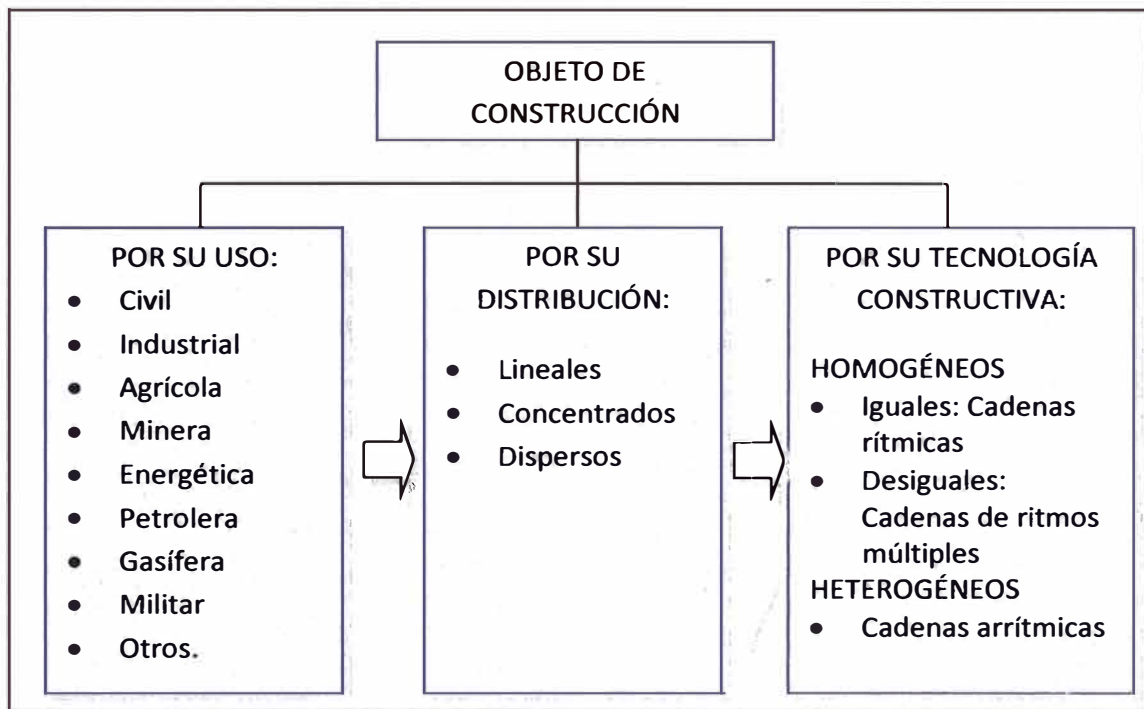


Figura N°2.1 Clasificación de objetos de construcción.

Fuente: Juan Ríos Segura.

^{2.1} [... debemos dejar atrás las prácticas en las que los profesionales sólo nos dedicamos a empujar perdiendo de vista el balance de las diversas cuadrillas, así como el balance dentro de cada operación...]. Libro: Productividad en Obras de Construcción. 1era Edición Pág.90 y 91. Autor: Dr. Ing. Virgilio Ghio Castillo, graduado en la Pontificia Universidad Católica del Perú y Doctorado por la Universidad de Berkley EEUU.

2.1.2 Parámetros de producción tecnológicos

2.1.2.1 Cadenas de Construcción (CC)

Son aquellas etapas tecnológicas requeridas y adecuadas para poder concebir parte o todo el objeto de construcción. Por ejemplo:

Objeto EDIFICIO (ED)

ED.1 Cimentaciones.

ED.2 Superestructura.

ED.3 Cobertura.

ED.4 Acabados Húmedos

ED.5 Acabados Secos.

Objeto CARRETERA (CA)

CA.1 Movimiento de tierras.

CA.2 Obras de arte bajo rasante.

CA.3 Estructura de carretera.

CA.4 Obras de arte sobre rasante.

CA.5 Pavimentación.

CA.6 Señalización y acabados.

Objeto TREN ELECTRICO EN VIADUCTO (VE)

VE.1 Cimentaciones.

VE.2 Pilares y cabezales.

VE.3 Vigas Prefabricadas.

VE.4 Losas y bordes perimetrales.

VE.5 Acondicionamiento para rieles

VE.6 Tendido eléctrico.

VE.7 Montaje electromecánico.

VE.8 Montaje estaciones de pasajeros.

VE.9 Otros.

2.1.2.2 Procesos de construcción (n)

Las CC se desarrollan en base a diversos *procesos* y estos diversos procesos a su vez se generan en base a *planos, especificaciones técnicas y cláusulas de contrato*. Es conveniente desagregar los procesos desde niveles complejos hasta conseguir un nivel donde la incertidumbre sea disipada. En la figura N°2.2, se muestra los grados de descomposición de los procesos desde el más complejo hasta llegar a procesos mecanizados.

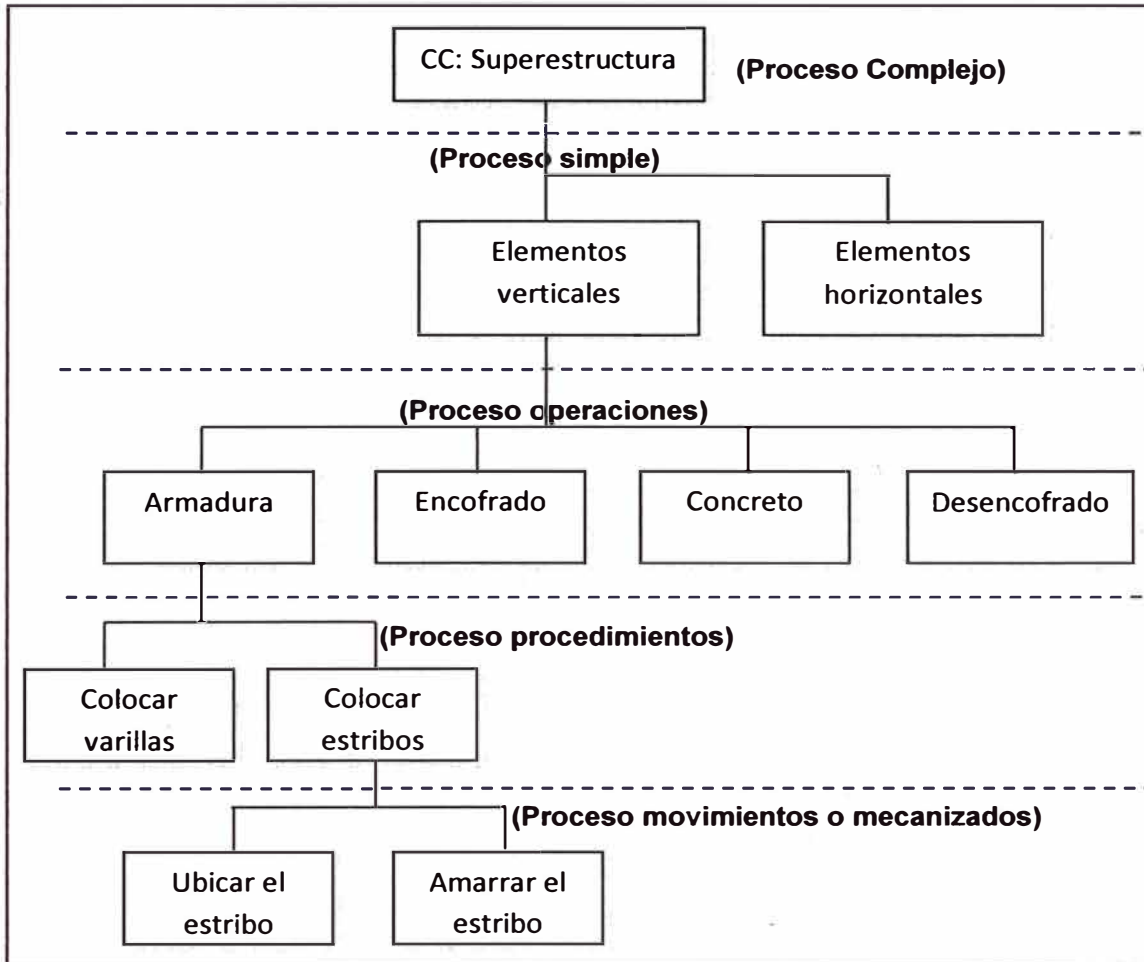


Figura N°2.2 División de procesos de producción.
Fuente: Juan Ríos Segura.

Cuando más cantidad o detalle del desmembramiento de procesos se mejora el control, debido a que la tendencia se vuelve más industrializada. En la construcción generalmente las programaciones maestras llegan hasta un nivel de *procesos operacionales* ya que se cuenta con especialistas como técnicos y subcontratistas en fierros, colocación de concreto, encofrados, etc.

La división de procesos, conjuntamente con la cadenzación de procesos, genera especialización laboral, lo cual en construcción es estratégicamente recomendable ya que las cuadrillas desempeñan y repiten tareas en distintos sectores, su performance es alta, sin llegar al aburrimiento debido a que el trabajo en construcción es a campo abierto, variabilidad de posiciones, los productos son variables y en distintas condiciones, además que psicológicamente los trabajadores se enorgullecen de ver el producto conforme va tomando forma, y cada vez van mejorando y aportando nuevas ideas.

El aburrimiento es una desventaja de la especialización, aunque esto es muy frecuente en aquellas líneas de producción donde el trabajador esta fijo en un sólo lugar y realizando únicamente una tarea manual para un producto que es exactamente igual al anterior (sucede en producciones manufactureras).

2.1.2.3 Volúmenes de trabajo (p)

Es la cantidad de metrado requerido por el proceso, este valor no debe ser meramente aritmético sino tecnológico de acuerdo a las divisiones condicionadas al proceso (juntas de dilatación, juntas de construcción, módulos de encofrados, etc.).

2.1.2.4 Productividad del trabajo

La productividad se mide en el transcurso del tiempo de ejecución. Según la figura N°2.3, la tendencia de la curva de productividad es que “al inicio es baja la productividad por el tiempo de aprendizaje”, pero en el transcurso intermedio del tiempo se mantendrá el rendimiento de las cuadrillas, debido que ya se acoplaron en equipo y al final decrece por el término de relaciones laborales.

La especialización de los ejecutores es uno de los factores que elevan la productividad, así como sus respectivas gestiones para no detener los planes de producción.

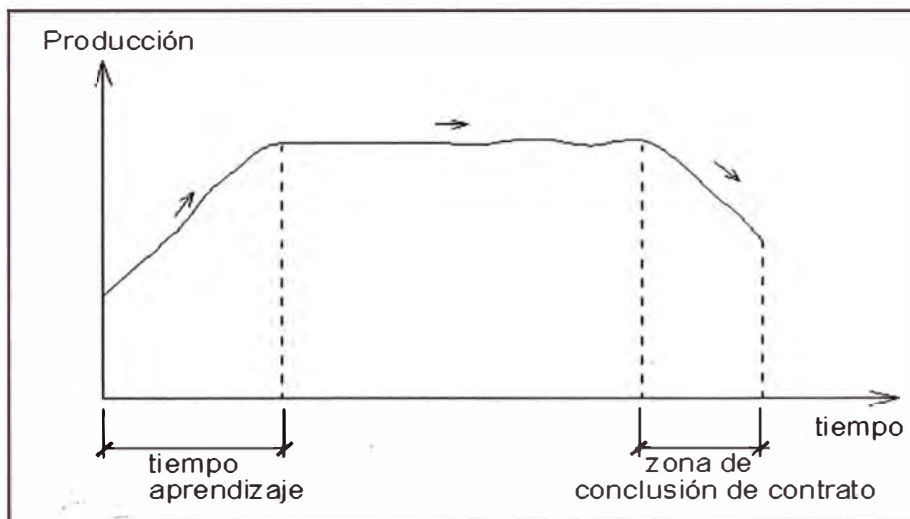


Figura N°2.3 Curva de productividad.

Fuente: Juan Ríos Segura.

2.1.2.5 Recursos de producción

Son los que participan directa e indirectamente en la elaboración del objeto de construcción, clasificándolo en:

Tipos de Recursos:

- Humanos: es el primer y más importante
- Financieros: todo recurso tiene un precio y los intereses de los prestamistas.
- Materiales: los insumos que participan en el producto
- Renovables: son aquellos que participan directamente en la formación del cuerpo del objeto, pero no son acumulables, ejemplo: los carpinteros, etc.
- Acumulables: los que se quedan para conformar el cuerpo del objeto, ejemplo: fierros, agregados, aditivos, etc.
- Directos: aquellos recursos que participan en erigir el objeto, obreros, maquinas, materiales, grúas, bombas, etc.
- Indirectos: aquellos recursos que dirigen y apoyan para la elaboración del objeto; ingenieros, administradores, camionetas, computadoras, etc.

Recursos de trabajo:

- Materias primas: son aquellos para elaborar materiales, ejemplo; canteras de arena, canteras de piedras, mina de cobre, etc.
- Materiales de construcción: son aquellos recursos listos para participar en la elaboración del objeto, ej.: fierros, piedra chancada, cemento, alambres, etc.
- Semi-fabricados: aquellos recursos que aún no han completado su fabricación, ej.: concreto premezclado, mortero para mayólicas, pegamentos, cemento asfáltico, pinturas, etc.
- Prefabricados: aquellos recursos listos para colocar, ej.: vigas prefabricadas, losas, tubos, cunetas, postes, buzones, etc.
- Artículos: los que han tenido un proceso industrial para acabados. Ej.: puertas de madera, ventanas listas, chapas, luminarias, sanitarios, etc.

Recursos de equipamiento y herramientas:

- **Maquinaria:** aquellos recursos que participan en la elaboración del objeto, ej.: retroexcavadora, cargador, volquete, pavimentadora, bombas y plumas, etc.
- **Herramientas:** entre ellas están las mecanizadas (cortadoras de mayólicas, lijadoras, soldadoras, etc.) y las manuales (martillos, alicates, desarmador, etc.).

Recursos auxiliares:

- **Elementos auxiliares:** entre ellos están los andamios (de madera, metálicos), las plataformas (mecánicas, tijerales, etc.), las grúas (torres, de celosía, etc.)
- **Moldeo y ajuste:** los encofrados (de madera, triplay, metálicos, planchas onduladas), los mecanismos de ajuste (gatas, tensadores, etc.)

2.1.3 Parámetros de producción espaciales

Existe un proverbio muy conocido que menciona: “Divide y vencerás”. Esto ciertamente es válido, ya que ver un objeto en conjunto puede causar dificultad, pero si lo dividimos espacialmente, podremos administrar mejor los esfuerzos, recursos, control y gestiones.

Adam Smith en su libro *La Riqueza de las Naciones*, demuestra que la gran ventaja de la división es que, al descomponer el trabajo total en divisiones más pequeñas, se tornarán en trabajos más simples donde los trabajadores se podrán especializar, como resultado la productividad total se multiplica en forma geométrica. La división de trabajo crea tareas de poco volumen que se pueden analizar y realizar con relativa velocidad.

En la figura N°2.4 se muestra un objeto de construcción cuya vista en perspectiva presenta un serie de objetos que lo vuelven en conjunto un objeto complejo.

En la figura N°2.5 se muestra esquemáticamente un objeto complejo el cual requiere ejecutarse diversos procesos operacionales, entonces para ejecutarse se busca dividirlo en partes iguales o desiguales modulándolo o particionado por las juntas de dilatación para que deje de ser complejo.



Figura N°2.4 Objeto de construcción sin división espacial.
Fuente: Autodesk.

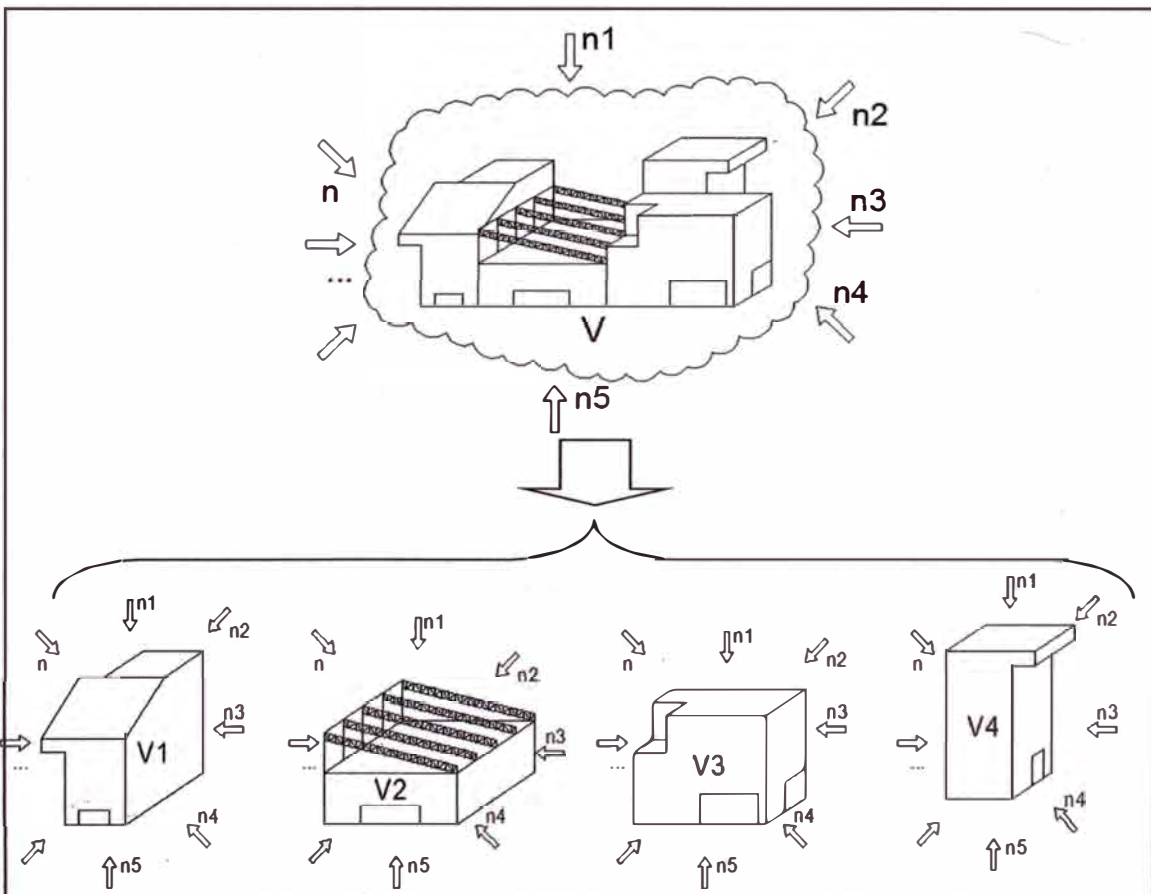


Figura N°2.5 División de un objeto de construcción, particionado por las juntas de dilatación.
Fuente: Elaboración Propia.

2.1.3.1 Sectorización

Un objeto de construcción complejo debe sectorizarse, muchas veces por facilidad geográfica o de ubicación. A partir de la sectorización se puede elaborar una Estructura Descompuesta de Trabajo o Structure Breackdown Work (WBS) y Layout Plant (Vista general de planta). En la figura N°2.6 se muestra un ejemplo de sectorización ello permite obtener más sub-objetos internos los cuales generaran codificación para una descomposición del trabajo.

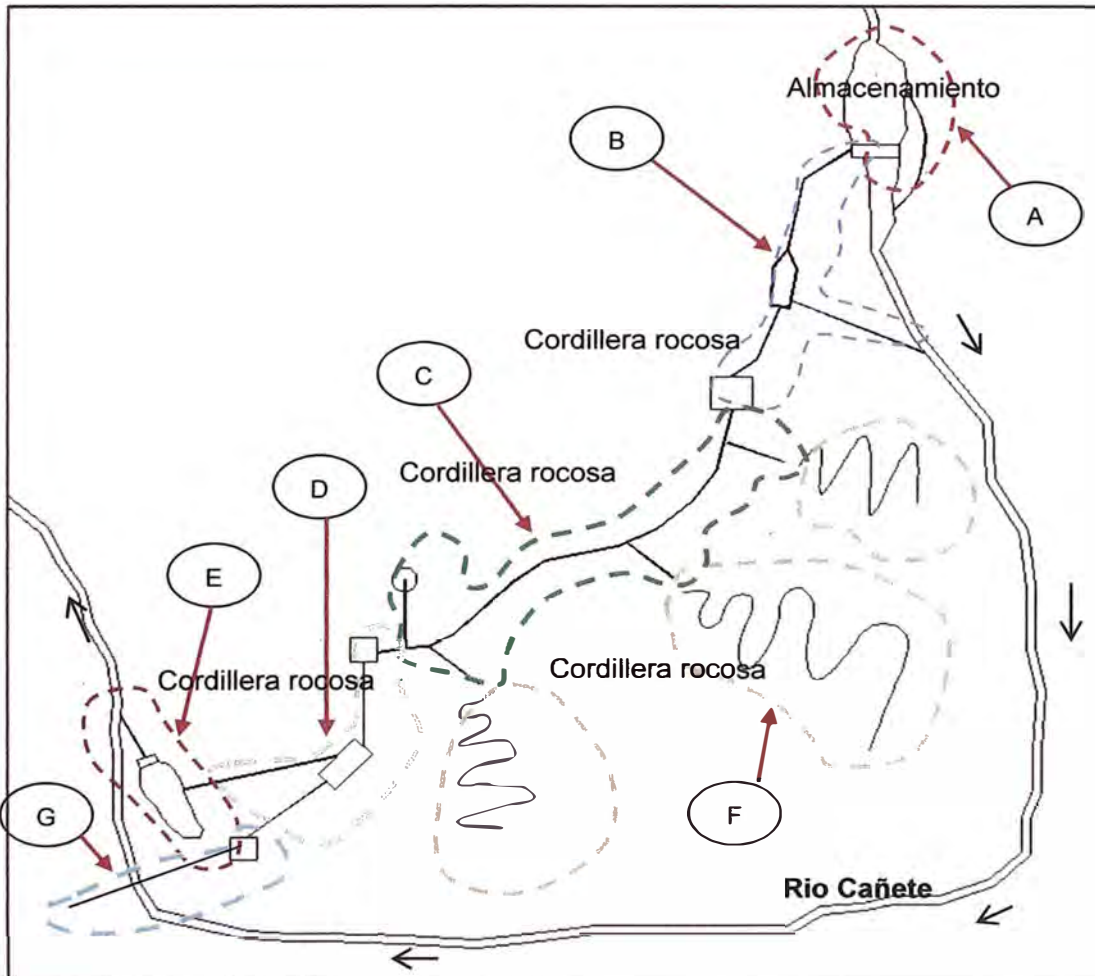


Figura N°2.6 Sectorización de un objeto de construcción.

Fuente: ARPL Tecnología Industrial - Central Hidroeléctrica El Platanal G1.

Dónde:

- A. Obras civiles superficiales1: contiene presa de almacenamiento
- B. Obras civiles superficiales2: contiene conducción y aducción superficial
- C. Obras civiles subterráneas1: contiene conducción y aducción subterránea, incluido la chimenea de alivio.
- D. Obras civiles subterráneas2: contiene pique caída, caverna, acceso y salida.

- E. Obras civiles superficiales³: contiene embalse y reposición de aguas.
- F. Obras civiles caminos: contiene todos los caminos.
- G. Planta eléctrica y Línea de Transmisión.
- H. Equipamiento y montaje hidromecánico.
- I. Equipamiento y montaje de maquinas.

2.1.3.2 Zona (z)

Las zonas son subregiones contenidas en un sector, sirven para subdividir más los sectores, por ejemplo la zona1, zona2, zona3 pueden corresponder al área en planta del edificio de oficinas, edificio almacenaje, edificio de viviendas, etc.

2.1.3.3 Bloque (b)

El Bloque o lote es una agrupación de espacios teóricos. Éstas se limitan por distintos criterios o restricciones de agrupamiento sea por juntas sísmicas y/o juntas de construcción, calles, por entregas parciales, por accesibilidad, etc. En la figura N°2.7 los bloques en general pueden ser típicos o atípicos pudiendo estar distribuido en horizontal o verticalmente.

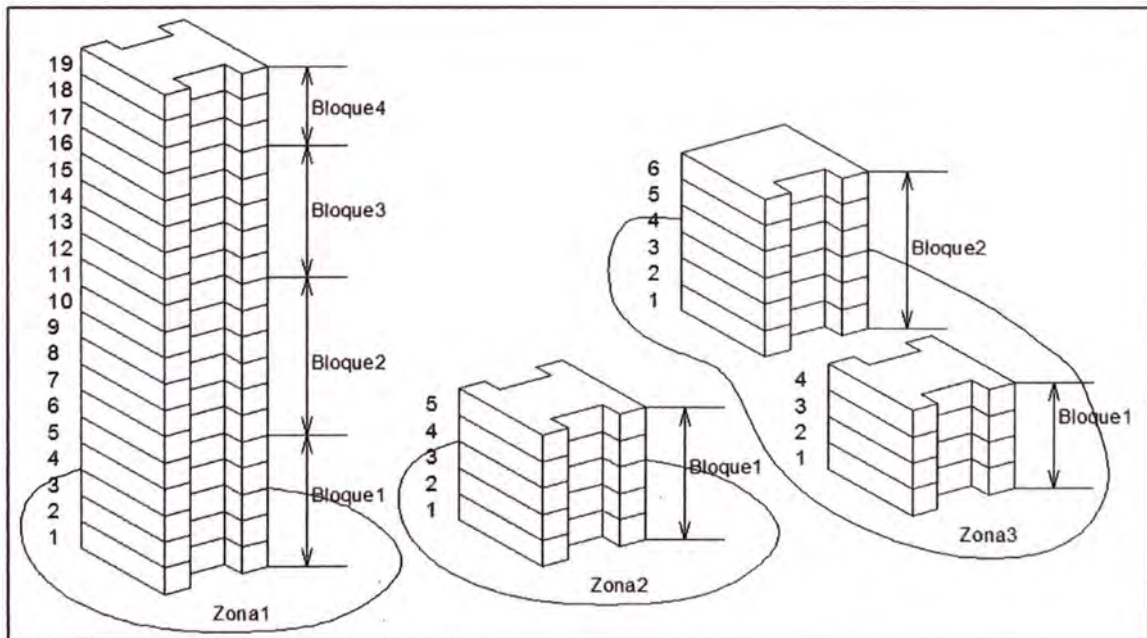


Figura N°2.7 División espacial en bloques dentro de zonas.
Fuente: Elaboración propia.

2.1.3.4 Piso (a)

Es un parámetro de ubicación en altura dentro del bloque respectivo, este tipo de división se da generalmente en objetos concentrados y mayor de un nivel. Como edificaciones de oficinas, viviendas, comerciales o industriales. Para obras lineales como por ejemplo carreteras, el nivel es $a=1$.

2.1.3.5 Unidades de producción (m)

Es la división mínima espacial según el rendimiento de la cuadrilla unitaria. En las figuras N°2.8 y N°2.9 se muestra cierta cantidad de unidades "m" dentro de un nivel "a". La cantidad de divisiones m, no necesariamente significa igual metrado aritmético para cada m, la definición de esta cantidad m dependerá de la accesibilidad, confinamientos, disposiciones constructivas (juntas sísmicas, juntas de construcción, tamaño de módulos de encofrado) y el rendimiento de las tecnologías que emplearía la cuadrilla que ejecutará cada unidad m.

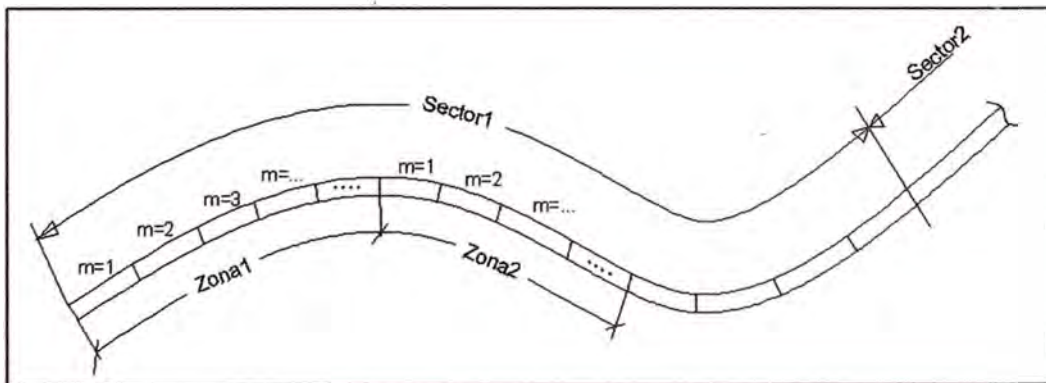


Figura N°2.8 Esquema de unidades de producción m, para objetos lineales.
 Fuente: Elaboración propia.

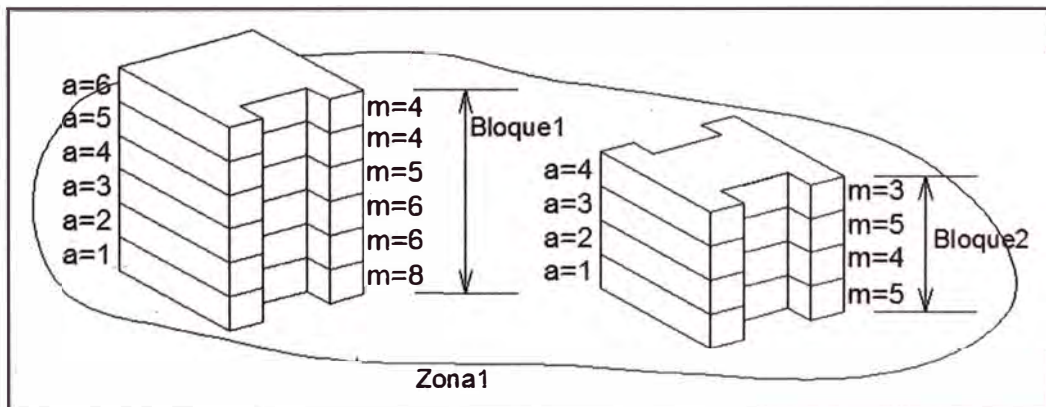


Figura N°2.9 Esquema de unidades de producción m, para objetos concentrados.
 Fuente: Elaboración propia.

2.1.3.6 Frente de trabajo (FT)

Entorno físico para laborar y desarrollar la unidad m. Existen entornos de trabajo abiertos y entornos de trabajo cerrados. El contratista principal es el que debe prever o abrir frente de trabajo a las cuadrillas o subcontratistas, no tener frentes de trabajo liberados generan costos improductivos, por tanto no es sólo problema de las cuadrillas de cómo lo hagan sino es problema del contratista principal. Por ello, se debe hacer equipo con los responsables de cuadrillas y/o subcontratistas.

Frentes abiertos, cuando un objeto puede dividirse y construirse por distintos frentes geográficos a la vez como en un viaducto, líneas de alta tensión, la cimentación de edificaciones, una línea de abastecimiento de agua, de gas, minero-ducto, etc.. Por ejemplo la figura N°2.10 muestra una carretera sobre el suelo pero además otro tramo se realiza en paralelo sobre pilares.



Figura N°2.10 Autopista elevada. Frente de trabajo abierto.
Fuente: Bechtel Corp. Highway Ankara Turkey.

Frente cerrado, cuando no se puede avanzar por falta de continuidad de espacios físicos a donde trasladar las cuadrillas, por ejemplo: un túnel para perforarla desde sólo un frente, un muelle marítimo se ejecuta desde la orilla hacia mar adentro, un puente sobre un río se ejecuta desde un extremo avanzando en volado, una torre metálica para energía o telecomunicaciones se ensambla desde abajo, el encofrado móvil del núcleo de un edificio alto avanza desde abajo.

2.1.3.7 Secuencia de producción

La secuencia es la elección de una alternativa de ordenamiento para la construcción, siendo este orden, las llamadas, entregas o ejecución de la *división m*. La elección dependerá del análisis de espacios disponibles, actividades

siguientes, reducción de esperas, traslados innecesarios de herramientas o de maquinaria, cruces entre procesos in situ, problemas de calidad, problemas de acceso, etc. La elección de una secuencia es elegida por el equipo que planea la producción (previa inspección y análisis de restricciones). En la figura N°2.11 se aprecia distintas posibilidades a elegir de secuencias, donde cada secuencia es distinta.

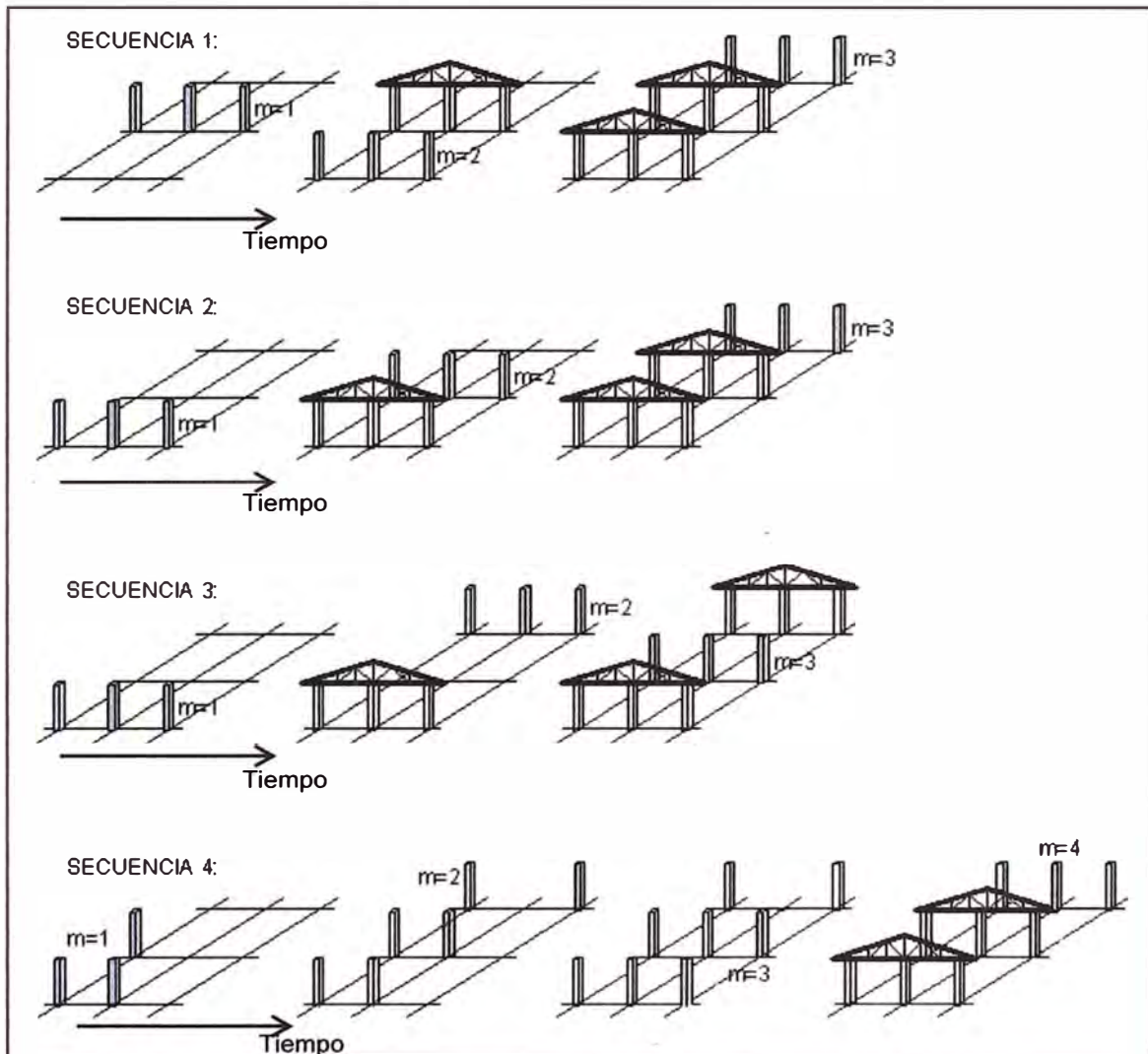


Figura N°2.11 Alternativas de secuencia de unidades de producción m .
Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°2.12, se muestran distintos esquemas de secuencias espaciales de producción cuyas aplicaciones se citan a continuación:

- **Secuencia Horizontal:** Usada generalmente en excavaciones superficiales, cimentaciones, líneas de tuberías, carreteras, etc.

- Secuencia Horizontal-Ascendente: Usado en la construcción de estructuras, y sus acabados húmedos, etc.
- Secuencia Horizontal-Descendente: Usado en la excavación de sótanos, muros pantalla de sótanos, sus acabados húmedos y acabados secos, etc.
- Secuencia Vertical-Ascendente: Usado en ensamblados de prefabricados.
- Secuencia Vertical-Descendente: Usado en desmontajes, chimeneas, etc.

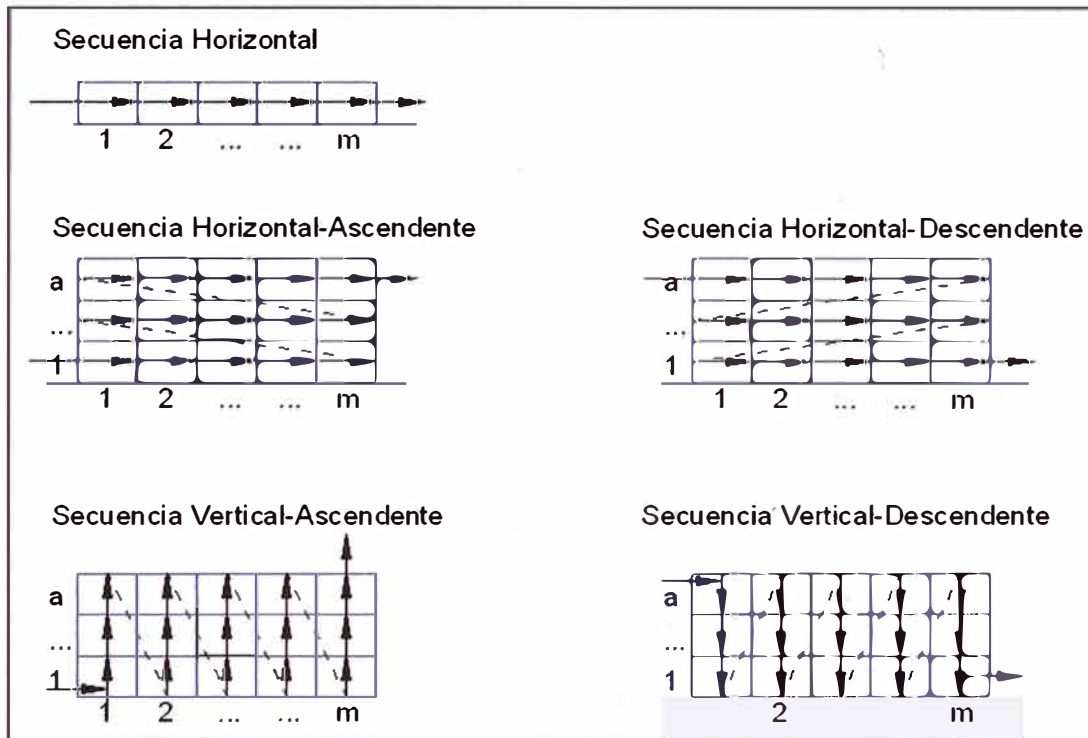


Figura N°2.12 Esquemas de secuencias espaciales.
Fuente: Adaptado de Juan Ríos Segura.

2.1.4 Parámetros de producción del tiempo

2.1.4.1 Módulo de ciclicidad: (k)

Es el factor común de ciclicidad de las duraciones de los procesos. En la figura N°2.13 se muestra gráficamente el módulo de ciclicidad.

Por ejemplo: duración del proceso1: 4días, proceso2: 6días

El factor común es el día, por tanto $k=1$ día

2.1.4.2 Factor de ciclicidad: (c)

Es el factor que indica la multiplicidad de módulos de ciclicidad de un proceso con respecto a otro proceso. En la figura N°2.13 se muestra gráficamente el factor de ciclicidad.

Del ejemplo anterior: $c_1=4$, $c_2=6$

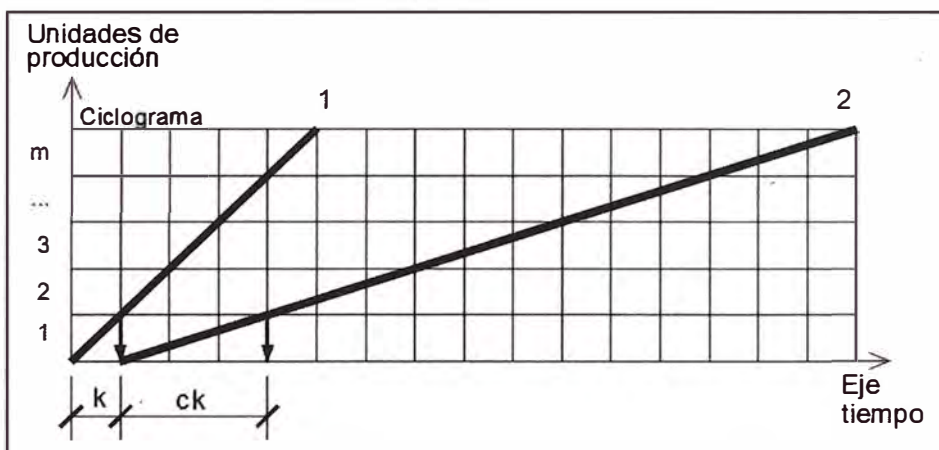


Figura N°2.13 Modulo y Factor de Ciclicidad.
Fuente: Adaptado de Juan Ríos Segura.

2.1.4.3 Duración de proceso en una unidad de producción: (K)

Es la cantidad de módulos de ciclicidad, que requiere un proceso para intervenir dentro de unidad de producción.

$$K = ck$$

Del ejemplo anterior:

$K_1=4$ días, $K_2=6$ días

2.1.4.4 Ritmo de cadena particular: (v)

Es la cantidad de unidades de producción dentro de la duración de una cadena particular. En la figura N°2.14 se muestra gráficamente el ritmo de una CP rítmica y para el caso de una CP arrítmica se considera la CP equivalente (línea punteada).

$$v = \frac{m}{t}$$

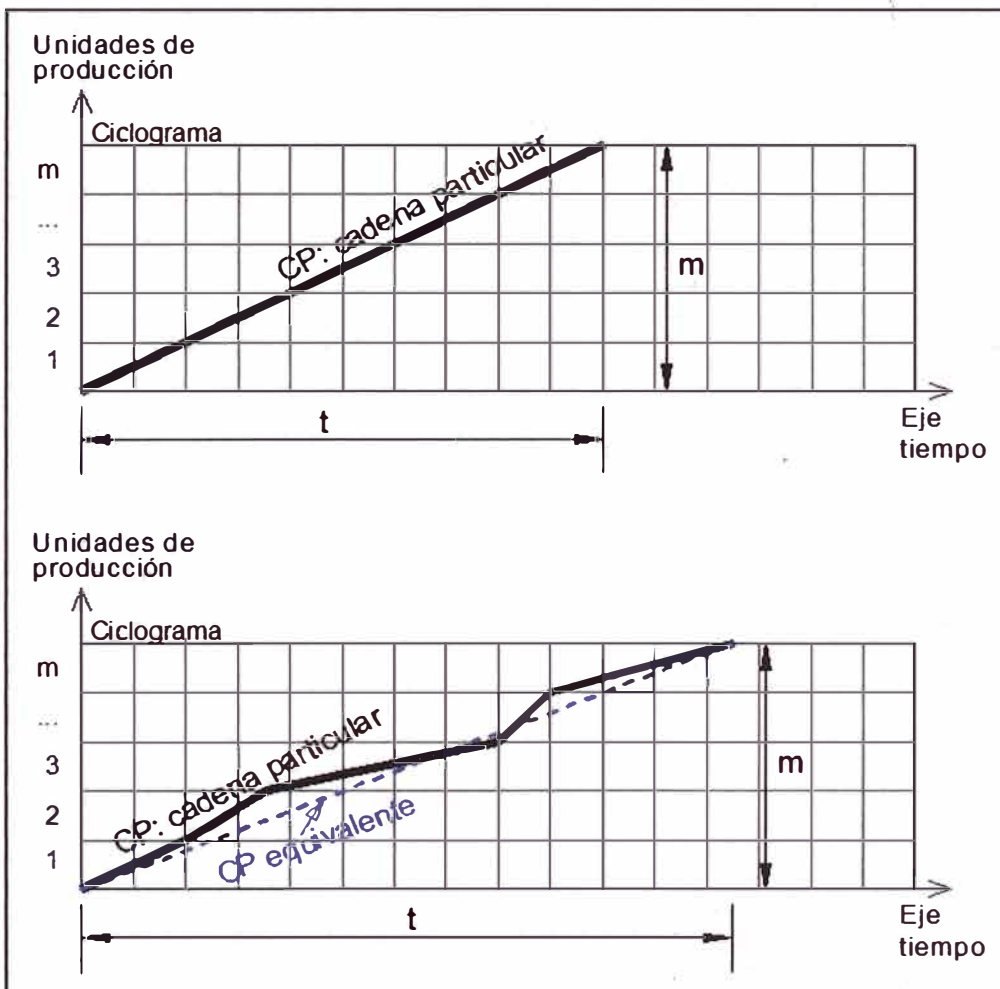


Figura N°2.14 Ritmo de una cadena particular rítmica y arrítmica.
Fuente: Adaptado de Juan Ríos Segura.

2.1.5 Parámetros de Producción Restrictivos

Son distintos parámetros que influyen indirectamente y que deberán gestionarse e implementarse para evitar reducir la producción, estos son: la seguridad, la protección medio ambiental, el entorno social, la calidad, el clima, los hitos de entrega, los recursos, los costos de producción, precio de venta del producto y el margen económico.

2.2 PARÁMETROS DE PROGRAMACIÓN

Después de un método de planeamiento se requiere calendarizar, para ello se recurre a parámetros de programación empleados por la mayoría de software comercial que emplean sólo barras Gantt y redes CPM.

2.2.1 Potenciales de Roy

Para representar los nodos de una red, en los programas comerciales se emplean las notaciones de Roy. En la figura N°2.15, se muestra la forma de escribir los sucesos (fechas) de una tarea dentro de una red.

Id		
A		
ES	d	EF
LS	Ht	LF

Figura N°2.15 Representación, de los vértices en una red.
 Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

Id: Identificación numérica u alfanumérica de la tarea

A: Descripción de la tarea

d: duración de la tarea

E: Evento temprano (Early).

L: Evento tardío (Late).

S: punto inicio o Start.

F: punto fin o Finish j.

Los parámetros de tiempo dentro de una tarea, es la fijación de fecha de un evento en el tiempo:

ES = Early Start, Inicio Temprano

LS = Late Start, Inicio Tardío

EF = Early Finish, Fin Temprano

LF = Late Finish, Fin Tardío

Ht: Holgura total de la tarea

2.2.2 Precedencias Mejoradas (PDM)

Propuesto por el PhD. Guillermo Ponce Campos el año 1972 en su tesis doctoral en la University of Michigan Ann Arbor EE.UU, donde desarrolla mejoramientos para insertar traslapes (Lag) entre tareas aplicado en barras Gantt y redes de nodos PERT/CPM. El PDM actualmente es usado por casi todos los software para planeamiento y programación de proyectos existentes alrededor del mundo.

2.2.2.1 Cálculos hacia adelante (Forward Pass).

Avanzamos hacia adelante con el objetivo de obtener parámetros de las fechas más tempranas La figura N°2.16 muestra la condición previa para poder hacer Forward Pass, el vértice precedente debe tener sus parámetros de la fila tempranos (ES y EF) previamente definidos.

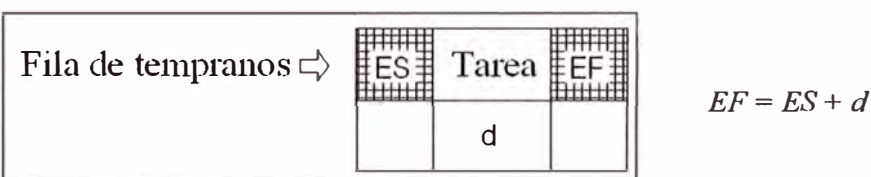


Figura N°2.16 Sucesos tempranos de actividad PRECEDENTE.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación la figura N°2.17 muestra los cálculos hacia adelante:

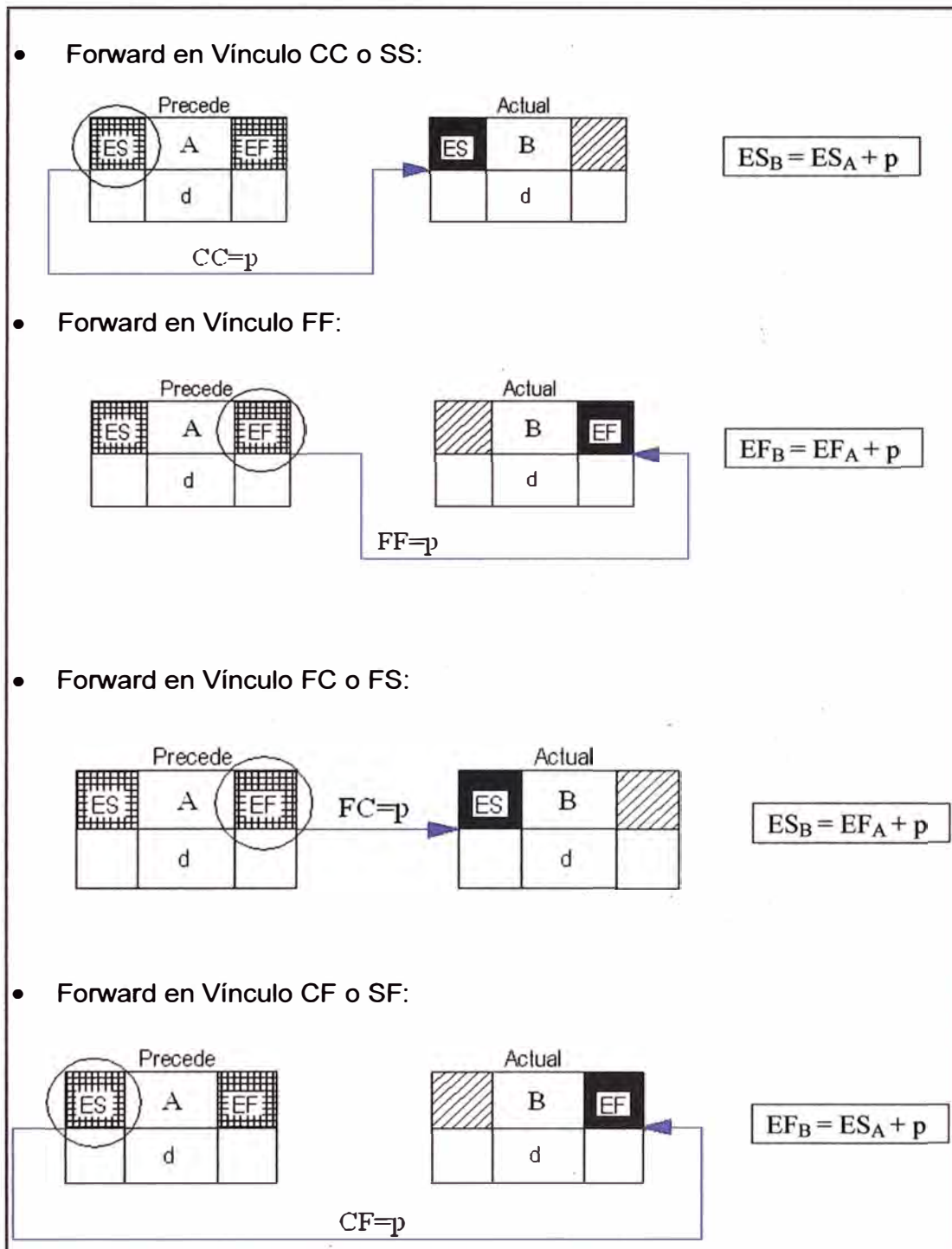


Figura N°2.17 Cálculos Forward Pass.

Fuente: Elaboración Propia.

Si concurren más de una predecesora con su vínculo respectivo hacia la tarea actual se toma el mayor valor $EF=ES+p$ y se asigna a la tarea actual.

2.2.2.2 Cálculos hacia atrás (Back Pass).

Luego de haber hecho Forward hasta el vértice final de la red, ahora marchamos hacia atrás con el objetivo de obtener parámetros de las fechas más tardías.

La figura N°2.18 muestra la condición previa para hacer *Back Pass*, el vértice precedente debe tener sus parámetros de la fila tardíos (LS y LF) previamente definidos.

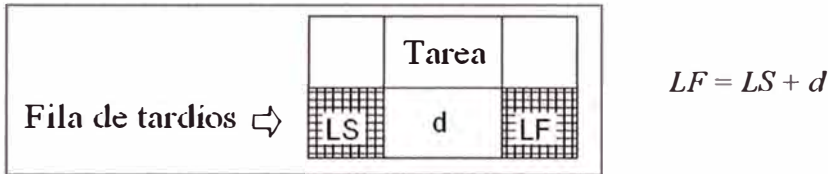


Figura N°2.18 Sucesos tardíos de actividad PRECEDENTE.
 Fuente: Elaboración Propia.

A continuación la figura N°2.19 muestra los cálculos hacia atrás:

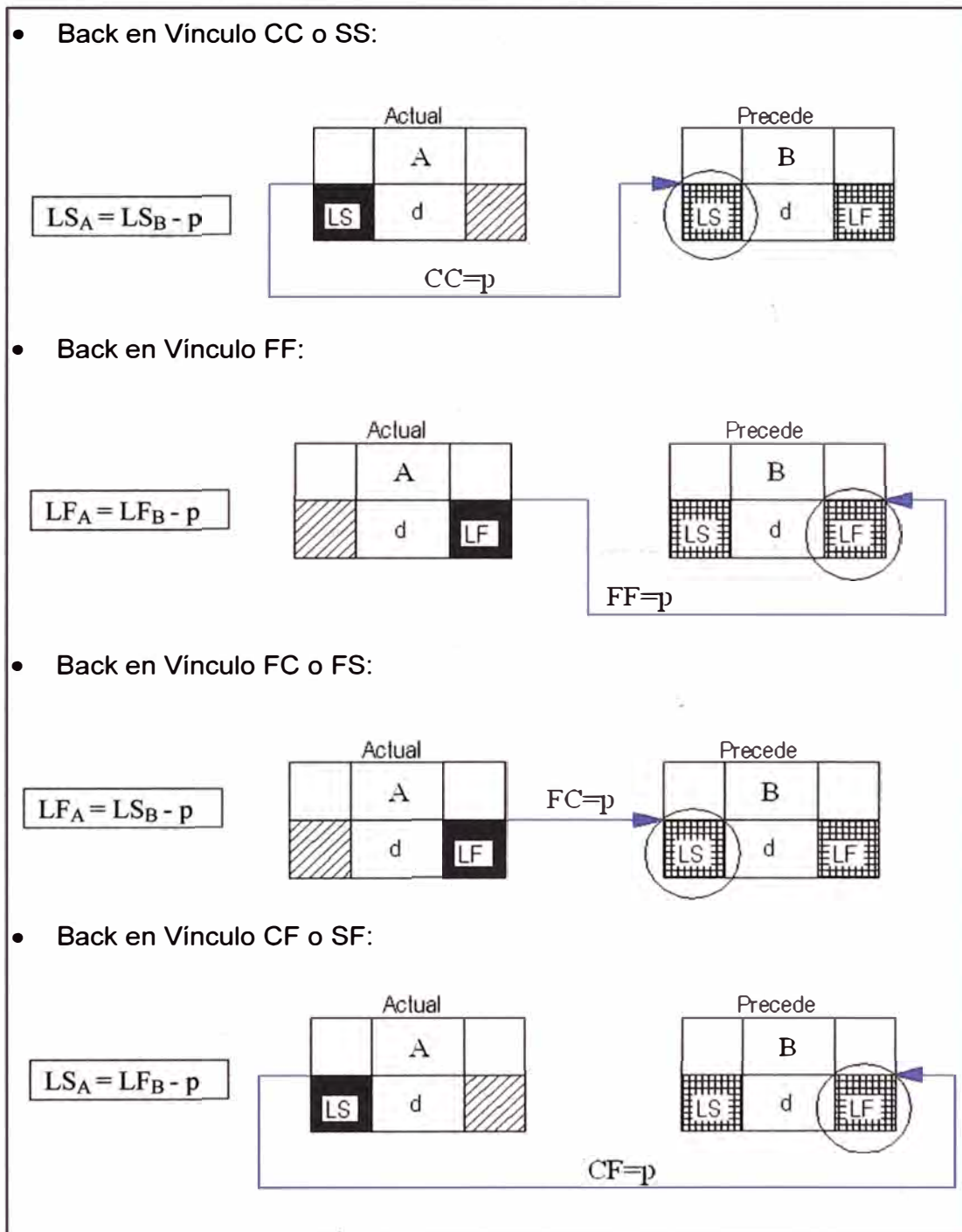


Figura N°2.19 Cálculos Back Pass.
Fuente: Elaboración Propia.

Si concurren más de una predecesora con su vínculo respectivo hacia la tarea actual se toma el menor valor $LS=LF-p$ y se asigna a la tarea actual.

Leyendas empleadas:



a. Dato que deberá tenerse antes de cualquier marcha (sea hacia adelante o hacia atrás)



b. Valor que sale directamente de la fórmula dada



c. Valor que ya puede determinarse interna e inmediatamente después de obtener b.



Indica el punto de partida de los cálculos correspondientes.

2.2.3 Holguras

Son parámetros que permite la elasticidad de las rutas del proyecto, para emplear retrasos o adelantos controlados. Para la construcción se requiere analizar sólo dos tipos de holguras en cada actividad, la total y la libre.

2.2.3.1 Holgura total de una tarea (HT)

Es un delta de tiempo máximo, que se puede agregar a la duración normal o retrasar el inicio de una tarea, sin afectar el inicio más temprano de sus sucesoras ni la duración total del proyecto. Las tareas cuyo $HT=0$, consumen todo su holgura y se le consideran críticas.

$HT = LS - ES$
$HT = LF - EF$

2.2.3.2 Holgura libre de una tarea (HL)

Es un delta de tiempo ($HL \leq HT$), indica que se puede agregar a la duración normal o agregar al inicio de la tarea, sin afectar el inicio temprano de sus sucesoras.

Para relaciones SS=p	$HL = ES_B - (ES_A + SS)$
Para relaciones FF=p	$HL = EF_B - (EF_A + FF)$
Para relaciones FS=p	$HL = ES_B - (EF_A + FS)$
Para relaciones SF=p	$HL = EF_B - (ES_A + SF)$

CAPITULO III

MODELOS nD

3.1 CONCEPTOS

Los modelos nDimensionales (nD), son modelaciones abstractas asociados a la elaboración de tecnologías de software específicos, estos modelos no solamente interrelacionan parámetros de relaciones u fórmulas teóricas que requieren resolverse, sino que a su vez interrelacionan muchos otros parámetros dimensionales de la informática como; parámetros de memoria, parámetros para estructurar algoritmos, parámetros de ventanas, parámetros para generar zoom virtual de pantalla, parámetros para generar movimiento virtual de pantalla, parámetros de tipos de datos, parámetros de control de textos, parámetros de imágenes, parámetros de tablas, parámetros de archivos, parámetros de dibujos, parámetros de escala, parámetros de color, parámetros de impresión, parámetros de almacenaje de data, parámetros para importación, parámetros para exportación y los distintos parámetros de sintaxis de un lenguaje de programación.

La estructuración e integración en conjunto se vuelve un modelo más complejo (internamente dentro del código fuente del software) y dinámico (salida visual para el usuario) porque la modificación de algún parámetro citado se apreciaría inmediatamente en la pantalla del computador.

El concepto de los modelos nD siempre ha existido dentro de los sistemas informáticos los cuales no tienen límite, ya que cada vez se pueden seguir variando (agregando o quitando parámetros) con la finalidad de mejorar la resolución de problemas específicos e interacción dinámica con el usuario (GUI, Graphics User interface).

Existen muchos tipos de ejemplos nD entre software desde muy básicos hasta software específicos avanzados, por ejemplo se cita algunos; el programa Notebook de Windows, la Calculadora de Windows, Microsoft Word, SAP2000 Non Linear (para cálculo y diseño de estructuras), Revit Architectural (para diseño y manejo de información arquitectónica) o el Civil3D (para cálculo y diseño de carreteras).

3.2 PROGRESO DE MODELOS nD

Existen dos líneas bien marcadas de investigación que se relacionan con la modelación nD orientadas a la construcción, estos son el “nD Modelling” desarrollada en la Universidad de Salford, Inglaterra y el Virtual Design and Construction desarrollada en el CIFE (Center for Integrated Facility Engineering) de la Universidad de Stanford, EEUU.

La primera línea de investigación tiene como objetivo crear modelos nD a partir de elaboración de herramientas informáticas nuevas, y la segunda línea busca desarrollar modelos nD elaborando y utilizando software comercialmente disponibles proponiendo metodologías para integrarlas.

En la figura N°3.1 se aprecia un tipo de modelación nD realizados en laboratorios equipados para replicarse en las etapas del diseño o etapas de construcción buscando una mejor integración de diversos parámetros con la ayuda de tecnologías de información (TI) existentes o generadas.

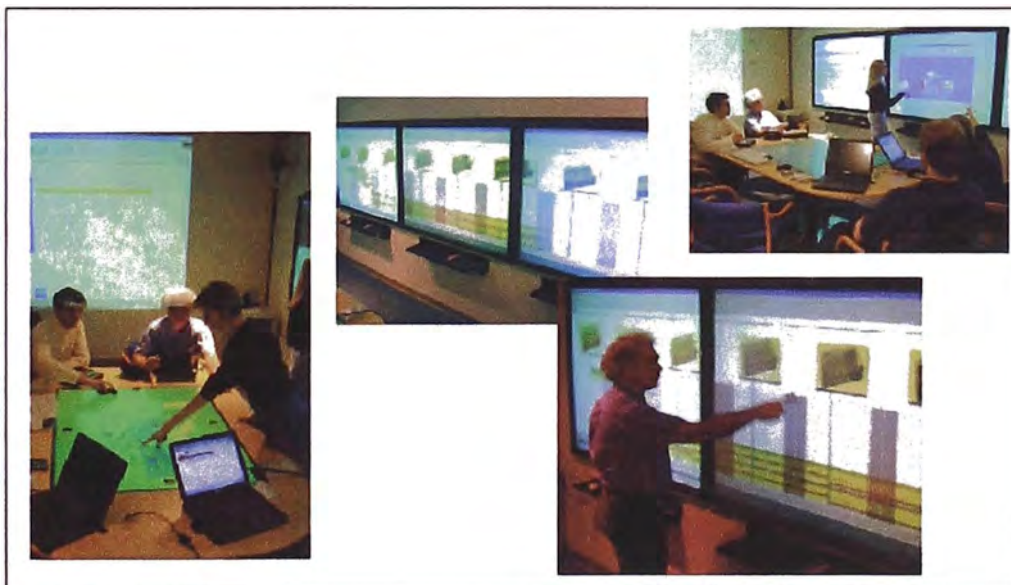


Figura N°3.1 Salones “iRoom” del CIFE (Center for Integrated Facility Engineering).
Fuente: Investigaciones en Tecnologías de Información Aplicadas a la Industria A/E/C
(Arquitectura, Ingeniería y Construcción). Claudio Mourgues y Martin Fisher. CIFE Report
124, Universidad de Stanford, EEUU. 2001.

En la figura N°3.2 se muestra una evolución general progresiva y sin límites sobre los modelados nD en base al desarrollo de diversas TI relacionados al mejoramiento administrativo de información interrelacionados en tablas, hojas de cálculos, base de datos de mayor capacidad y lenguajes de programación flexibles para su lectura y manejo.

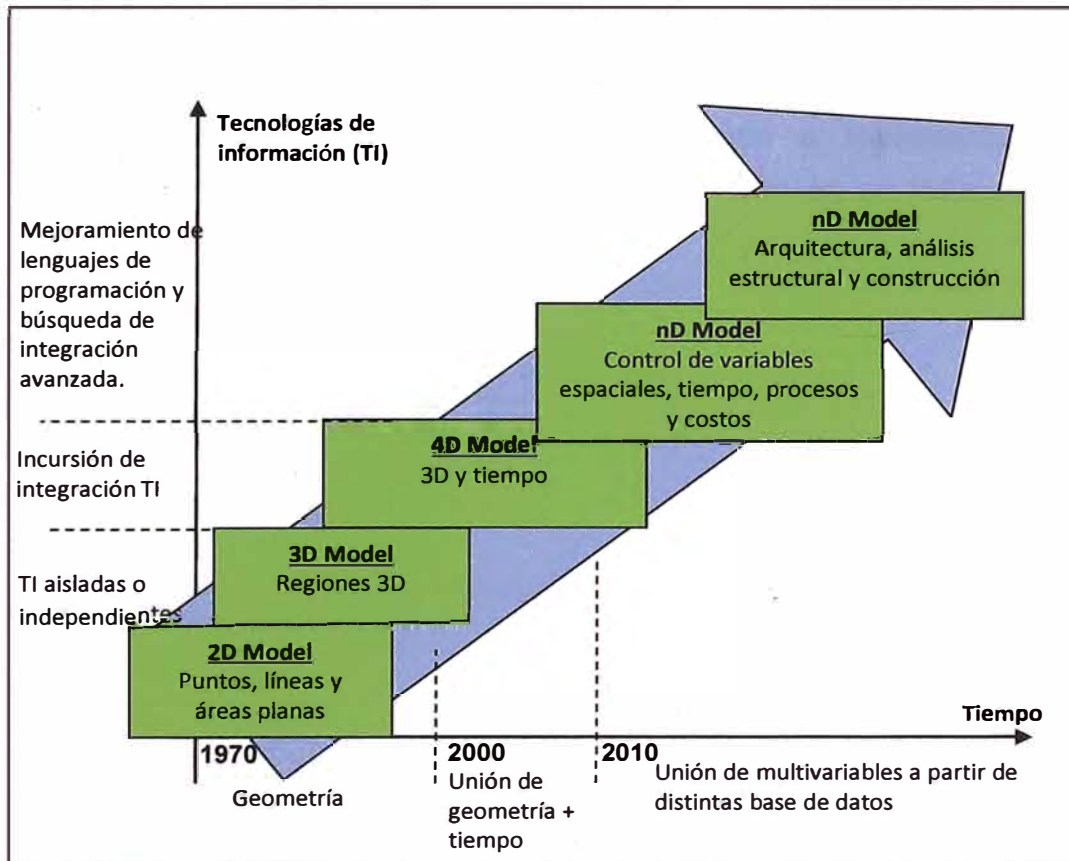


Figura N°3.2 Evolución de la modelación nD.

Fuente: Elaboración Propia.

Sin lugar a dudas, el progreso de las investigaciones de los modelos nD aplicados a construcción están en progreso y ya se aprecian las diferencias siguientes:

- El modelado nD se puede adaptar sustancialmente a la mejora del estudio e investigación de problemas específicos en la ingeniería.
- Los volúmenes y transferencia de información es rápida y precisa.
- La modelación nD puede reducir costos y tiempos por trabajo re-hecho cuando se ejecute en la realidad.

- Los modelos nD llegarán a convertirse en un mediano y largo plazo en ventajas competitivas frente a la forma tradicional de modelar planeamientos de construcción.
- Los modelos nD requieren implementación de software comercial (CAD, programación del tiempo, documentación) o la creación de software específicos, además de infraestructura para laboratorios de pruebas efectivas.
- Muchas empresas de diseño y construcción alrededor del mundo y diversas universidades ya tienen equipos investigando e implementando para aplicarse y resolver sus problemas locales. Esto es un indicador que el impacto es positivo.

CAPITULO IV

PROBLEMA E HIPÓTESIS

4.1 PROBLEMA ANALIZADO

La formas de organizar los recursos de producción en diversas construcciones en el país, sigue siendo una combinación entre artesanal y tenuemente industrial. Algunos factores principales son las limitaciones de equipos especiales, falta de especialización de la mano de obra, déficit en la dirección y optimización del uso de personas, equipos pesados y equipos livianos, y las diversas restricciones del frente de trabajos generan impacto en contra del orden, la aparición de diversos tiempos improductivos, litigios legales futuros y desbalances financieros para el constructor y cliente.

Cada vez las obras civiles y electromecánicas se tornaran más complejas además de limitaciones en tiempo y costos exigidos por los clientes y usuarios finales, entonces debe mejorarse las formas de planear, programar y controlar específicamente proyectos de construcción ya que aún son insuficientes.

Para elaborar planes y controles de construcción, muchos países incluso en Perú, se sigue aplicando desde el inicio las tradicionales herramientas que emplean barras horizontales Gantt y redes nodales CPM como el de la figura N°4.1 cuyos parámetros principales de programación son las actividades y tiempos.

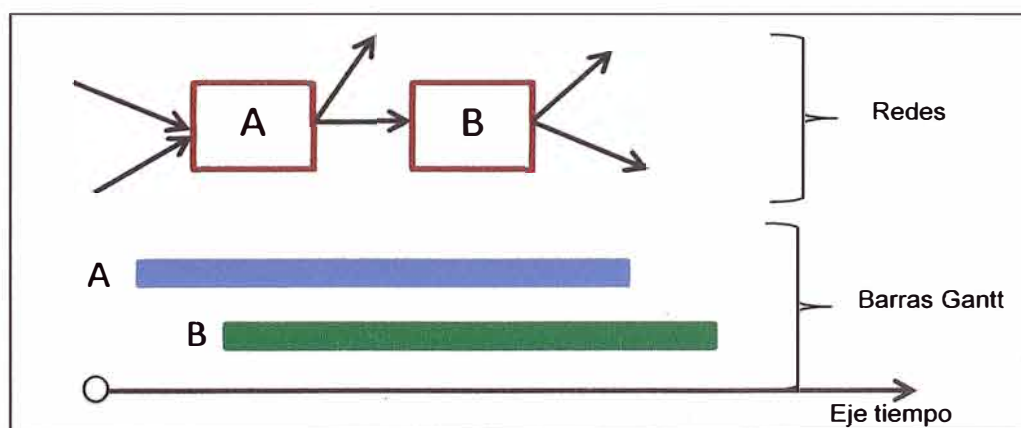


Figura N°4.1 Formas clásicas para esquematizar planes de proyectos de construcción
Fuente: Elaboración propia.

En busca de mejorar la elaboración de los planes y programas específicamente para proyectos de construcción, se encuentra una tesis titulada "Método de Construcción en Cadena" (TG/C/2907, FIC-UNI, año 1990) desarrollada por Rubén Varillas Villadeza donde profundiza la formulación y análisis de TPC, siendo buen fundamento para métodos numéricos de cualquier software que desee implementarse.

También se encuentra varias tesis que sólo hacen transcripciones conceptuales de partes de TPC y luego realizan aplicaciones a su mejor manera organizativa e interpretativa en planeaciones de proyectos de construcción.

En cuanto a la existencia de alguna tecnología de sistema, sólo se ha encontrado uno y el más avanzado a la fecha en nuestro país, dentro de la tesis titulada "Programa de Cómputo para la Programación de Obras Civiles por el Método de Construcción en Cadena", (TG/C/5828, FIC-UNI, año 2012) desarrollada por José Baltazar Silva, el autor interpretó particularmente a TPC, ya que introduce en el manejo de su programa las precedencias mejoradas (PDM), debido que el programa solicita se ingresen datos de códigos PDM y traslapes entre tareas para definir su normal tecnológica (Ver pág.50 y 51 de dicha tesis), cuando se sabe que el PDM es la base de programación de barras Gantt y redes de nodos CPM lo que conduce a pensar que el autor está regresando al método clásico, el cual se está buscando innovar. Además, dicho programa no hace predicciones de balance o nivelación de sus procesos y en consecuencia no va optimizar recursos, tampoco cuenta con plataformas CAD (como lo hacen los países avanzados tecnológicamente, por ejemplo plataformas tipo Civil3D) para trazar y refinar dinámicamente el diseño de las cadenas de construcción para conseguir cierta versatilidad.

Cabe indicar, que los conceptos empleados por TPC hasta llevarlos a esquemas gráficos en ciclogramas no requieren preliminarmente de ningún código PDM ni traslapes, más bien, el diseño final sobre ciclogramas ayudarían a definir estos códigos PDM, por ello, el programa de cómputo de la tesis citada estaría enredando conceptos distintos. Esto lleva a pensar que aún se estaría requiriendo de algún sistema y plataformas para implementar mejor los conceptos TPC en nuestro país.

En los EE.UU. se empleó las herramientas de ciclogramas en diferentes obras entre ellos las ampliaciones de entretenimiento de California Adventure Disney (Dr. Ragip Akbas, Feb. 2004. Journal #151. "Geometry-Based Modeling and Simulation of Construction Processes". CIFE Technical Report. Stanford University).

Si se hace analogías de modelamiento con la producción manufacturera, existe mayor perfección en esta industria, por ser de producción de piezas móviles, donde el objeto que se construye se acerca hacia las maquinas o "constructores", el área industrial ha perfeccionado fuertemente modelos dimensionales de software comúnmente denominados CNC (Control Numérico Computarizado) los cuales sirven para simular ordenes de la forma de construir piezas industriales, donde el constructor es una máquina fresadora (que emplea cuchillas, brocas, soldadura, perforaciones y abrasión) de forma robotizada. En el mercado, los ingenieros industriales y de mecánica de producción cuentan con diversas tecnologías de software como el "Mastercam" (CNC Software) o el "RhinoCAM" (Mecsoft Corporation) empleadas para programar en espacio y tiempo la fabricación de piezas industriales; sea en materiales de acero, plástico, fibra de vidrio, fibra de carbono o aluminio.

El modelamiento de la producción con tecnologías de software para la industria de la construcción se ha venido desarrollando en Alemania (Ver Figura N° 1.13, del Capítulo 1 del presente) desde el año 1998, donde se aprecia software que desde un inicio planean y programan la construcción, ya no con barras Gantt o redes de nodos, sino con variables de mapeos espaciales, variables de ordenes secuenciales, variables tecnológicas de procesos y variables de tiempos muy semejantes a los conceptos que emplea TPC, esto lo hacen con la finalidad de mejorar el planeamiento constructivo y la futura toma de decisiones durante la gestión y organización de recursos de la construcción.

La limitada literatura e interpretación científica particularizada de teorías como TPC, además de la escasez de plataformas de software con ciclogramas basadas en estos conceptos, son motivos para que la mayoría de planeadores y programadores sigan optando por iniciar sus planeamientos de construcción de largo, mediano y corto plazo con barras Gantt y redes de nodos CPM que utilizan Precedencias Mejoradas PDM.

El crecimiento en el país con infraestructuras de distintos tipos y con velocidad, desnudan las deficiencias en la organización de los limitados recursos en varios sectores de la construcción, por ello se requiere ya no hacer modelos estáticos sino modelos dinámicos conectadas a una mayor cantidad de variables principales de programación, que se auto regeneren cada vez se le solicite alguna modificación.

4.2 HIPÓTESIS DE SOLUCIÓN

Se debe diseñar y programar modelos dimensionales en tecnologías de sistemas asociados a variables de TPC, ello ayudaría apreciar rápidamente el potencial de estas teorías en la organización de recursos y mejoraría su empleabilidad en los proyectos de construcción en el país.

CAPITULO V

ESTRUCTURA nD PROPUESTA

5.1 ESTRUCTURA nD GENERAL

La estructura nD es un prototipo esquemático para el modelamiento, siendo el punto de partida donde se adecuaran múltiples tipos de variables informáticas, en la figura N°5.1 se muestra diversas variables entre numéricas, textuales, gráficos, colores, objetos, funciones, memoria, archivos, directorios y otros, que se disponen hacia la obtención de algún sistema informático, que pueden ser juntados con parámetros de producción de TPC en particular.

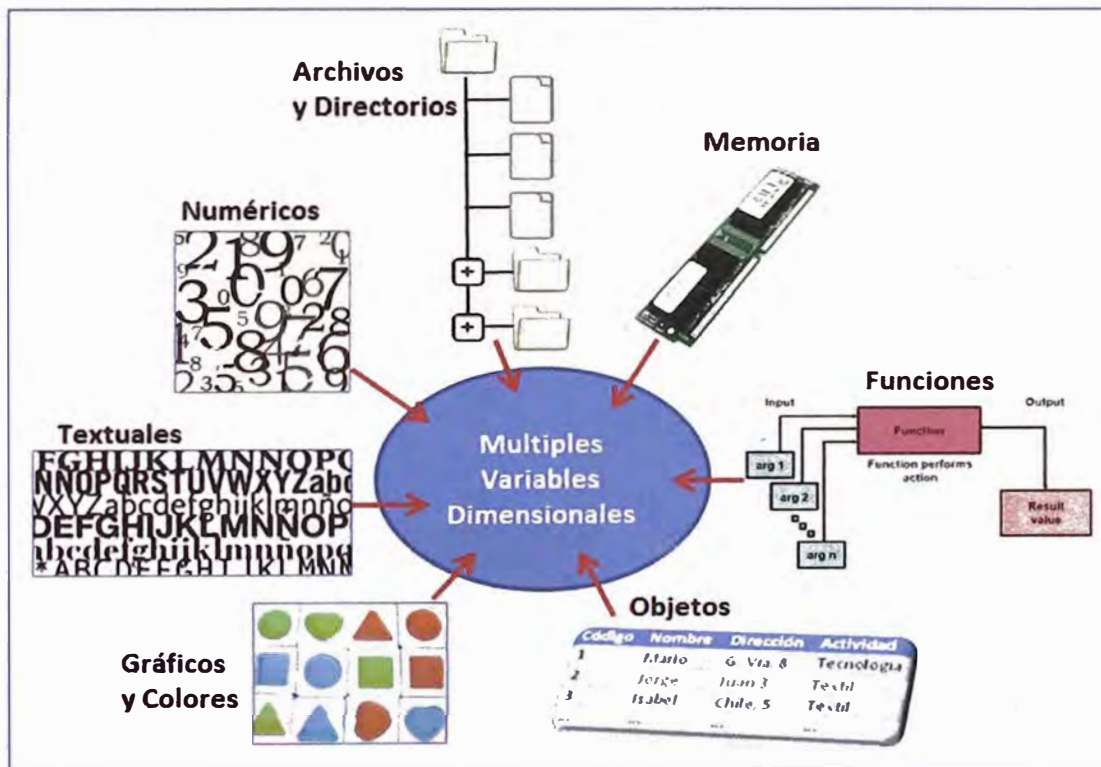


Figura N°5.1 Diferentes variables dimensionales para informática.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°5.2 se muestra la estructura nD general propuesta, el cual consta de las partes generales administrativas de un software, ésta contienen una zona de entrada, una zona de pre-procesamiento con núcleo de procesamiento y finalmente una zona de salida o post-procesamiento.

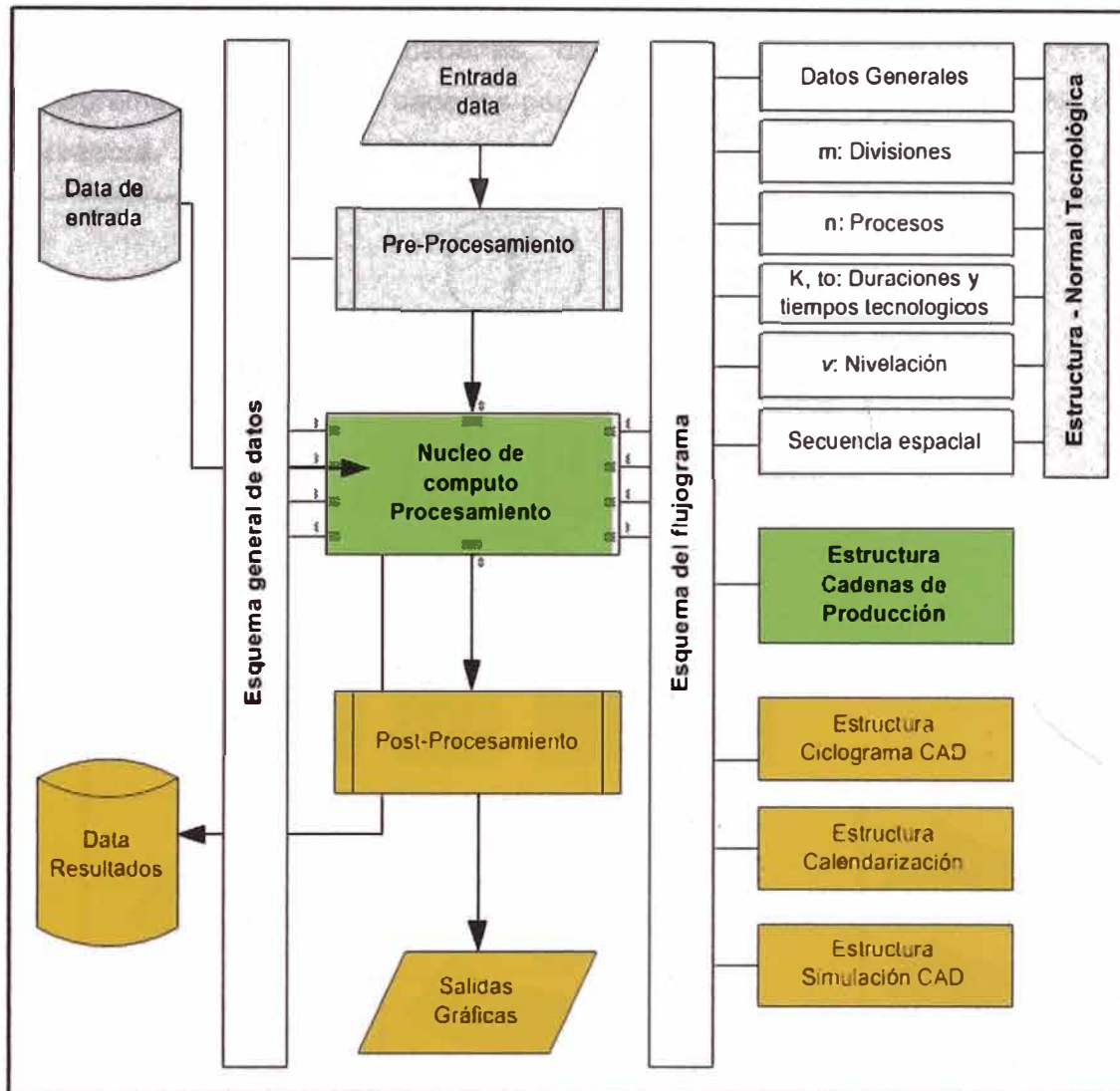


Figura N°5.2 Estructura nDimensional propuesta.
Fuente: Elaboración propia.

El flujoograma para el desenvolvimiento específico del sistema que maneje variables TPC se propone en la figura N°5.3, aquí se muestra el flujo que contendría este, desde que el usuario elige la cantidad de ciclogramas, seguidamente la cantidad de cadenas de construcción por cada ciclograma, a su vez cada cadena de construcción es función de las variables n , m y K que deberá ser también asignada; pasando luego a solicitar datos de líneas de balance, secuencias espaciales, recursos y precios (opcional). Todos los datos asignados anteriormente serán integrados y canalizados a una zona de corrimiento para el diseño.

Después de la ejecución del diseño la plataforma tiene la información para poder ser representados como cadenas, barras Gantt, trenes de actividades e histogramas de recursos y sacarlos por una pantalla de computador o hacia una impresora.

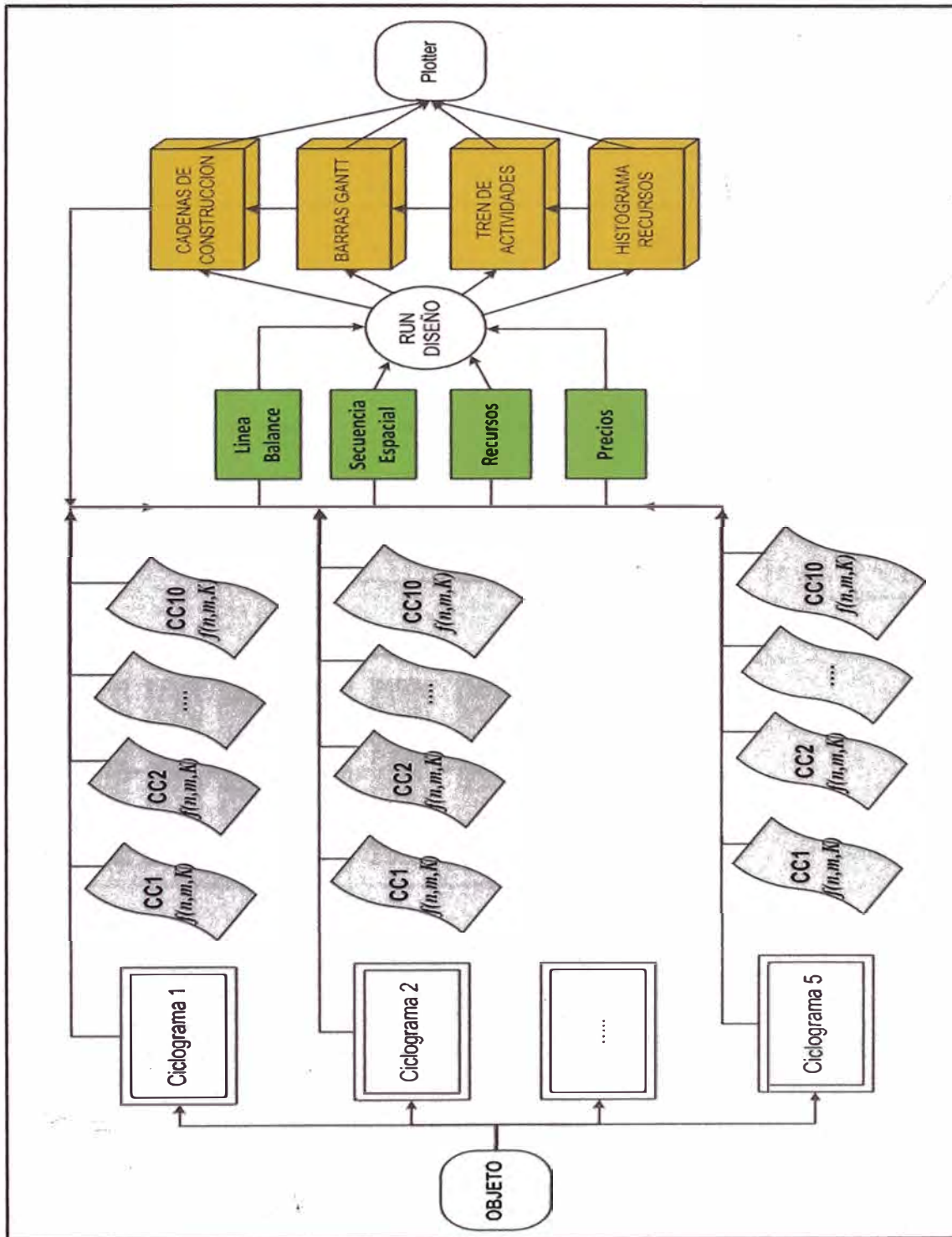


Figura N°5.3 Flujograma del modelo dimensional informático.
 Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°5.4 se muestra el algoritmo desarrollado a más detalle para el modelo dimensional, aquí el sistema se centra en analizar bien a las cadenas de construcción en forma aislada temporalmente ya que estas son funciones de sus propias variables n, m y K, para después reunir las y generar una cadena objeto.

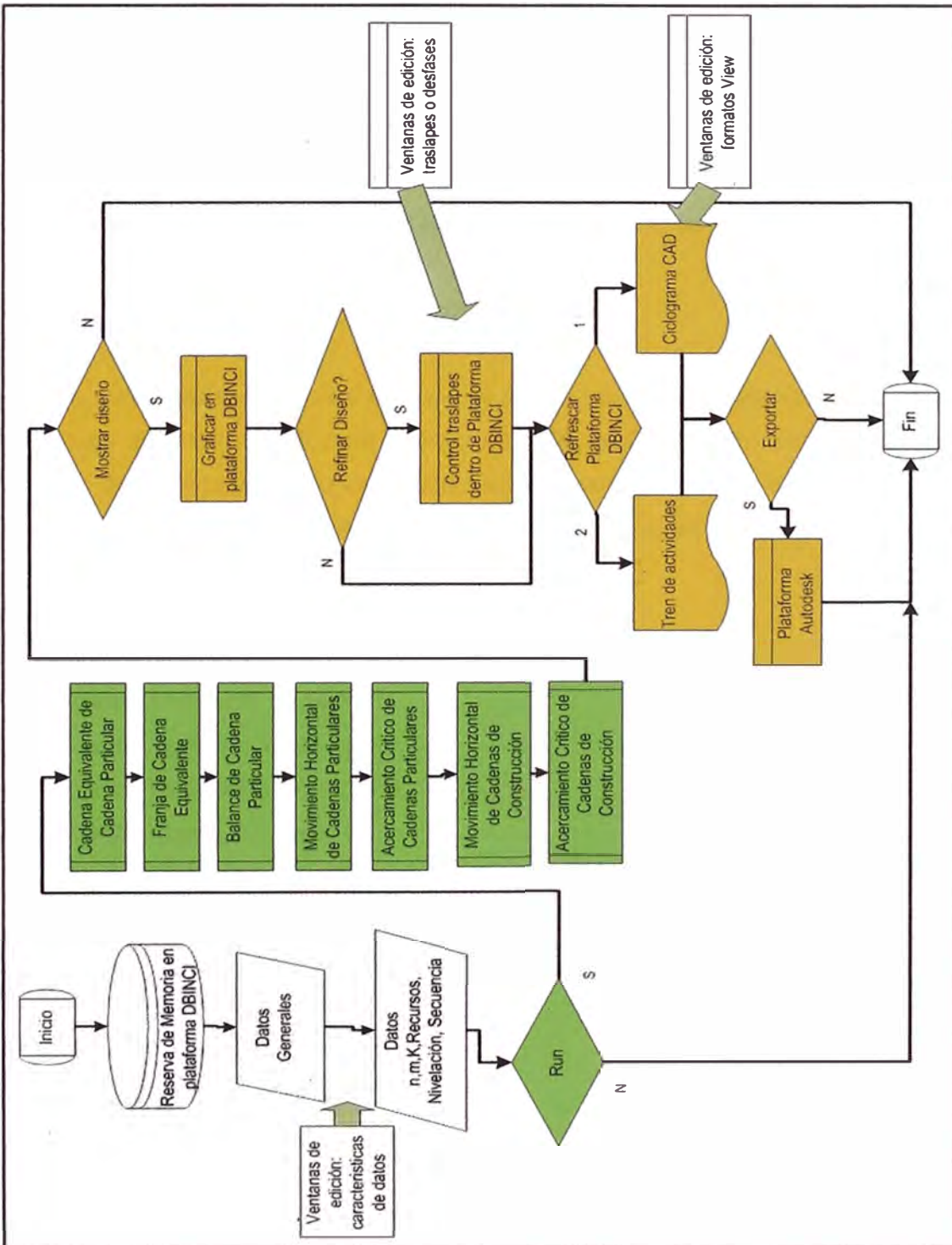


Figura N°5.4 Algoritmo general de las cadenas de construcción.
 Fuente: Elaboración propia.

5.2 INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN

Integrar estructuras de información requiere de programación de objetos, que son tecnologías informáticas a los cuales casi siempre se le puede adecuar tres conceptos lógicos de control como son; la *secuencia* (sucesión de procesos o procedimientos de eventos para el objeto), *selección* (preguntas de bifurcación condicional para ejecutar o no algún código fuente o cambio de características visuales) e *interacción* (repetición de una operación mientras se cumple una condición). Estos conceptos lógicos de control pueden ser combinados para producir programas que manejen tareas de procesamiento de información.

5.2.1 Selección del lenguaje de programación

Se requiere avanzado uso de sintaxis de un lenguaje de programación orientada a objetos que es lo usual para plataformas Microsoft. En la figura N°5.5 se lista objetos del lenguaje de programación Microsoft Visual Basic a emplearse y que son actualizables a futuras nuevas versiones de lenguaje, estas se enumeran a continuación:

1. Objetos Ventanas o Formularios
2. Objetos Contenedores o PictureBox
3. Objetos Etiquetas o Label
4. Objetos Textos o Text
5. Objetos Botones o Command
6. Objetos Marco o Frame
7. Objetos Opciones o Option
8. Objetos Chequear o Check
9. Objetos Tablas o MsFlexGrid
10. Objetos Persianas o Combo
11. Objetos Lista o List
12. Objetos Imágenes o Image
13. Objetos Líneas o Line
14. Objetos Círculos o Circle
15. Objetos Componentes Estándares (Abrir, Paleta de Colores, Salvar) o conocido también como el CommandDialog
16. Objetos Tiempo o Timer

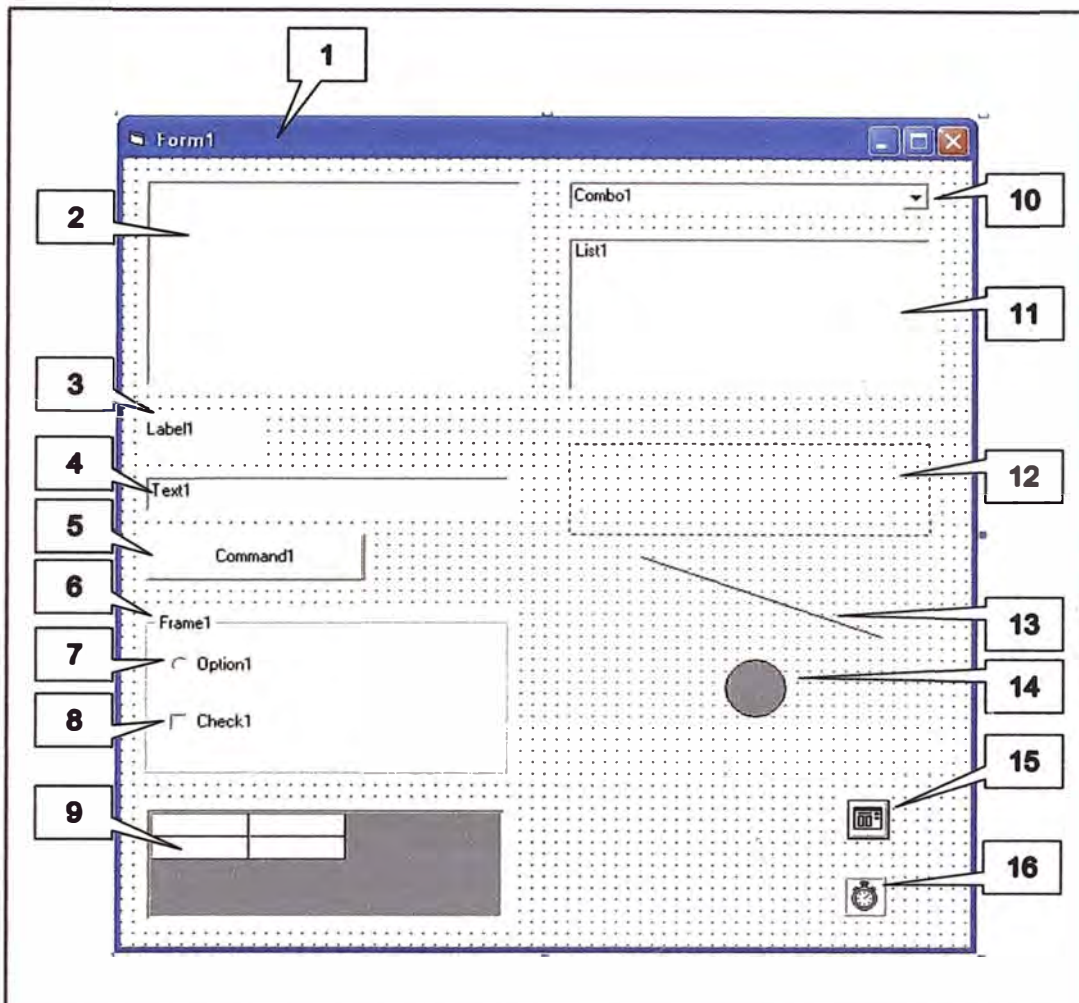


Figura N°5.5 Objetos empleados en lenguajes de programación visual.
 Fuente: Microsoft Visual Studio.

5.2.2 Las macros

Son otras formas de integrar lenguajes de Visual Basic de Microsoft compatibles para las consolas o módulos de codificación donde éste se emplee. Una macro es una serie de procedimientos o funciones agrupados dentro de un módulo que se pueden guardar como un escrito (script), o se digitan dentro de estos para poder ejecutarse cuando se invoque. En el mercado se tiene el lenguaje VBA (Visual Basic for Applications) los cuales están enfocados a soportar escritura Microsoft Visual Basic en plataformas como Microsoft Excel, Autodesk AutoCAD, Autodesk Civil 3D, Microsoft Project y otros.

CAPÍTULO VI

ESTRUCTURA DE MODELOS nD

6.1 ESTRUCTURA nD NORMAL TECNOLÓGICA

Cuando el planeamiento productivo de las cadenas de construcción tiene definido la información tecnológica en listas ordenadas de procesos, divisiones y sus respectivas duraciones, la información requiere ser transcrito hacia un documento para volverse una *norma tecnológica* que se asignará a la programación de los modelos dimensionales informáticos.

El volúmen de información contenida en este documento dependerá de la cantidad de ciclogramas a emplear y a su vez la cantidad de cadenas de construcción por cada ciclograma. En la figura N°6.1 se muestra un algoritmo que estructura la normal tecnológica con una cantidad de ciclogramas y cadenas de construcción, donde cada cadena es función de las distintas variables n, m y K respectivos.

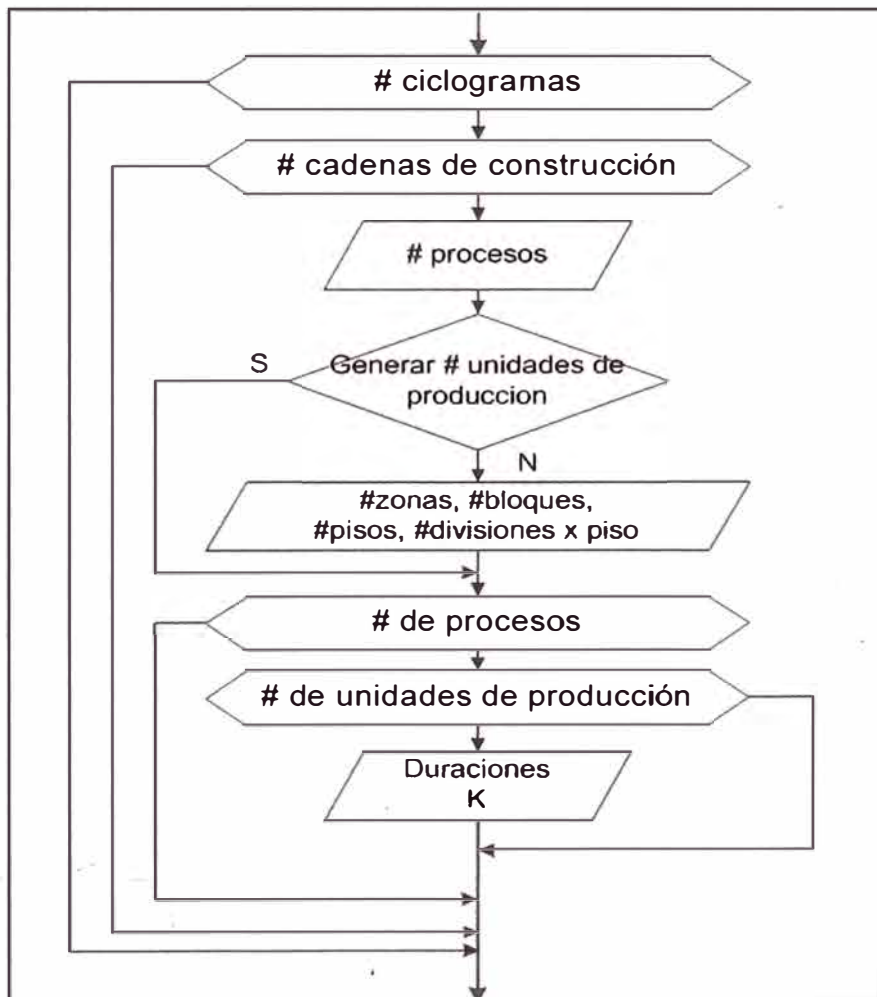


Figura N°6.1 Algoritmo para una estructura nD Normal Tecnológica.
Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro N°6.1 se muestra un modelo representativo para la normal tecnológica.

Cuadro N°6.1 Datos para normal tecnológica.

NORMAL TECNOLÓGICA																
n	Descripción de proceso o actividad	Cuadrilla unitaria	Rendim. (S)	Volum. (p)	Duración (p/S)	Volumen desagregado en "m" unidades de producción					Duración K en cada "m"					
						1	2	3	...	m	1	2	3	...	m	
CICLOGRAMA 1	CC1 Cadena de Construcción 1															
	1	proceso1	cdr1	S1	p1	D1	p11	p12	p13	...	p1m	K11	K12	K13	...	K1m
	2	proceso2	cdr2	S2	p2	D2	p21	p22	p23	...	p2m	K21	K22	K23	...	K2m
	3	proceso3	cdr3	S3	p3	D3	p31	p32	p33	...	p3m	K31	K32	K33	...	K3m
	4	proceso4	cdr4	S4	p4	D4	p41	p42	p43	...	p4m	K41	K42	K43	...	K4m
	5	proceso5	cdr5	S5	p5	D5	p51	p52	p53	...	p5m	K51	K52	K53	...	K5m

	n	proceson	cdrn	Sn	pn	Dn	pn1	pn2	pn3	...	pnm	Kn1	Kn2	Kn3	...	Knm
	CC2 Cadena de Construcción 2															
	1	proceso1	cdr1	S1	p1	D1	p11	p12	p13	...	p1m	K11	K12	K13	...	K1m
	2	proceso2	cdr2	S2	p2	D2	p21	p22	p23	...	p2m	K21	K22	K23	...	K2m
	3	proceso3	cdr3	S3	p3	D3	p31	p32	p33	...	p3m	K31	K32	K33	...	K3m
	4	proceso4	cdr4	S4	p4	D4	p41	p42	p43	...	p4m	K41	K42	K43	...	K4m
	5	proceso5	cdr5	S5	p5	D5	p51	p52	p53	...	p5m	K51	K52	K53	...	K5m

	n	proceson	cdrn	Sn	pn	Dn	pn1	pn2	pn3	...	pnm	Kn1	Kn2	Kn3	...	Knm
CC3 Cadena de Construcción 3																
1	proceso1	cdr1	S1	p1	D1	p11	p12	p13	...	p1m	K11	K12	K13	...	K1m	
2	proceso2	cdr2	S2	p2	D2	p21	p22	p23	...	p2m	K21	K22	K23	...	K2m	
3	proceso3	cdr3	S3	p3	D3	p31	p32	p33	...	p3m	K31	K32	K33	...	K3m	
4	proceso4	cdr4	S4	p4	D4	p41	p42	p43	...	p4m	K41	K42	K43	...	K4m	
5	proceso5	cdr5	S5	p5	D5	p51	p52	p53	...	p5m	K51	K52	K53	...	K5m	
...	
n	proceson	cdrn	Sn	pn	Dn	pn1	pn2	pn3	...	pnm	Kn1	Kn2	Kn3	...	Knm	
CICLOGRAMA 2	CC1 Cadena de Construcción 1															
	1	proceso1	cdr1	S1	p1	D1	p11	p12	p13	...	p1m	K11	K12	K13	...	K1m
	2	proceso2	cdr2	S2	p2	D2	p21	p22	p23	...	p2m	K21	K22	K23	...	K2m
	3	proceso3	cdr3	S3	p3	D3	p31	p32	p33	...	p3m	K31	K32	K33	...	K3m
	4	proceso4	cdr4	S4	p4	D4	p41	p42	p43	...	p4m	K41	K42	K43	...	K4m
	5	proceso5	cdr5	S5	p5	D5	p51	p52	p53	...	p5m	K51	K52	K53	...	K5m

	n	proceson	cdrn	Sn	pn	Dn	pn1	pn2	pn3	...	pnm	Kn1	Kn2	Kn3	...	Knm
	CC2 Cadena de Construcción 2															
	1	proceso1	cdr1	S1	p1	D1	p11	p12	p13	...	p1m	K11	K12	K13	...	K1m
2	proceso2	cdr2	S2	p2	D2	p21	p22	p23	...	p2m	K21	K22	K23	...	K2m	
3	proceso3	cdr3	S3	p3	D3	p31	p32	p33	...	p3m	K31	K32	K33	...	K3m	
4	proceso4	cdr4	S4	p4	D4	p41	p42	p43	...	p4m	K41	K42	K43	...	K4m	
5	proceso5	cdr5	S5	p5	D5	p51	p52	p53	...	p5m	K51	K52	K53	...	K5m	
...	
n	proceson	cdrn	Sn	pn	Dn	pn1	pn2	pn3	...	pnm	Kn1	Kn2	Kn3	...	Knm	

Fuente: Elaboración propia.

6.2 ESTRUCTURA nD CADENAS DE PRODUCCIÓN

Las cadenas para consolidarse en un diseño requieren además de las variables n , m y K otras variables como tiempos tecnológicos, línea de balance, lista de recursos mano de obra y equipos.

En la figura N°6.2 se muestra una cadena particular típica que requiere asignársele amortiguadores (tiempo tecnológico o tiempo de espera cualquiera asignado, por ejemplo el tiempo de fragua del concreto) para resolver el acercamiento con la próxima sucesora, también requiere asignársele recursos no necesariamente continuos en todo el proceso, además requiere una línea de balance para definir cantidad de cuadrillas y traslapes resultantes entre predecesoras y sucesoras a este proceso.

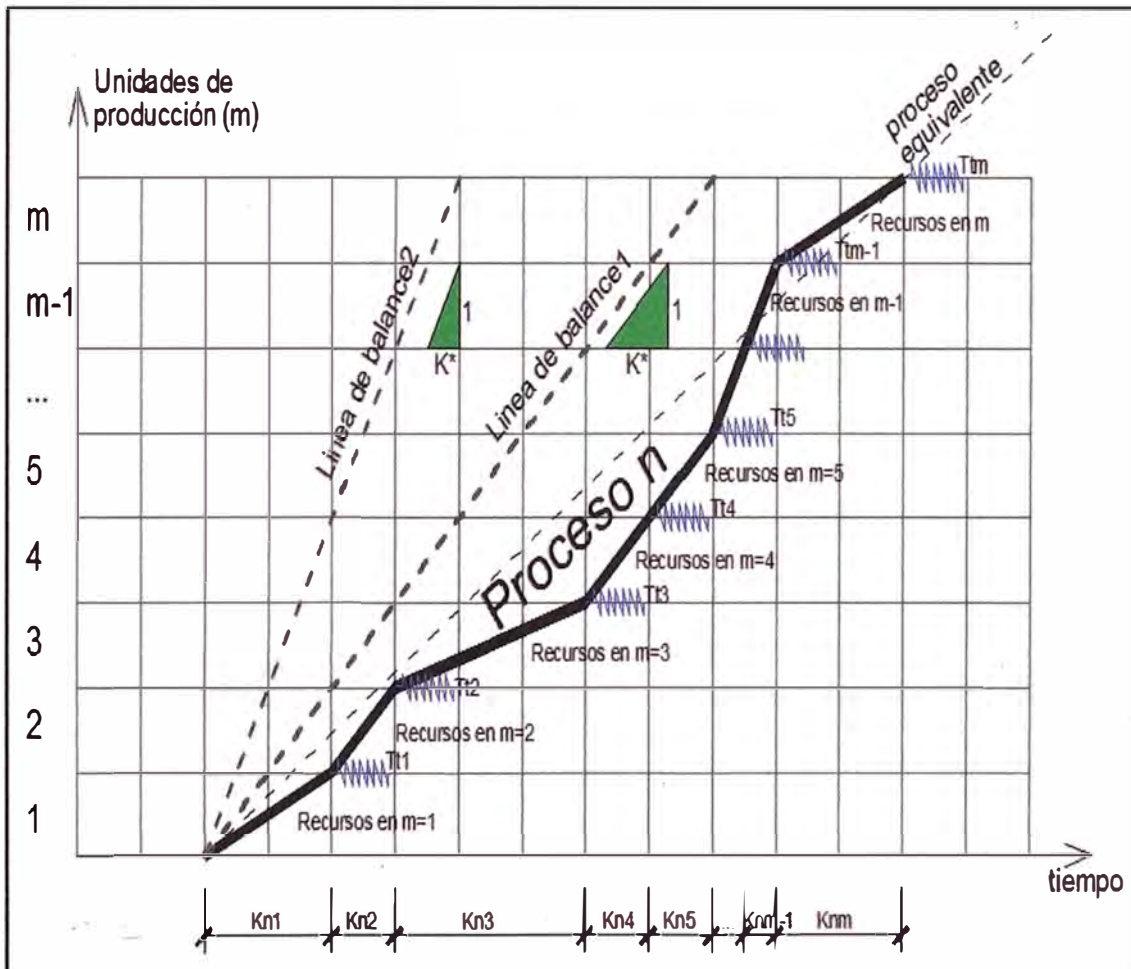


Figura N°6.2 Estructura de cadena particular de construcción.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1 Tiempos tecnológicos y amortiguadores

La figura N°6.3 muestra un algoritmo cuya finalidad es recoger información de tiempos tecnológicos t_{To} , para el caso lineal de unidades de producción iguales y casos no lineales en casos de unidades de producción desiguales.

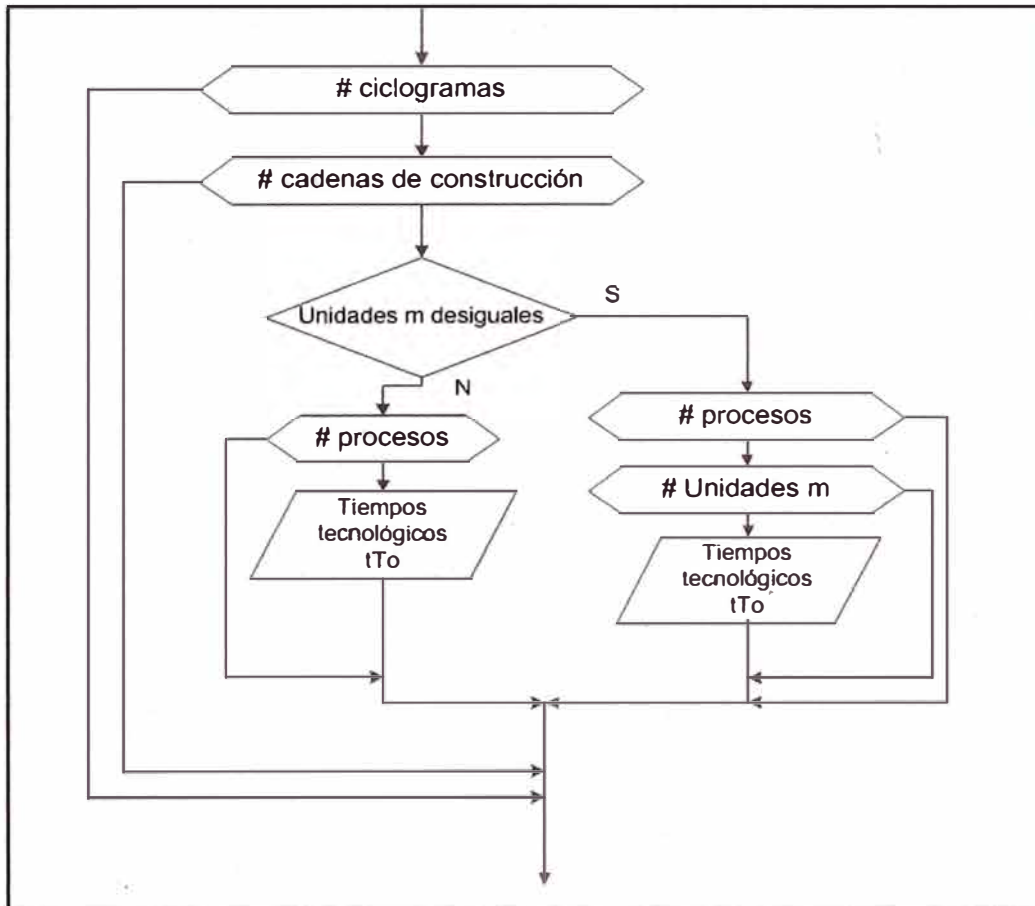


Figura N°6.3 Algoritmo para tiempos tecnológicos entre procesos.
 Fuente: Elaboración propia.

6.2.2 Recursos

La siguiente figura N°6.4 muestra un algoritmo cuya finalidad es recoger información de los recursos: mano de obra y equipos; si se requiere asignar recursos de forma lineal, los recursos se asignaran de forma constante a todas las unidades de producción, y si es de forma no lineal, se puede asignar una lista de recursos por cada unidad de producción.

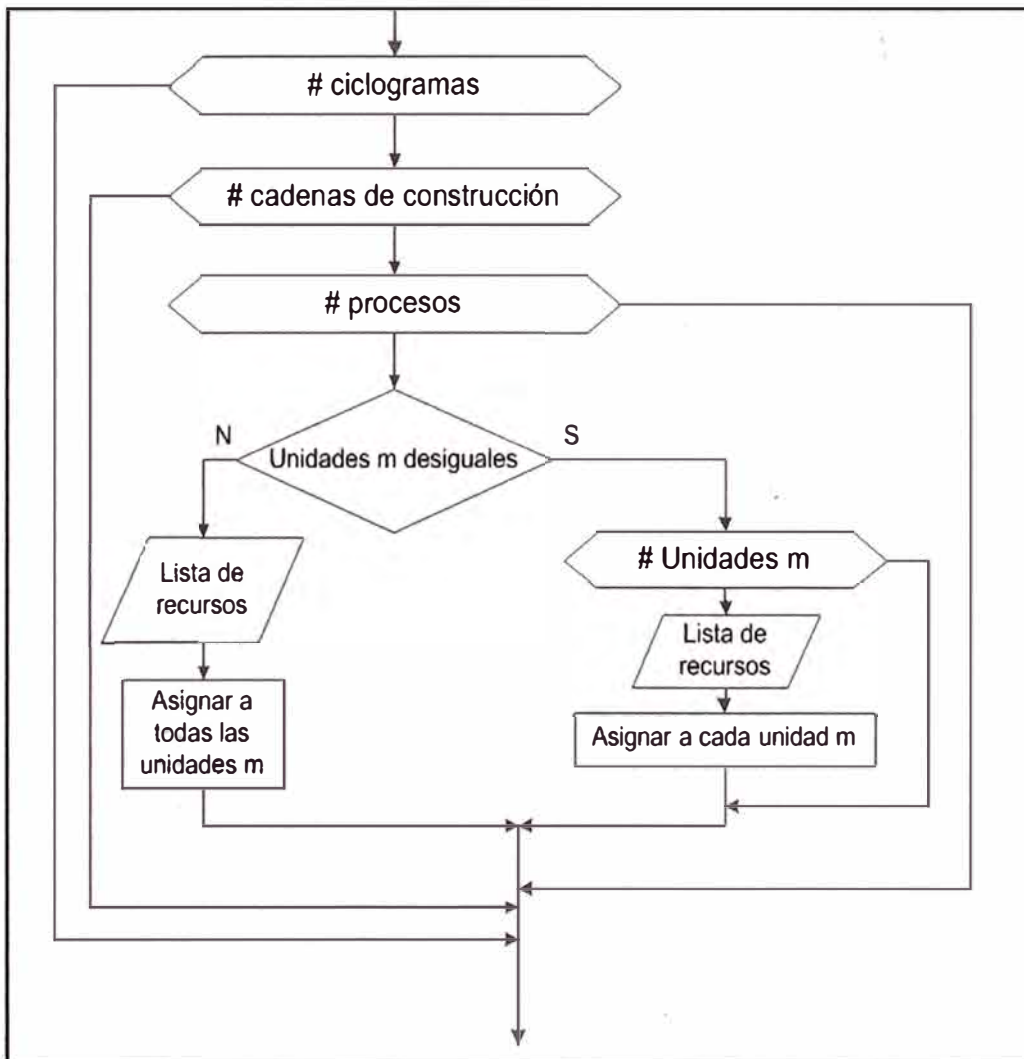


Figura N°6.4 Algoritmo para recursos de procesos.
 Fuente: Elaboración propia.

6.2.3 Línea de balance

El proceso de nivelación requiere de una línea de balance (LOB, Line of balance) como guía imaginaria para hacer nivelación de uno o más procesos de ritmos distintos a LOB, se elige uno o más CP que requieran nivelación. En la figura N°6.5 se muestra una línea de balance y una serie de procesos no balanceados y dispuestos hasta sus acercamientos críticos (cercanía mínima entre estos, sin que presenten tiempos improductivos).

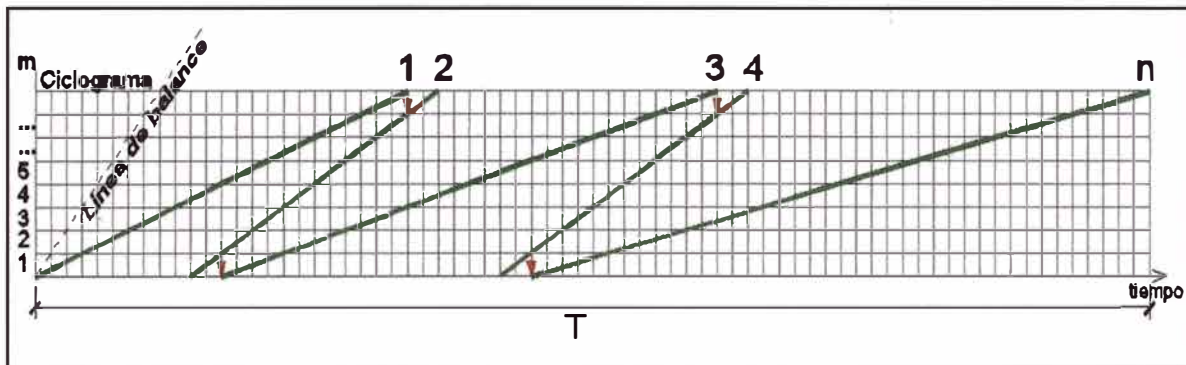


Figura N°6.5 Serie de procesos no balanceados y con acercamiento crítico.
 Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro N°6.2 se puede estimar cantidad de cuadrillas conociendo el ritmo solicitado de la línea balance y obtener la correspondiente duración K^* .

$$K^* = \frac{1}{v} \quad (6.1)$$

Dónde:

K^* : Es la inversa del ritmo v de la línea de balance, expresado en tiempo.

N: número de cuadrillas.

Cuadro N°6.2 Estimación de cuadrillas para realizar balance.

n	Duraciones		Numero de cuadrilla	
	K	K^*	K/K^*	N
1	3	2	1.5	2
2	2	2	1	1
3	4	2	2	2
4	2	2	1	1
n	5	2	2.5	3

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°6.6 se presentan gráficamente las cuadrillas estimadas, este proceso generará anchos de franjas f diagonales. Estas franjas deberán ser recortadas en forma diagonal con la finalidad de llevarlo hacia un problema rítmico ficticio (buscando aplicar fórmulas rítmicas).

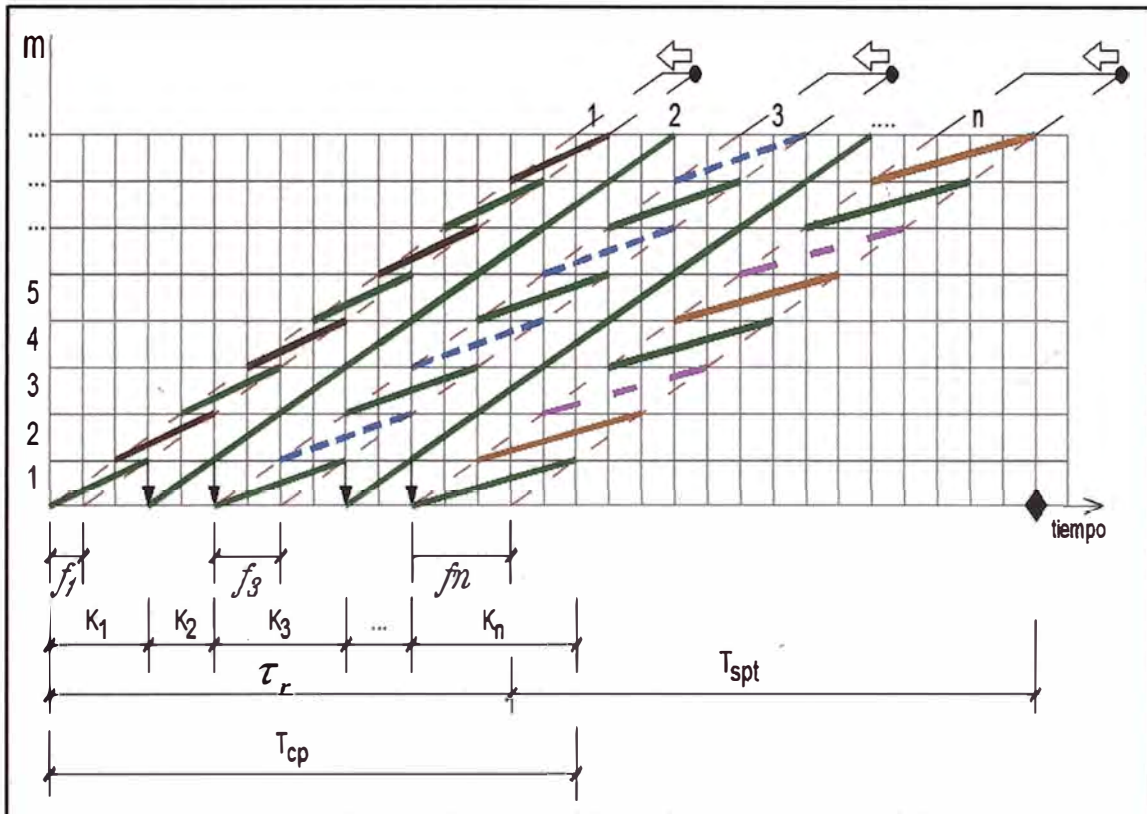


Figura N°6.6 Franjas diagonales durante el balance de cuadrillas.
 Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

- Ancho de cada franja: $f_j = K_j - K^*$ ($K_j \geq K^*$) (6.2)

- Acumulados de anchos de franja: $LF = \sum_{j=1}^{j=n} f_j$ (6.3)

En la figura N°6.7 se presenta un modelo ficticio de cadenas rítmicas realizada con la finalidad de aplicar las ecuaciones básicas rítmicas.

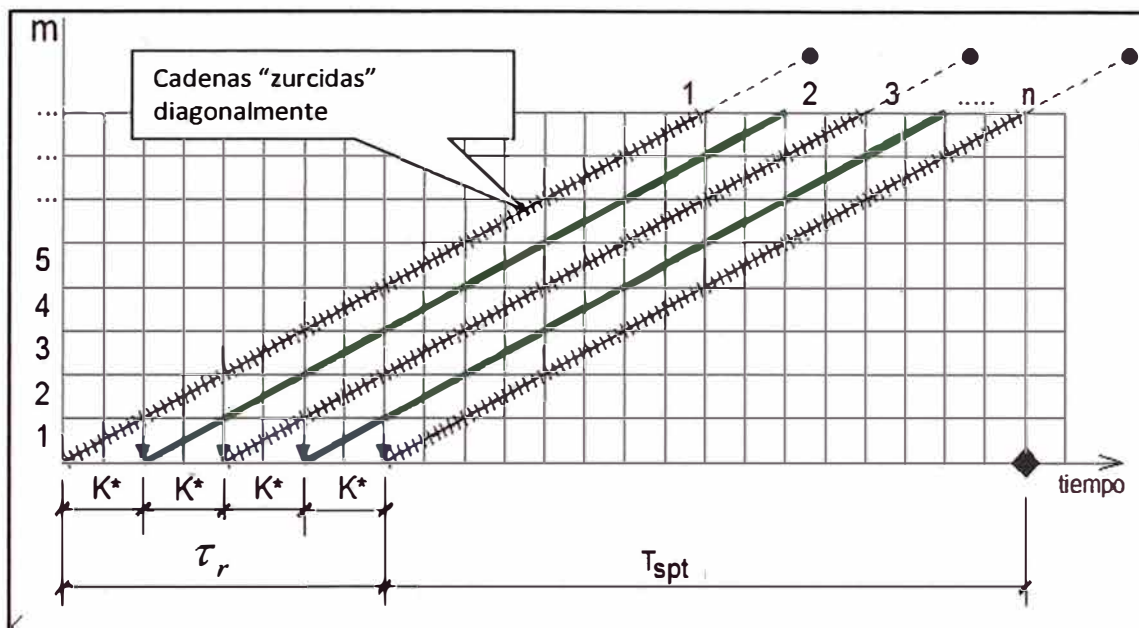


Figura N°6.7 Modelo ficticio de cadena de construcción rítmica.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°6.10 se aplican las formulas rítmicas:

$$\tau_r = (n - 1)K^* + LF \quad T_{spt} = mK^* \quad (6.4)$$

El tiempo de la cadena de construcción nivelada será:

$$T = \tau_r + T_{spt} \quad (6.5)$$

Reemplazando (6.2), (6.3) y (6.4) en (6.5), se obtiene el tiempo total de la cadenas niveladas, que puede renombrarse como **Ley fundamental espacio-tiempo balanceado**.

$$T = (m + n - 1)K^* + \sum_{j=1}^{j=n} (K_j - K^*) + \sum_{i=1}^{i=1} \sum_{j=1}^{j=n-1} t_{T_{i,j}} \quad (6.6)$$

La figura N°6.8 muestra un algoritmo para iterar el cálculo de tiempos en situaciones de línea de balance.

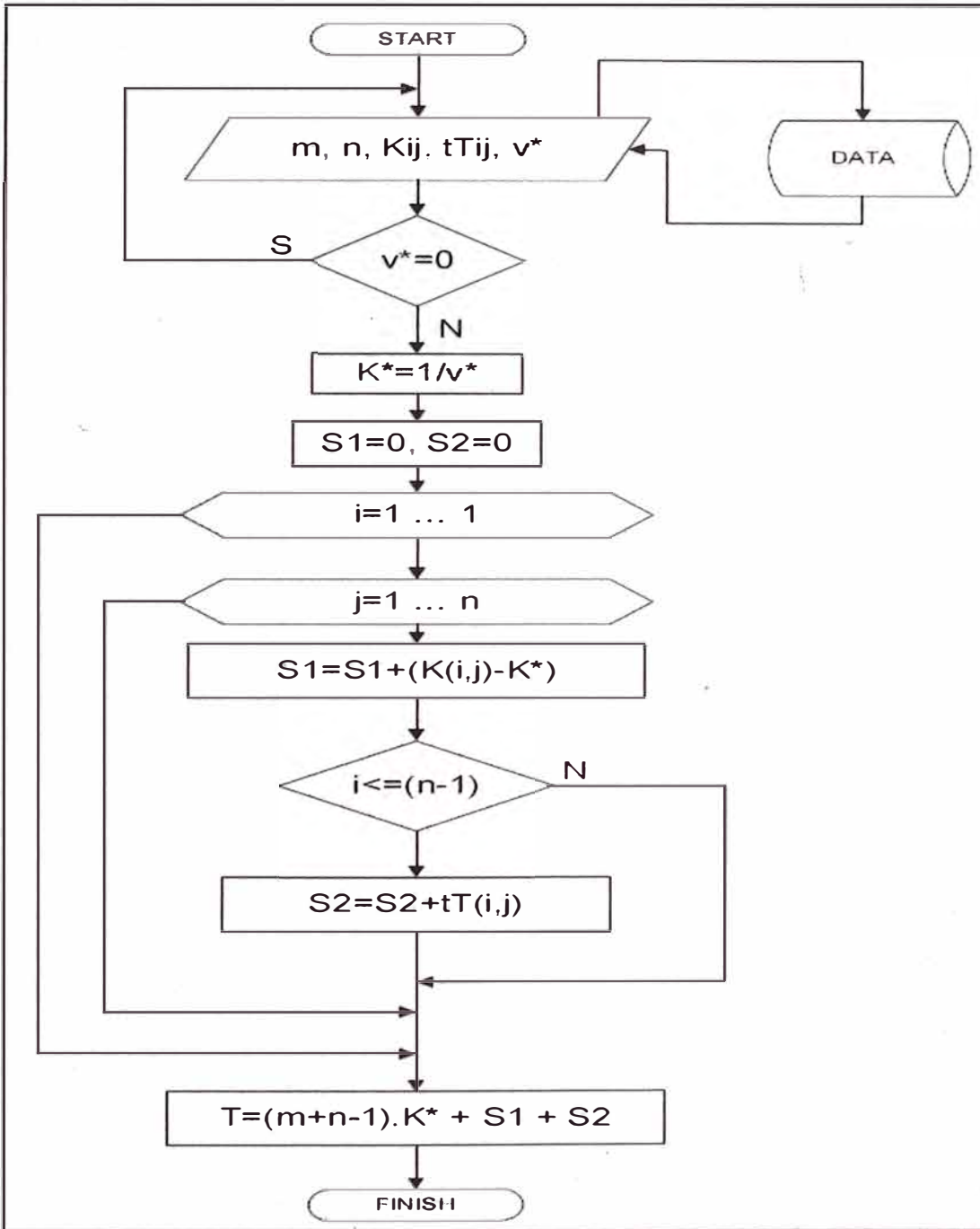


Figura N°6.8 Algoritmo para cadena de producción balanceada.
 Fuente: Elaboración propia.

La figura N°6.9 muestra diversas posibilidades de líneas de balance y su correspondiente nivelación con cuadrillas, en ella puede apreciarse los desfases de espera de una cuadrilla, y desfases entre cuadrillas distintas obtenidas al variar los ritmos de las líneas de balance (Ver código fuente en Anexo 2).

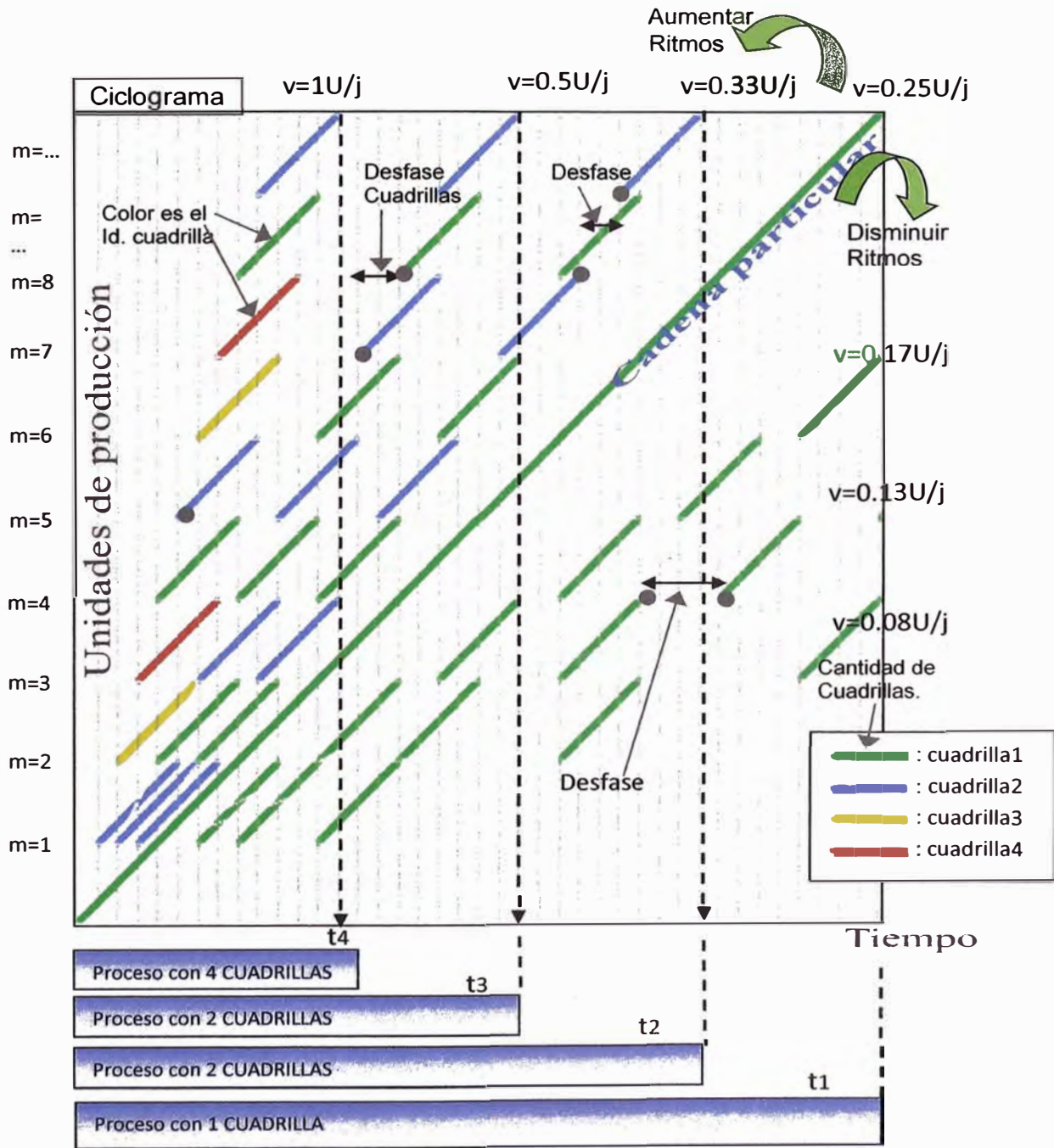


Figura N°6.9 Líneas de balance en la nivelación de recursos.

Fuente: Elaboración propia.

6.3 ESTRUCTURA nD CICLOGRAMA CAD

Durante el trazado del ciclograma una de las características principales es la forma del trazado del eje vertical que contiene las divisiones espaciales o unidades de producción “m”, es importante la estructuración ya que con ella se puede indicar la ubicación de los recursos reflejado en el tiempo. Existen diversas formas desde básicas a complejas para estructurar el eje vertical.

En la figura N°6.10 se tiene un ciclograma básico con un sólo eje vertical donde la cantidad de unidades “m” es la misma para todas las cadenas de construcción además la secuencia de ejecución es progresiva y ordenada numéricamente (m1, m2, m3,..., m11).

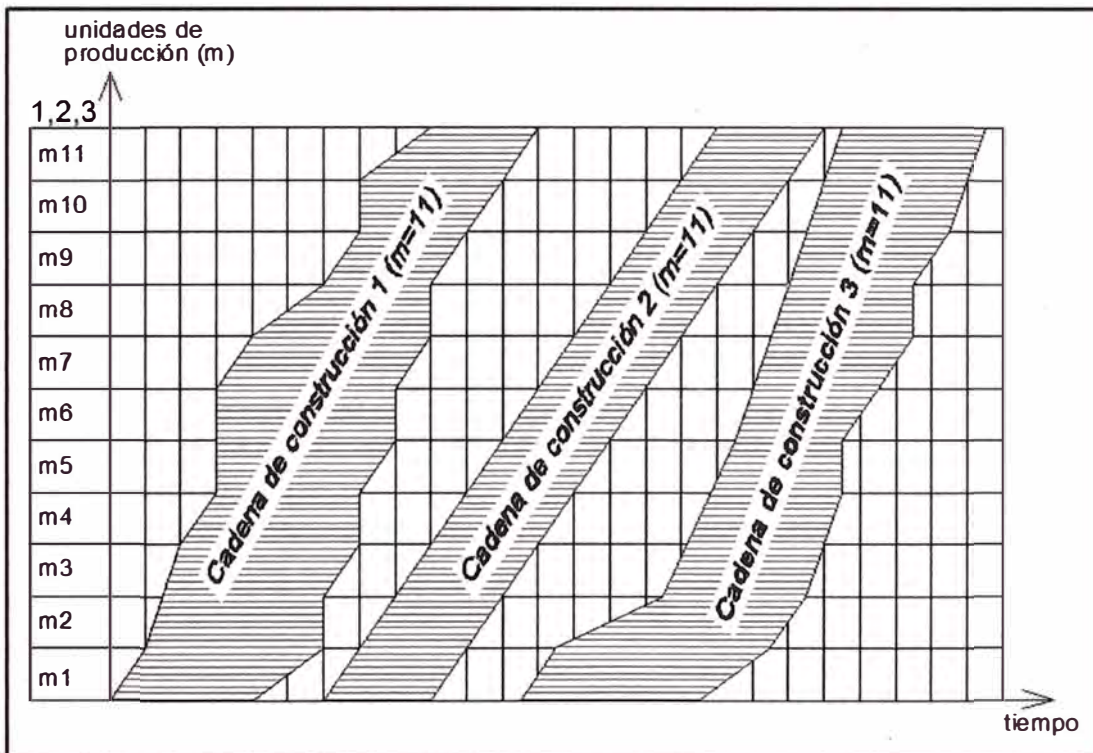


Figura N°6.10 Ciclograma con un sólo eje vertical de variables “m” iguales y numéricamente ordenados.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°6.11 se muestra varios ejes verticales debido a que la cantidad de unidades de producción m es distinto para cada cadena de construcción y a su vez la secuencia de ejecución es progresiva y ordenada numéricamente (m1, m2, m3, m4,...).

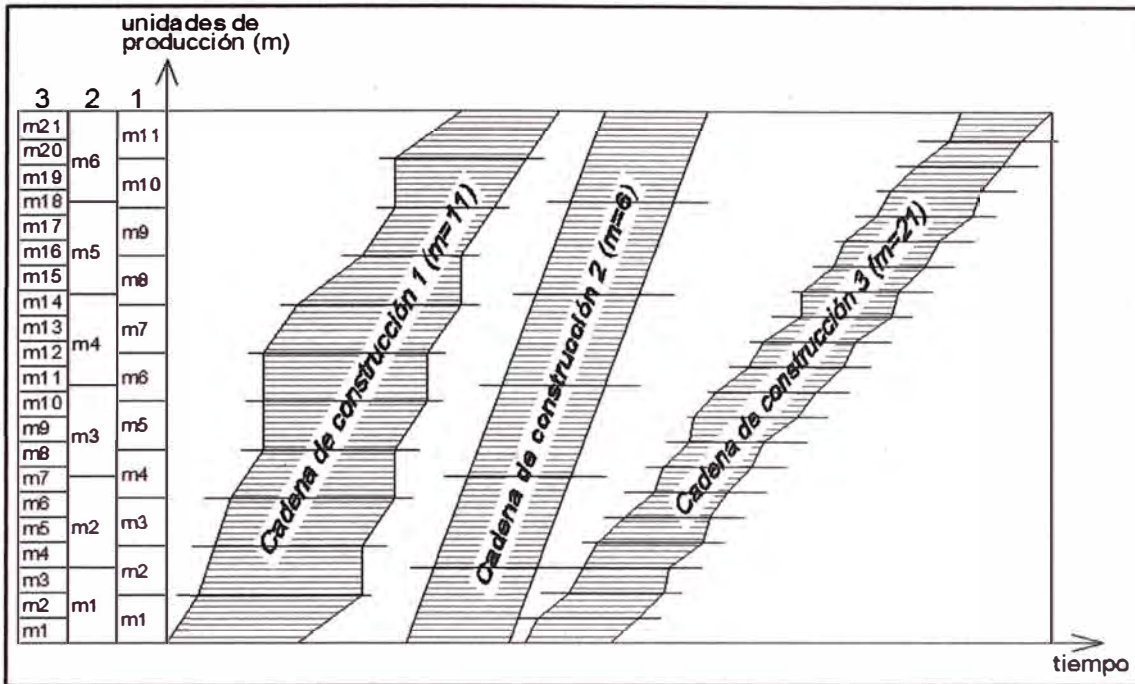


Figura N°6.11 Ciclograma con ejes verticales de variables "m" distintas y numéricamente ordenados.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°6.12 se muestra un ciclograma con varios ejes verticales donde aparecen las variables "m", "a", "b" y "z" además la secuencia de ejecución es progresiva y ordenada numéricamente (m1, m2, m3, m4,...).

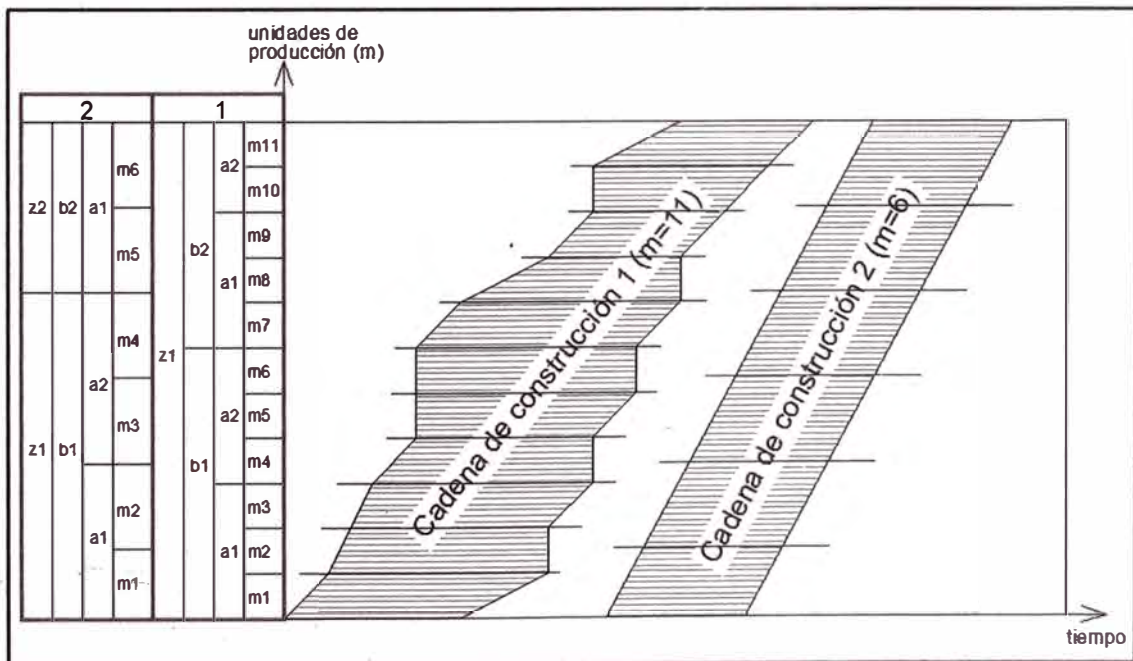


Figura N°6.12 Ciclograma con varios ejes verticales de variables "m", "a", "b" y "z" ordenados.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°6.14 se muestra acercamientos tecnológicos dispuestos entre cadenas de construcción, la resultante representará el objeto de construcción.

$$CO = \sum_1^E CC \quad (6.7)$$

Dónde: E es la cantidad de cadenas de construcción en el ciclograma.

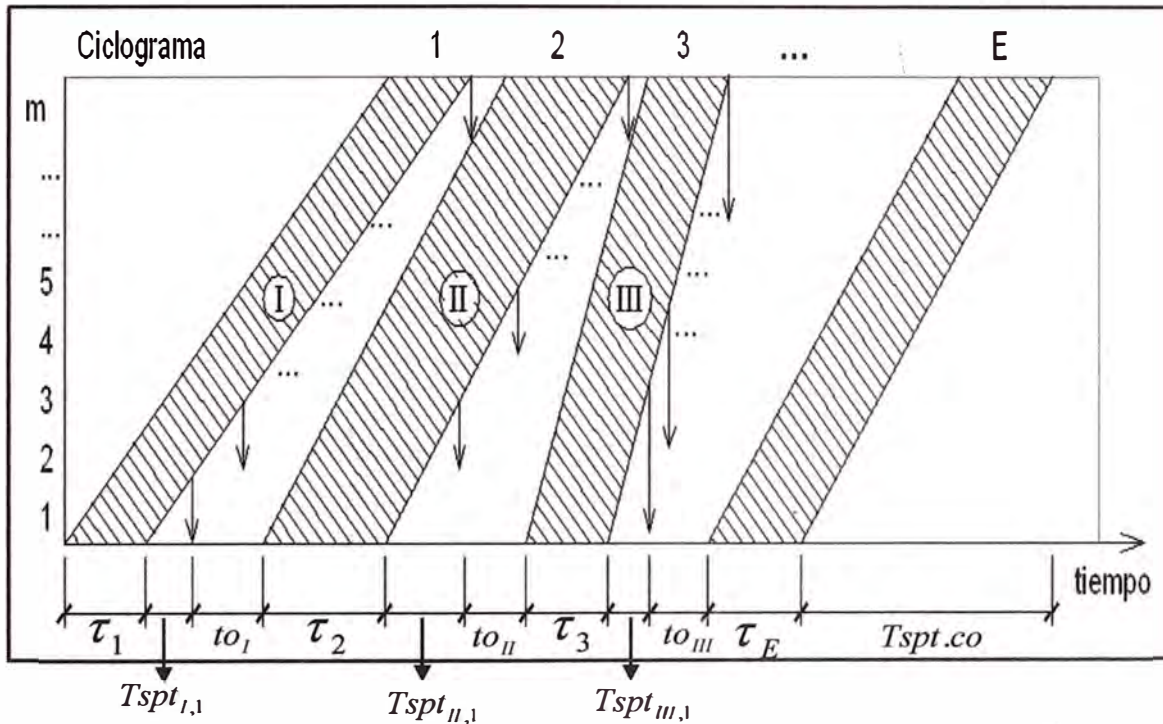


Figura N°6.14 Tiempo total de cadena objeto.
Fuente: Juan Ríos Segura.

$$\tau_{co} = \sum_{e=1}^E \tau_e + \sum_{e=1}^E Tspt_{e,1} + \sum_{e=1}^E to_e \quad (6.8)$$

El tiempo total de la cadena objeto.

$$Tco = \tau_{co} + Tspt_{co} \quad (6.9)$$

6.4 ESTRUCTURA nD CALENDARIZACIÓN

El diseño de una cadena de construcción o una cadena de objeto requieren luego colocarse con fechas, para ello el tiempo total obtenido sobre el ciclograma debe adaptarse sobre un calendario.

Una forma rápida para determinar un plazo calendario:

Obtener el tiempo total T o tiempo productivo neto.

Castigar T por el factor 1.20, obteniéndose el T.calendario de forma aproximada.

Adicionar un T.amortiguador al Tcalendario. El Tamortiguador se estima aproximadamente entre 10% y 20% de T.

Plazo calendario=T.calendario+T.amortiguador.

6.4.1 Tiempo calendario de una cadena objeto

La cadena de objeto requiere definirse primero sobre el ciclograma, luego se empezara calendarizar haciendo "huecos verticales" o agregando "columnas ficticias" en caso de días feriados o no laborables, esta situación lleva a estirar y desplazar hacia la derecha el ciclograma de manera progresiva.

En la figura N°6.15 se muestra por ejemplo un diseño de cadena de objeto con el tiempo T productivo, en ella se va introducir columnas verticales representando los días feriados. Las inserciones progresivas que se realizarán dependerá del tipo de calendario empleado por el usuario. En este gráfico se asume el día siete (como el día feriado) lo que hace desplazar parcialmente el diseño hacia la derecha.

En la figura N°6.16 y 6.17 se muestra la inserción de más columnas feriado en otro día productivo lo que hace desplazar parcialmente el diseño anterior hacia la derecha.

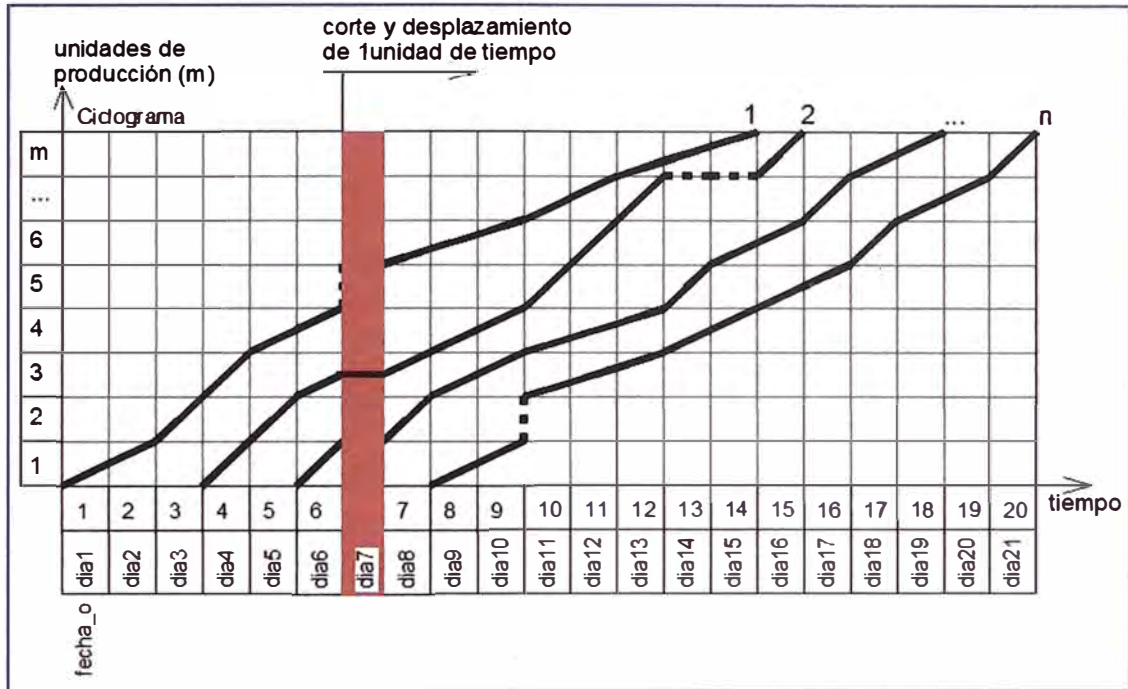


Figura N°6.15 Inserción de un día no laborable al ciclograma.
 Fuente: Elaboración propia.

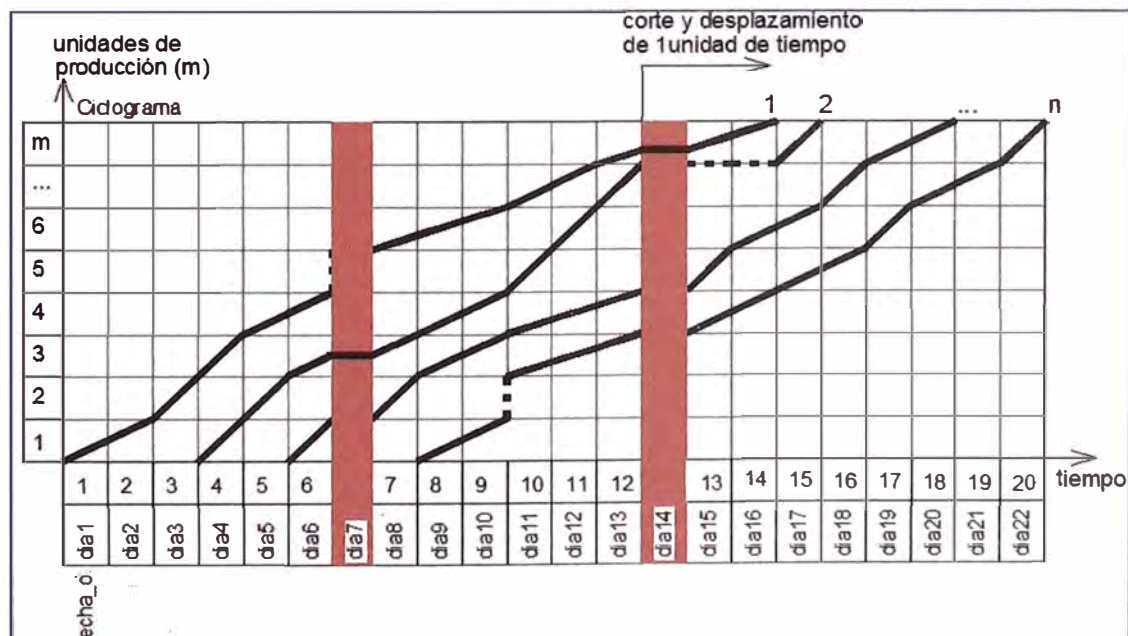


Figura N°6.16 Inserción de dos días no laborables al ciclograma.
 Fuente: Elaboración propia.

De la figura N°6.17, las cadenas particulares al intersectarse con las columnas feriadas deben estirarse hacia la derecha, lo que indica corregir los gráficos abriendo discontinuidades para la escala relativa del eje tiempo productivo.

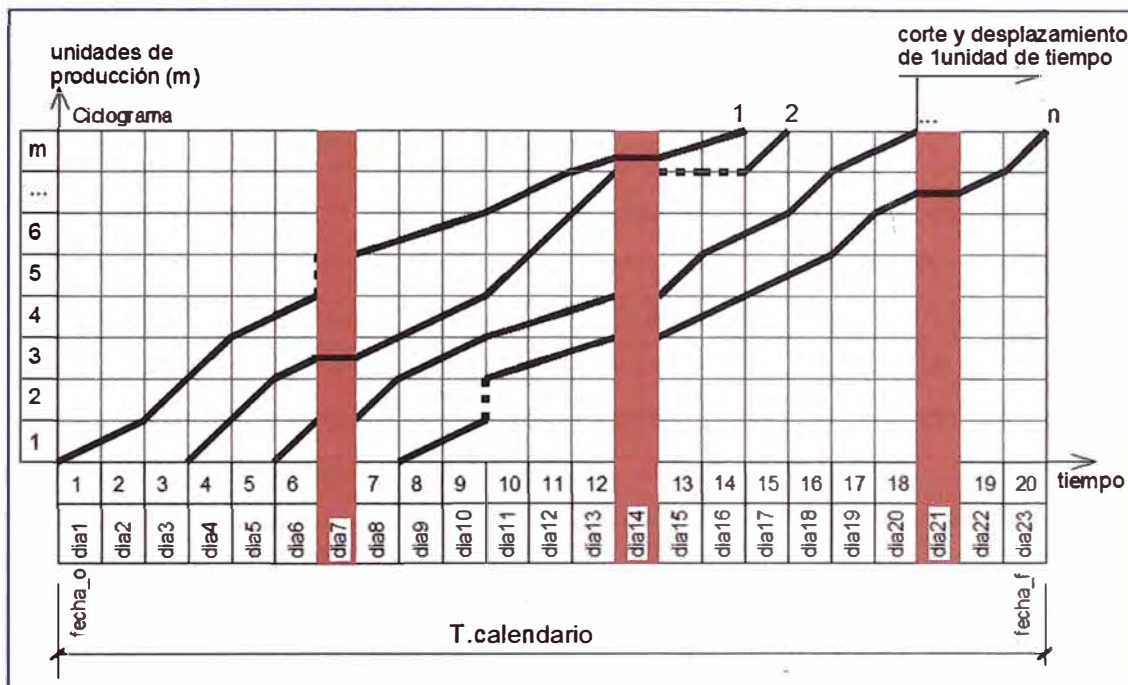


Figura N°6.17 Inserción de tres días no laborables al ciclograma.

Fuente: Elaboración propia.

6.5 ESTRUCTURA nD SIMULACIÓN CAD

La simulación gráfica está conformado por tres tipos de trazados, del cual, el trazado sobre Ciclogramas es el principal, a partir de este se obtienen como consecuencia los tipos de trazado Gantt y Trenes de Actividades.

6.5.1 Tipo de trazado cadenas

Es el trazado principal de la tesis, se puede mostrar en ciclogramas, los “espectros” espacio - tiempo (un contorno achurado, que contienen el diseño de la cadena de construcción) o también mostrando dentro del espectro, los procesos constructivos contenidos y ubicados dentro de éste. En la figura N°6.18 se muestra una cadena de construcción especificando sus variables de control para trazado o simulación.

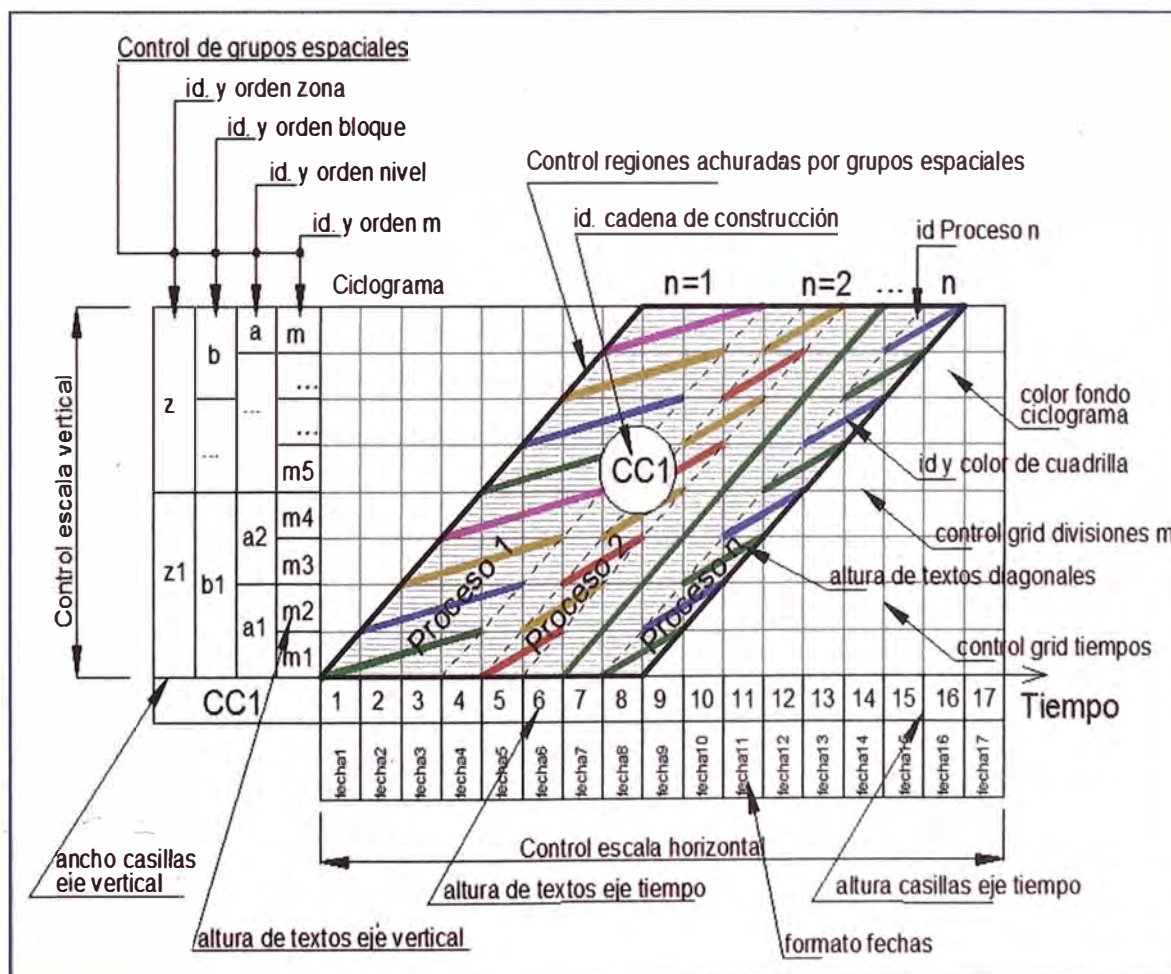


Figura N°6.18 Control del tipo trazado cadenas.
 Fuente: Elaboración propia.

6.5.2 Tipo de trazado Gantt

Si se parte desde un ciclograma seleccionando un proceso o diagonal, y se proyecta en forma vertical hacia el eje horizontal, se estará ubicando correctamente a la barra Gantt en el tiempo sin necesidad de códigos PDM ni traslapes previos. En la figura N°6.19 se muestra un cambio de sistema gráfico donde los procesos se proyectan en barras Gantt.

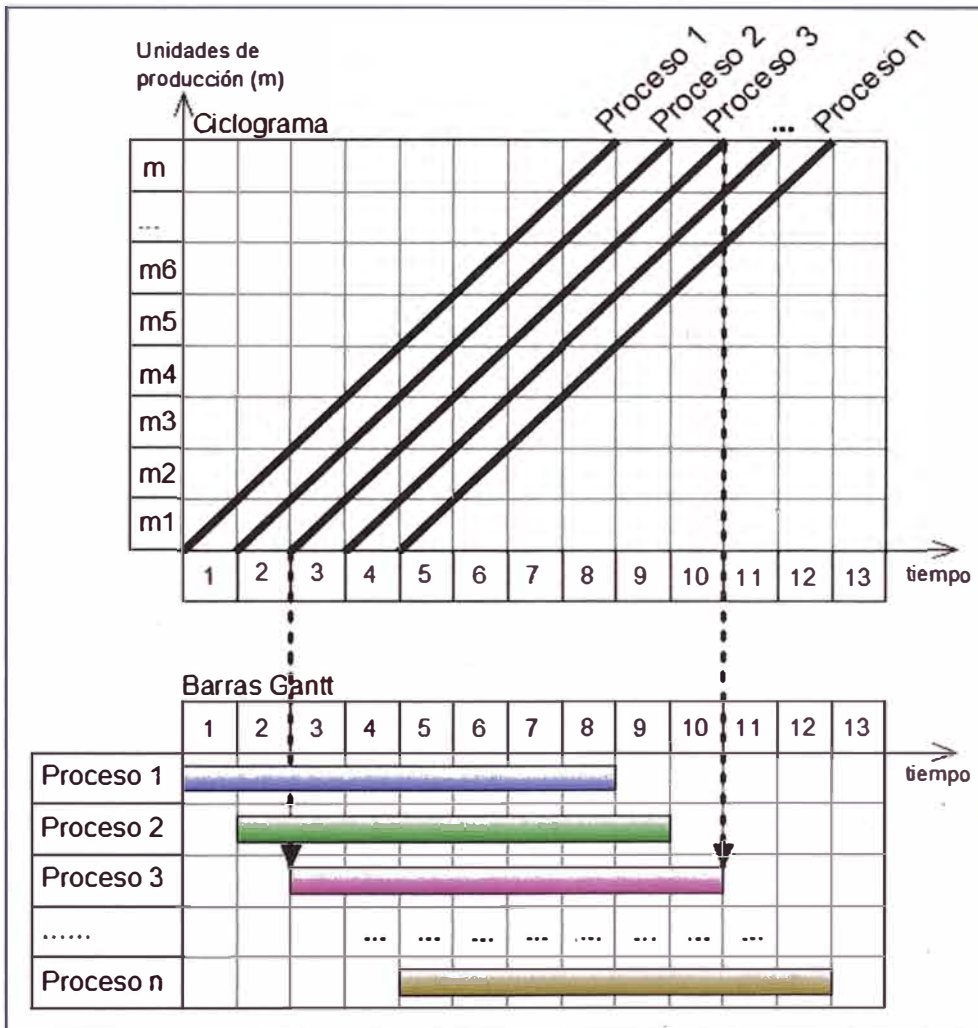


Figura N°6.19 Transformación del ciclograma a barras Gantt.

Fuente: Elaboración propia.

6.5.3 Tipo de trazado Trenes de Actividades

Si se parte desde el eje vertical del ciclograma y se proyecta en forma horizontal hasta tocar un proceso específico, éste se puede reflejar verticalmente hacia el eje tiempo. En la figura N°6.20 se muestra un cambio de sistema gráfico donde las variables de color esquematizan la unidad de producción o división espacial “m” de una cadena de construcción.

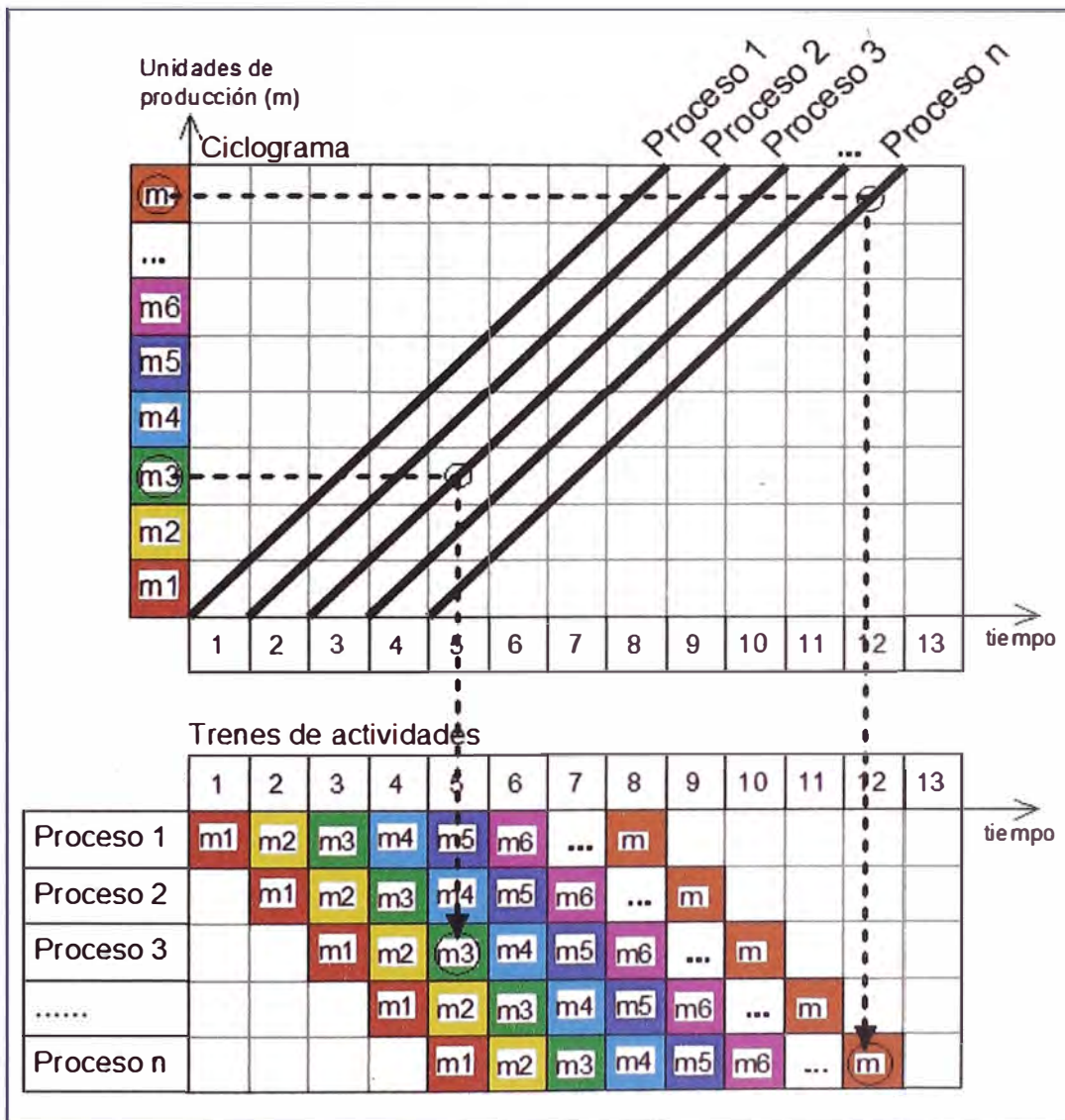


Figura N°6.20 Conversión del ciclograma de cadena de construcción hacia trenes de actividades.
Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO VII

RESULTADOS

7.1 APLICACIÓN

El objeto aplicativo por fines didácticos se encuentra enmarcado sólo en el planeamiento productivo de una “estructura de descarga” de concreto armado colocado en el lecho de un río, que servirá para restituir aguas de embalse.

7.1.1 Objeto de construcción

Este objeto aplicativo, forma parte de las diferentes obras que se encuentran en el “Proyecto Central Hidroeléctrica el Platanal” y supervisado por ARPL Tecnología Industrial.

7.1.1.1 Ubicación del objeto

El objeto aplicativo a construir se encuentra en el departamento de Lima, provincia de Cañete, distrito de Zúñiga, poblado de San Juanito. El área de trabajos se encuentra en el lecho y margen derecha del cauce del río Cañete, al costado de la vía Cañete - Yauyos en el Km 75. La cota es de 887 m.s.n.m.



Figura N°7.1 Mapa de ubicación de objeto.
Fuente: ARPL Tecnología Industrial.

7.1.1.2 Descripción del objeto

La aplicación didáctica asume la construcción de un objeto de construcción cuyo alcance comprende la estructura de descarga del embalse de aguas, pertenecientes a las obras de restitución del proyecto Central Hidroeléctrica El Platanal, un proyecto energético de la empresa CELEPSA.

La estructura de descarga, es una obra civil de concreto armado y tiene una altura de 18 metros, en un largo aproximado de 59 metros que será construido paralelo al río Cañete (ver Anexo 3, gráficos A-3.1 y A-3.2).

Por su distribución geográfica se encuentran en un área concentrada, siendo de estructuras atípicas, se emplearan cadenas constructivas heterogéneas.

7.1.2 Parámetros de producción tecnológicos

Para las cadenas de construcción, los respectivos datos de procesos, volúmenes, duraciones y secuencias, se deberá referenciarse a los planos del Anexo 4 que contiene las láminas cuya clave inicia con CC. En este anexo se encuentran: CC Excavación (planos CC-EX-01 y CC-EX-02), CC Cimentación (CC-CI-01 y CC-CI-02), CC Estructura Vertical (CC-EV-01, CC-EV-02, CC-EV-03 y CC-EV-04), CC Estructura Horizontal (CC-EH-01, CC-EH-02) y CC Relleno (CC-RE-01, CC-RE-02 y CC-RE-03).

7.1.2.1 Cadenas de construcción

La organización de construcción presentará las etapas o fases siguientes:

CC Excavación, CC Cimentación, CC Estructura Vertical, CC Estructura Horizontal y CC Relleno.

7.1.2.2 Procesos de construcción y volumen de trabajo

En el cuadro N°7.1, se presenta el objeto de construcción descompuesto hasta un nivel de procesos operacionales.

7.1.2.3 Recursos de construcción

Recursos humanos:

La mano de obra como peones y oficiales será tomada de la población de San Juanito, y cercanos como Zúñiga y Pacarán, previas inscripciones con las áreas sociales encargadas del proyecto, serán chequeados en salud y entrenados teóricamente antes y durante la ejecución de trabajos. El personal de operarios serán calificados para manejar los equipos deben demostrarlo sean de la zona o de las capitales.

Recursos financieros:

La empresa subcontratista cuenta con propios equipos de construcción y capital de trabajo para las fianzas y gestiones preliminares como transporte y logística.

Recursos materiales:

El concreto será premezclado y colocado por la empresa UNICON que instaló sus plantas para todo el proyecto global.

El acero corrugado será comprado masivamente en varillas y colocado en almacenajes cerca del punto de obra, se instalarán equipos de doblado y un taller de herrería. Se cuenta con amplios espacios en el lecho de río y un camión grúa propia de para carga y descarga de aceros y encofrados.

Recursos maquinarias:

La maquinaria pesada como volquetes, excavadora y rodillo serán parte de la empresa, el cargador será alquilado de otras empresas subcontratistas que realizan otros trabajos dentro del proyecto.

Los equipos electrógenos, torres luminarias, bombas de agua son propias y serán trasladados desde Lima.

Recursos auxiliares:

El encofrado y andamios en gran parte serán metálicos y subcontratados a la empresa UNISPAN, se pondrá personal dedicado al control de inventarios en almacén y campo para seguimiento de estas piezas alquiladas. Se tendrá un taller de carpintería equipado con lo mínimo necesario para madera, y atender encofrados donde los moldes metálicos no puedan cubrir.

Cuadro N°7.1 Procesos operacionales y volúmenes.

CC EXCAVACION			
n	Descripción n	Und.	p
1	Excavación	m3	8,337.1
2	Eliminación	m3	10,421.4
CC CIMENTACION			
n	Descripción n	Und.	p
1	Acero de refuerzo	Kg.	146,725.5
2	Encofrado metalico	m2	573.7
3	Juntas water stop	m	201.9
4	Concreto estructural	m3	1,196.2
5	Desencofrado	m2	573.7
CC ESTRUCTURA VERTICAL			
n	Descripción n	Und.	p
1	Acero de refuerzo	Kg.	226,931.4
2	Encofrado metalico	m2	3,102.0
3	Juntas water stop	m	435.9
4	Concreto estructural	m3	1,850.1
5	Desencofrado	m2	3,102.0
CC ESTRUCTURA HORIZONTAL			
n	Descripción n	Und.	p
1	Acero de refuerzo	Kg.	13,946.9
2	Encofrado metalico	m2	232.8
3	Juntas water stop	m	9.2
4	Colocación pernos y anclajes	Kg.	280.0
5	Concreto estructural	m3	113.7
6	Desencofrado	m2	232.8
CC RELLENO			
n	Descripción n	Und.	p
1	Colocación material	m3	3,673.5
2	Nivelación	m3	3,673.5
3	Compactación e=15cm	m3	3,673.5

Fuente: Elaboración propia.

7.1.3 Parámetros de producción espaciales

Sector: se ha denominado el poblado San Juanito.

Las demás variables espaciales empleadas para organizar el objeto de construcción; Zona (z), Bloque (b), Piso (a) y unidades de producción (m), se muestran en los planos CC del Anexo 4.

Frentes de trabajo: Por ser una obra concentrada los frentes de trabajo son cerrados debido a trabajos progresivos en altura, ello limitará la planificación de muchas cuadrillas por cada proceso.

Secuencias de producción: La secuencia elegida ha sido dependiente de la napa freática del río Cañete por la cercanía al área de trabajos, lo que hizo decidir que se construiría por bloques en forma seriada para que el agua acumulada en la excavación siempre drene mientras se construye un primer bloque. Las secuencias se muestran en los planos CC del Anexo 4.

7.1.4 Parámetros de tiempo.

Módulo de ciclicidad: se empleará el módulo de 1 día.

Duración de procesos: las duraciones K, se muestran en la normal tecnológica, ver planos CC del Anexo 4.

7.1.5 Parámetros de producción restrictivos.

Plazo: el plazo asignado para el subcontrato designado es de 200 días calendario.

Clima: los trabajos se realizan entre los meses de abril y septiembre en época de mucho calor en la zona, no hay lluvias. Es baja la probabilidad del uso de carpas.

Transporte y vías de transporte: existen carreteras asfaltadas desde Cañete, para cualquier eventualidad de evacuación. Se contará con camionetas, uno para calidad, dos para producción, uno para administración y dos minibuses para traslado de personal obrero.

Zonas de impacto ambiental: es potencial el arrojado de residuos en las cercanías del río, como son grasas y combustibles de las bombas hacia el río, el transporte de los volquetes generará ruido y polvo; se regará las vías de acceso dentro del lecho periódicamente. Además al personal se le entrenará y cuidará el medio ambiente, se usarán señalizaciones y cilindros estándar para desechos. Los responsables serán dos ingenieros de seguridad industrial.

Seguridad privada y policial: hay apoyo retribuido por comisarías de Pacarán y Zúñiga que se encuentran a 30 minutos del área. La seguridad de obra estará a cargo de una empresa particular que cuidará el acceso a las áreas limitadas y señalizadas.

Alimentación: se empleará a comerciantes de Zúñiga y Pacarán para abastecimiento, previa inscripción y control sanitario por personal de asistencia social.

Energía eléctrica: será proporcionado por la gerencia de todo el proyecto. Para los lugares donde no hay puntos eléctricos se tendrá dos grupos electrógenos portátiles y 4 torres de iluminación. Se tendrá 3 técnicos eléctricos.

Agua potable: la gerencia de todo el proyecto cuenta con los equipos de potabilización y proveerán el líquido.

Talleres de mantenimiento: se brindará un espacio dentro del campamento principal San Juanito para los talleres de reparación o revisión de camiones.

Alojamientos: el personal técnico y empleados se alojarán en campamentos y en los poblados contiguos donde existen buenos hospedajes en las cercanías.

Combustibles: una cisterna pasará periódicamente abastecer a las contratistas diversas. Será controlado por la gerencia de proyectos el abastecimiento y uso de combustibles.

Sanitarios: se usarán tres baños portátiles cerca de las áreas de trabajos y dos para cercanías de vestuarios y comedores.

Recreación: se crearán juegos deportivos periódicamente para distracción del personal de obra.

Telecomunicaciones: se usará la señal proporcionada por la gerencia del proyecto. También existe señal en los pueblos de Pacarán y Zúñiga.

Salud: se empleará médicos del campamento principal.

7.1.6 Resultados de la planeación productiva.

En esta etapa de planeamiento de la producción, la tesis se abocó en diseñar un modelo dimensional traduciéndolo en la obtención de una tecnología de software para realizar específicamente el planeamiento productivo de los recursos de producción, buscando controlarlos mejor en el espacio y tiempo.

7.1.6.1 Obtención de ciclogramas automatizados

Para generar los planes productivos de este objeto de construcción, se hizo diseños de forma dinámica sobre ciclogramas, trazándose conjuntos de líneas como flujos controlados en parámetros espacio y tiempo. La no existencia de plataformas en nuestro país que controlen este tipo de trazos, llevó a la necesidad de crear tecnologías informáticas que ayuden en el diseño de cadenas de construcción (Ver Anexo 4, en los planos CO-01 y plano CO-02).

7.1.6.2 Obtención de trenes no convencionales de actividades

En la actualidad se esbozan esquemas del tren de actividades de forma manual y estática sobre Excel, pero si es que fallaría algún componente del tren cuando se estuvieran ejecutando, el tener que rehacer todo el esquema sería enredado y tedioso. En nuestro medio el tren de actividades se aplica casi siempre a edificios y viviendas masivas, por ello, el trazo se considera rítmico asumiendo que la división espacial será idéntica, donde la producción diaria será igual al del día anterior y así sucesivamente en el tiempo, análogo a una perfecta producción manufacturera.

La tecnología desarrollada, logró también sistematizar los trenes de actividades a partir del ciclograma, para casos no necesariamente de tendencia manufacturera o lineal (ver Anexo 4, en el plano CO-03). Además se obtuvo también los correspondientes histogramas de recursos (ver Anexo 4, en el plano CO-04)

7.1.7 Actualización del modelamiento de sistemas de producción para la construcción.

En el cuadro N°7.2, se muestra una actualización de tecnologías sobre los modelamientos de sistemas de producción orientados específicamente a la construcción. Cabe diferenciar que un software comercial es un sistema completo en plataforma con derechos de uso y ventas en diferentes países, un programa de cómputo es muy limitado en plataforma. Para el caso de software Beta (prueba o prototipo) versión en esta tesis, es una plataforma mejorada en comparación a un programa de cómputo, aunque aún no es comercial.

Cuadro N°7.2. Actualización del modelamiento de sistemas de producción para la construcción.

Investigación	Lugar o País.	Teoría / conceptos de sistemas de producción	año inicio	Alcance	Modelamientos con Tecnología de Software			
					Producto o plataforma	Tipo de modelamiento		Versión o similar
						Lineal	Non Linear	
Varios investigadores	URSS	Teoría de Cadenas de Producción	1920	Edificios e Infraestructura	-	-	-	-
George E. Fouch	EE.UU	Línea de Balance	1940	Logística militar	-	-	-	-
Budnikov M, PhD.	Kiev, Ucrania, URSS	Fundamentos de Construcción en Cadena	1961	Edificios e Infraestructura	-	-	-	-
Ríos Segura, Juan. PhD.	JJC Contratistas Generales SA., Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.	Método de Cadenas	1972	Edificios e Infraestructura	-	-	-	-
Varias empresas constructoras	Inglaterra	Localización Tiempo	1982	Infraestructura.	LinePlus	X	-	Software Comercial
Al Sarraj y varios investigadores	EE.UU	Línea de Balance	1990	Producción industrial	-	-	-	-
Las unión de las dos constructoras mas importantes alemanas (Hochtief entre ellos)	Alemania	Localización Tiempo	1998	Infraestructura lineal.	TILOS	X	-	Software Comercial
Loria Arcila, PhD.	Mexico	Línea de Balance	2000	Producción industrial	-	-	-	-
Varios investigadores	Brasil	Localización Tiempo	2000	Infraestructura.	-	-	-	-
Ghio Virgilio, PhD.	Pontificia Universidad Católica del Perú. Libro: Productividad en Obras de Construcción.	Tren de Actividades.	2001	Edificios.	-	-	-	-
Ragip Akbas, PhD.	Stanford University - CIFE. EE.UU.	Localización Tiempo	2004	Edificios.	-	-	-	-
Inzulza Reyes, Javier	Universidad del Bio Bio. Chile	Programación Rítmica	2007	Viviendas masivas	Macros de Microsoft Excel	X	-	Programa de cómputo
Olli Spannen, PhD	Helsinki University of Technology. EEUU.	Flowline (flujo lineal)	2007	Edificios.	4D BIM Vico Software	X	-	Software Comercial
Rodriguez Castillejo y varios investigadores.	Universidad Nacional de Ingeniería, CCA (Centro Corporativo Aprendizaje, GyM SA). Perú	Tren de Actividades	2008	Edificios.	Microsoft Excel	X	-	Trazo manual
Baltazar Silva, Jose	Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.	Método de Cadenas y PDM	2012	Edificios y obras lineales.	Cadena de Construcción	X	-	Programa de cómputo

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

1. El modelo nD desarrollado es un prototipo que ayuda proponer alternativas dinámicas para estimaciones de planeamientos productivos, desde el punto de vista tecnológico y desde el punto de vista organizativo.
2. En el modelo nD se buscó integrar diversos parámetros tecnológicos de procesos y parámetros espaciales para la programación de la producción, a diferencia de la programación clásica que considera a los parámetros actividad y tiempo como su núcleo fundamental.
3. Se logró automatizar los ciclogramas y orientarlas hacia el modelamiento de los métodos de producción, ello permite modelar y controlar múltiples procesos constructivos en el espacio y tiempo.
4. Se logró automatizar la obtención de los histogramas de recursos a partir de los ciclogramas, ello permite tener distribuciones de recursos productivos con una mejor base científica de organización.
5. Se logró también de forma complementaria y como consecuencia, la obtención de trenes de actividades, después de convertir plataformas de ciclogramas hacia sistemas bidireccionales (actividad versus tiempo).
6. El modelo nD se puede aplicar hacia planeamientos de producción de objetos de construcción en general, sean lineales o no lineales.
7. El modelo nD puede emplearse también en la realización de planeamientos productivos de cortos plazos.
8. El modelo nD cuenta con sistemas que poseen propias herramientas de trazado y utilitarios virtuales para poder generar ciclogramas, histogramas y trenes de actividades. Pudiendo correr en Microsoft Windows XP de 32 y 64bits y también en Microsoft Seven de 32 y 64 bits.

9. Se está logrando controlar mejor los tiempos y costos improductivos conjuntamente con la coordinación en equipo de los distintos recursos de producción, con ello se contribuirá elevar la productividad.

10. Y finalmente, es apropiado contar con herramientas que ayuden elaborar dinámicamente el planeamiento de los distintos procesos constructivos, hasta encontrar algún ciclograma que se adecue mejor a nuestras restricciones, ello crea versatilidad para seguir mejorando el orden, la dirección y gestión de la construcción.

8.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda previamente, hacer planeamientos productivos genéricos con conceptos y parámetros de TPC (Teoría de Producción en Cadenas) antes de hacer uso del modelo nD desarrollado.
2. En siguientes etapas investigativas, al modelo nD se le irá adaptando progresivamente la inserción de más calendarios y módulos para el control y comparación a líneas base o planes bases. Además se buscará la mejora continua de la interface e interacción con el usuario como la impresión o plotteo y las exportaciones a formatos AutoCAD o Excel.
3. En el caso futuro de exportación de los diseños gráficos obtenidos por el modelo nD, se requerirá instalar adicionalmente por parte del usuario, los software AutoCAD o Civil3D 2010 o versiones mayores.
4. Y si se requiere exportar los resultados de los histogramas en formas de tablas, se necesitará instalar adicionalmente por parte del usuario el Microsoft Excel 2010 o versiones mayores.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aouad Ghassand, Lee Angela, Wu Song.
Constructing the Future nD Modelling.
Primera Edición, Editorial Taylor and Francis, New York, USA 2007.

2. Budnikov M. S.
Fundamentos de la Producción en Cadena.
Primera Edición, Editorial Literatura de Construcción y Arquitectura, Ucrania, URSS, 1961.

3. Ceballos Sierra, Francisco.
Microsoft Visual Basic 6 Curso De Programación.
Segunda Edición, Editorial Alfa Omega Grupo Editor, Madrid, España, 1999.

4. Ghio Castillo, Virgilio.
Productividad en Obras de Construcción – Diagnóstico, Crítica y Propuesta.
Primera Edición, Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú. 2001.

5. Ríos Segura, Juan.
Programación de Obras y Costos en Obras Civiles.
Primera Edición, Editorial del ACI, Perú 2004.

6. Ríos Segura, Juan.
Separatas del curso de Programación de Obras.
Departamento Académico de Construcción. Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. 2000.

7. Serpell Bley, Alfredo.
Administración de Operaciones de Construcción.
Segunda Edición, Editorial Pontificia Universidad Católica de Chile. 1997.

8. Varillas Villadeza, Rubén.
Método de Construcción en Cadena.
TG/C/2907. Biblioteca Facultad Ingeniería Civil UNI, Perú. 1990.

Journals:

1. Ahmed Elyamany.

Line of Balance.

Construction Engineering & Utilities Department.

Zagazig University. Egypt. 2006.

2. Akbas Ragib.

Geometry based Modelling and Simulation of Construction Processes

Primera Edición, Stanford University, CIFE, Report 151, February, USA 2004.

3. Jouko kankainen, Olli Seppänen.

Line of Balance based schedule planning and control system.

11th Annual Meeting of the International Group for Lean Construction.

Blacksburg, Virginia, July. USA. 2003.

4. Meena R. Nageeb, Bradly T. Johnson.

Line of Balance Scheduling: Software Enabled Use in the U.S. Construction Industry.

Report CPRT157002009.pdf.Texas, Colorado State University. USA. 2009.

5. Robert B. Harris and Photios G. Ioannou.

Repetitive Scheduling Method.

Center For Construction Engineering And Management. Report 98-35.

Michigan University. USA. 1998.

Direcciones de programación visual:

1. Microsoft MSDN.

Programación Orientada a Objetos con Visual Studio 6.0.

[http://msdn.microsoft.com/es-es/library/b86b82w0\(v=vs.80\).aspx](http://msdn.microsoft.com/es-es/library/b86b82w0(v=vs.80).aspx)

ANEXOS

ANEXO 1

MANUAL DE OPERACIONES DEL PROTOTIPO DE SOFTWARE

ÍNDICE

	Pág.
FICHA TÉCNICA	A-3
CARACTERÍSTICAS	A-4
COMENZAR EL PROGRAMA	A-5
VENTANA PRINCIPAL	A-6
1.1 BARRA DE HERRAMIENTAS ARCHIVO	A-7
1.2 BARRA DE HERRAMIENTAS DISEÑO	A-8
1.3 BARRA DE HERRAMIENTAS RESULTADOS	A-26
1.4 BARRA DE HERRAMIENTAS PANTALLA	A-31
1.5 BARRA DE HERRAMIENTAS ESPACIO PAPEL	A-32
1.6 BARRA DE HERRAMIENTAS AYUDAS	A-33
1.7 BARRA DE HERRAMIENTAS EXPORTACIONES	A-34
1.8 EJEMPLOS DEL PROTOTIPO	A-35
1.8.1 Ejemplo 1 – Producción Rítmica Lineal	A-35
1.8.2 Ejemplo 2 – Producción con Ritmos Múltiples	A-37
1.8.3 Ejemplo 3 – Producción de varias Cadenas de Construcción y de Ritmos Múltiples.	A-39
1.8.4 Ejemplo 4 – Producción de varias Cadenas de Construcción y de Ritmos Arrítmicos.	A-41
1.8.5 Ejemplo 5 – Producción de varias Cadenas de Construcción de Ritmos Arrítmicos y con discontinuidades en frentes.	A-43

FICHA TÉCNICA.

El progreso de investigación y diseño del modelo dimensional se condensa en una ficha técnica de un prototipo de tecnología de software.

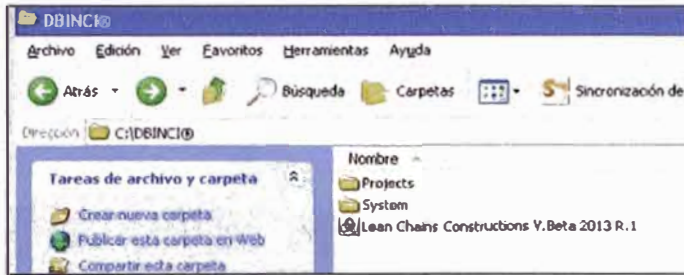
Nombre del sistema:	Lean Chains Constructions.
Descripción del sistema:	Cadenas de construcción sin pérdidas.
Objetivo:	Organización de procesos y recursos en espacio, tiempo y costo en planeamientos de construcción.
Orientado a:	Ingenieros civiles e industriales, gerentes de construcción, gerentes de operaciones, residentes, jefes de producción, jefes de campo y capataces de producción.
Conceptos previos:	Teoría de Producción en Cadenas (TPC), Líneas de Balance (LOB) y Trenes de Actividades.
Versión sistema:	Beta 2013 Release 1. (Prueba 2013 Lanzamiento 1)
País de creación sistema:	Perú.
Idioma inicial sistema:	Español.
Autor del sistema:	Daniel Hugo Ballena Rojas.
Abreviatura de Autor:	DBINCI (Daniel Ballena, Ingenieros Civiles).
Compatibilidad:	Para sistemas: Microsoft Windows XP Professional 32Bits Service Pack2 o Pack3, Microsoft Windows Seven de 32Bits o de 64Bits.
Velocidad de procesador:	Mínimo, Core2 Dúo 2.2GHertz.
Modo instalación:	Copiar carpeta "DBINCI" al disco "C:\", dentro de esta carpeta se encuentra el ejecutable del sistema.
Interacción usuario:	Puntero mouse óptico y teclado clásico o virtual.
Plataforma:	Sistemas de ventanas Windows, simuladores propios de Zoom y Mano virtual para mover.
Plotter:	Futura salida a espacios papel A4 y A3.
Seguridad:	Clave y licencia de producto por cada pc autorizada
Opcionales exportación:	Futura salida hacia AutoCAD 2010i y Excel 2010i.
Lugar de Lanzamiento:	Universidad Nacional de Ingeniería. Lima-Perú.

CARACTERÍSTICAS.

Las limitaciones y características temporales del prototipo en la Versión Beta 2013 Release1, son:

- Permite agregar 1 ciclogramas y por cada ciclograma 5 etapas o cadenas de construcción y por cada cadena de construcción hasta 20 procesos constructivos, orientado para planes intermedios y de corto plazo.
- Permite variables espaciales de 5 zonas, 5 bloques x zona, 5 pisos x bloque y hasta 10 divisiones x piso. Dentro de cada cadena de construcción.
- Posee solo el calendario 7x0 (todos los días laborables).
- No requiere códigos PDM (SS, FF, FS, SF y Lag) para esquematizar los planes de producción.
- Considera procesos con divisiones iguales y rítmicas, problema convencional o lineal, frecuente en edificios y viviendas masivas.
- Considera procesos con divisiones desiguales, discontinuidades, ritmos múltiples y arrítmicos, distintas líneas de balance y esperas, problemas no convencionales frecuentes en obras de infraestructuras civiles.
- Permite asignar buffers de tiempos no considerados en cada proceso.
- Hace análisis de no continuidad en altura para los ritmos de construcción, en casos de edificios altos, esto ayuda saber si el usuario ha dividido bien el piso para observar si existirán tiempos improductivos en el piso.
- Rediseña nivelaciones de líneas de balance cuando ya no se puede encontrar continuidad entre pisos, en el caso de edificios.
- Analiza, sincroniza y controla que los múltiples recursos no se enreden o crucen en el espacio y tiempo, para cualquier tipo de obra.
- Optimiza cuadrillas por procesos dependiendo de las predecesoras y sucesoras y no por aritmética directa.
- Permite obtener los tiempos estratégicos organizativos para reducir tiempos y costos improductivos y también reducir el desorden por apresuramiento.
- Permite obtener los códigos PDM, traslapes y holguras para que el usuario no los estime con incertidumbre antes de la programación.
- Mejora los planes con sustentos de forma científica y controlada, haciendo trazos como flujos de cadenas, trenes no convencionales de actividades e histogramas de tendencia óptima.
- Este prototipo aún no cuenta con asignación de precios para estimar costos.

COMENZAR EL PROGRAMA



Presione el icono ejecutable “Lean Chains Constructions V.Beta 2013 R.1”, se caracteriza por la pictografía de una cadena con tres argollas ovaladas y entrelazadas de color rojo, verde y azul respectivamente formando un triángulo.



Ventana de encendido (ver figura A-1.1), para cargar componentes del sistema.

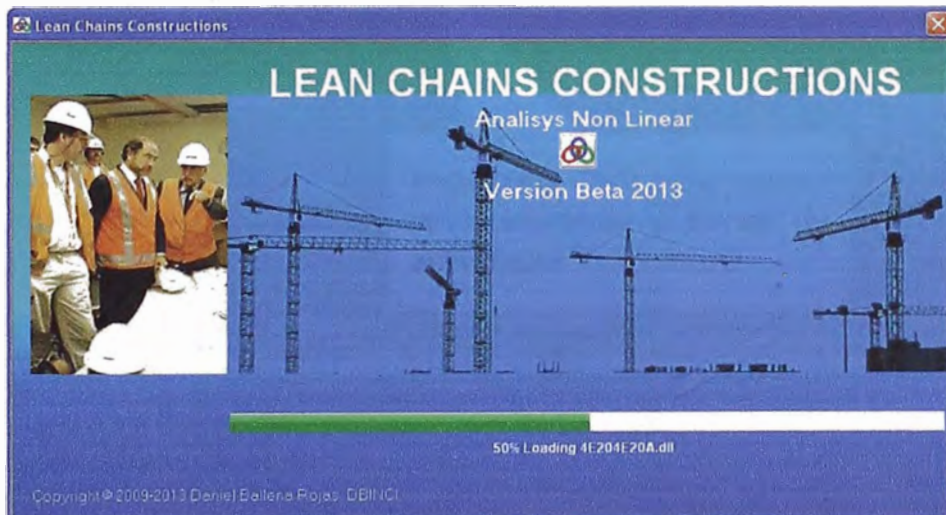


Figura A-1.1 Ventana de encendido de Lean Chains Constructions. V.Beta 2013 R.1.
 Fuente: Elaboración propia.

Ventana de seguridad (ver figura A-1.2), para acceder al sistema, se debe enlazar o vincularlo al archivo de licencia solicitado para la pc de trabajo. El archivo es License.dll, y debe estar en “C:\DBINCI\System\License”.

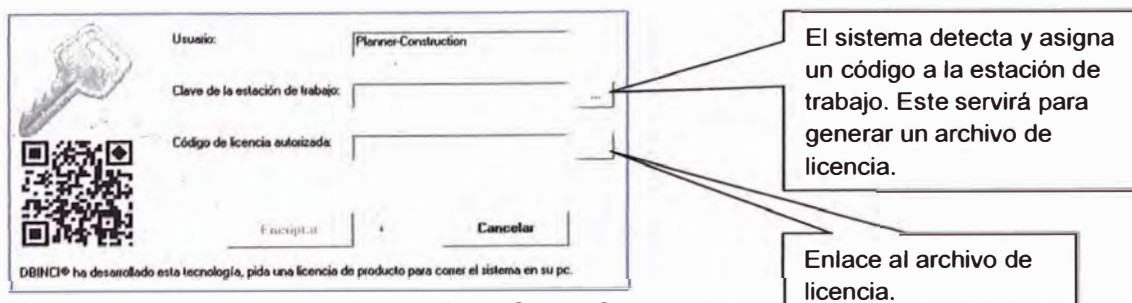


Figura A-1.2 Ventana de seguridad de Lean Chains Constructions.
 Fuente: Elaboración propia.

VENTANA PRINCIPAL

Cuando se accede al sistema, se presenta la ventana “DBINCI - Lean Chains Constructions” (ver figura A-1.3), es la plataforma principal en donde se desarrolla el sistema.

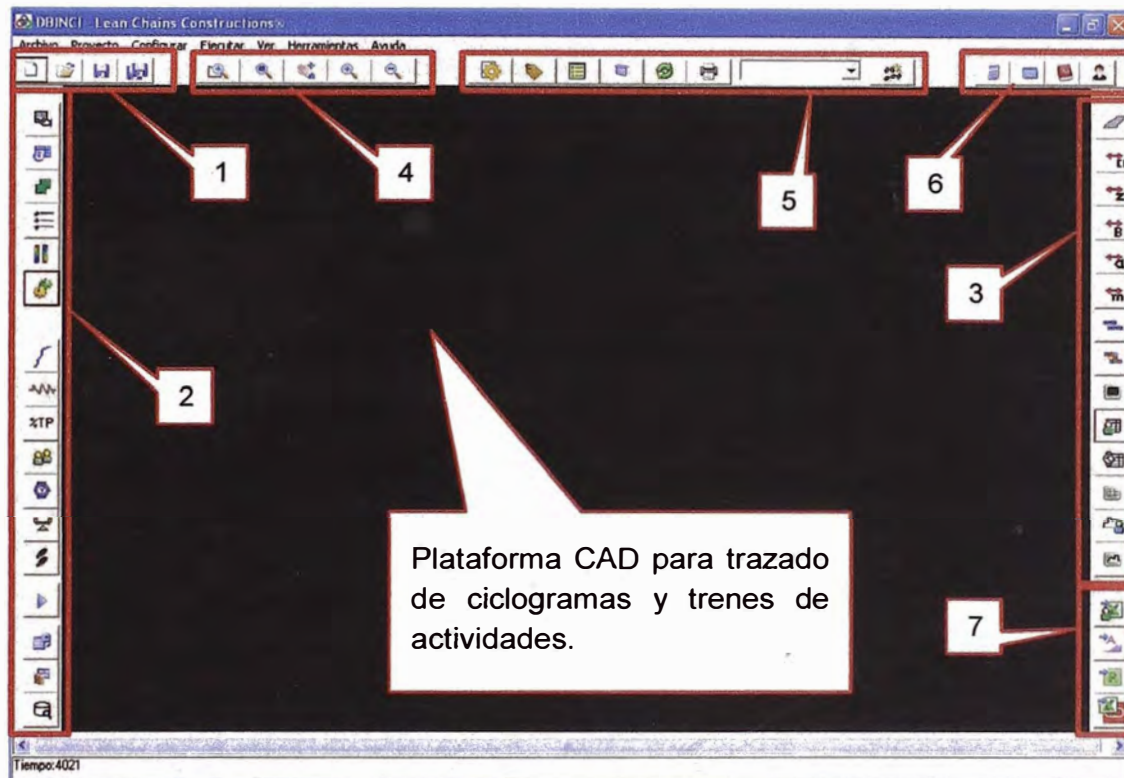


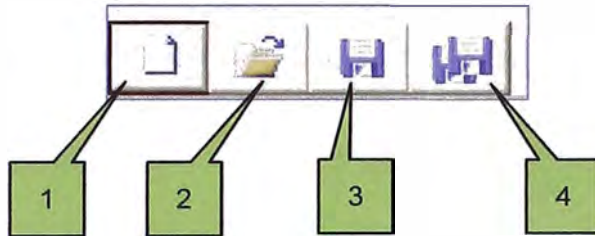
Figura A-1.3 Ventana DBINCI - Lean Chains Constructions.
Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

1. Barra de herramientas archivo.
2. Barra de herramientas diseño.
3. Barra de herramientas resultados.
4. Barra de herramientas pantalla.
5. Barra de herramientas espacio papel.
6. Barra de herramientas ayuda.
7. Barra de herramientas exportación.

1.1 BARRA DE HERRAMIENTAS ARCHIVO

Es una barra horizontalmente ubicada en la parte superior izquierda de la ventana principal, consta de cuatro botones descritos a continuación.



Dónde:


1. **Botón Nuevo**, para crear un nuevo proyecto.
2. **Botón Abrir**, para abrir un proyecto existente (en construcción).
3. **Botón Salvar**, para grabar un proyecto (en construcción)
4. **Botón Salvar como**, para grabar un proyecto con otro nombre (en construcción).

Nota:

El botón Nuevo es el más importante ya que activa desde cero ventanas y realiza la regeneración de plataforma para diseñar un nuevo proyecto de ciclogramas. Los botones que aparecen entre paréntesis con la palabra "(en construcción)" no afectan ni bloquean la ejecución del prototipo de software.

1.2 BARRA DE HERRAMIENTAS DISEÑO

Es una barra vertical ubicada en la parte izquierda de la ventana principal, los botones contenidos en este, se describen a continuación.

 **Botón Data General:** activa la ventana “Data General” (ver figura A-1.4) para agregar datos generales asociados al objeto de construcción.

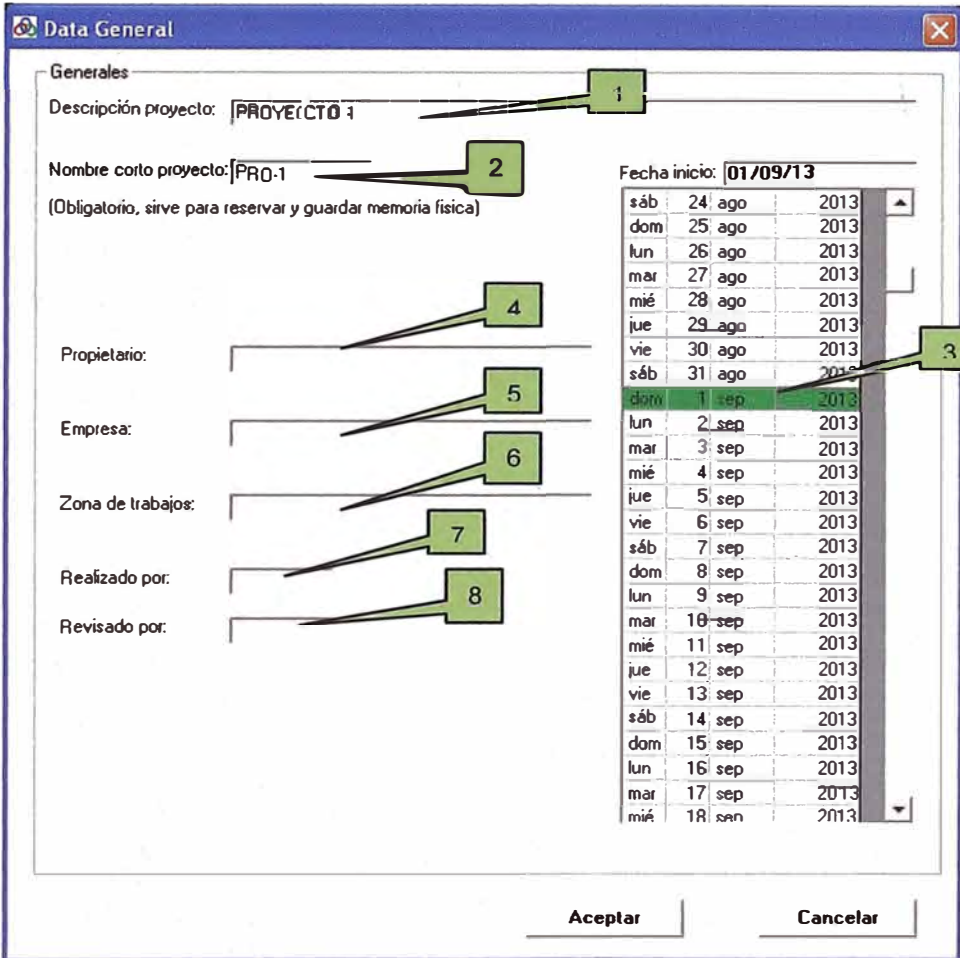


Figura A-1.4 Ventana Data General.

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

1. Un texto indicando el nombre del proyecto.
2. Un texto corto para clave del proyecto. Importante el software crea una carpeta en base a este dato y si ya existe le pedirá otro nombre corto.
3. Selección de una fecha inicio del proyecto.
4. Opcional. Un texto para descripción del propietario.
5. Opcional. Un texto para descripción del contratista.

6. Opcional. Un texto para descripción del objeto o sub-objeto analizado.
7. Opcional. Un texto para el diseñador.
8. Opcional. Un texto para el revisor.



Botón Calendario: activa la ventana “Generador de Calendarios” (ver figura A-1.5), para seleccionar un calendario que será asignado al proyecto.

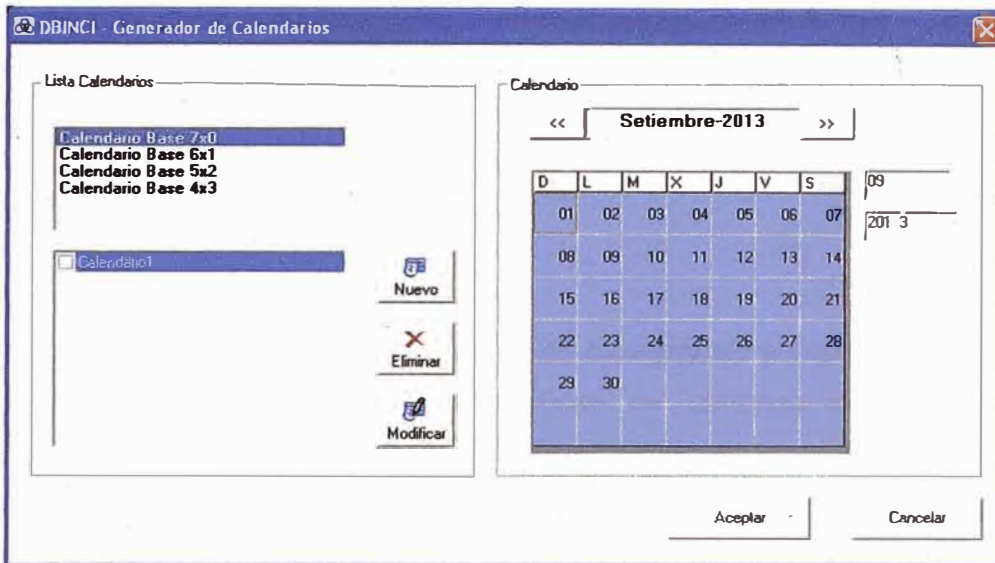


Figura A-1.5 Ventana Generador de Calendarios.
Fuente: Elaboración propia.

Nota: El único calendario con el que cuenta el sistema actual versión Beta R.1, es el calendario 7x0 (todos los días laborables), la adaptación de más calendarios será introducido en siguientes Versiones. La falta de más calendarios no impide al prototipo de software ejecutarse.



Botón Cadenas: activa la ventana “Cadenas de Construcción” (ver figura A-1.6) para asignar la cantidad de ciclogramas, la cantidad de cadenas de construcciones, la cantidad de procesos y la cantidad de divisiones m, que se asignaría a cada cadena de construcción.

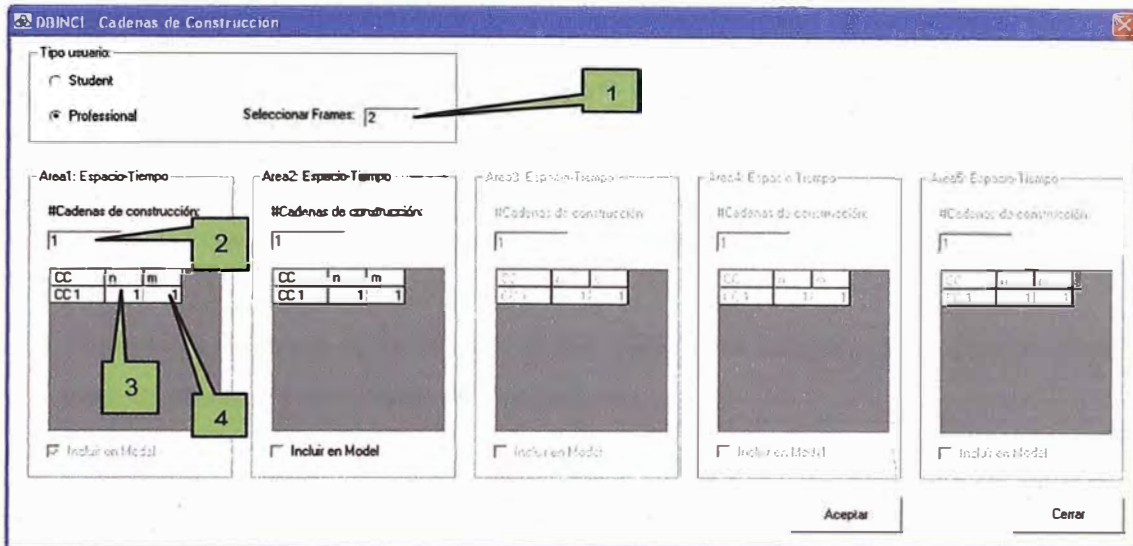


Figura A-1.6 Ventana Cadenas de Construcción.
Fuente: Elaboración propia.

Donde:

1. Dato de tipo entero, para cantidad de ciclogramas a usar.
2. Dato de tipo entero, para cantidad de cadenas de construcción que contendrá el ciclograma.
3. Dato de tipo entero, para cantidad de procesos en cadena de construcción.
4. Dato de tipo entero que se autogenera por el programa, al hacer doble click sobre la celda se activa la ventana "División Espacial" (ver figura A-1.7).

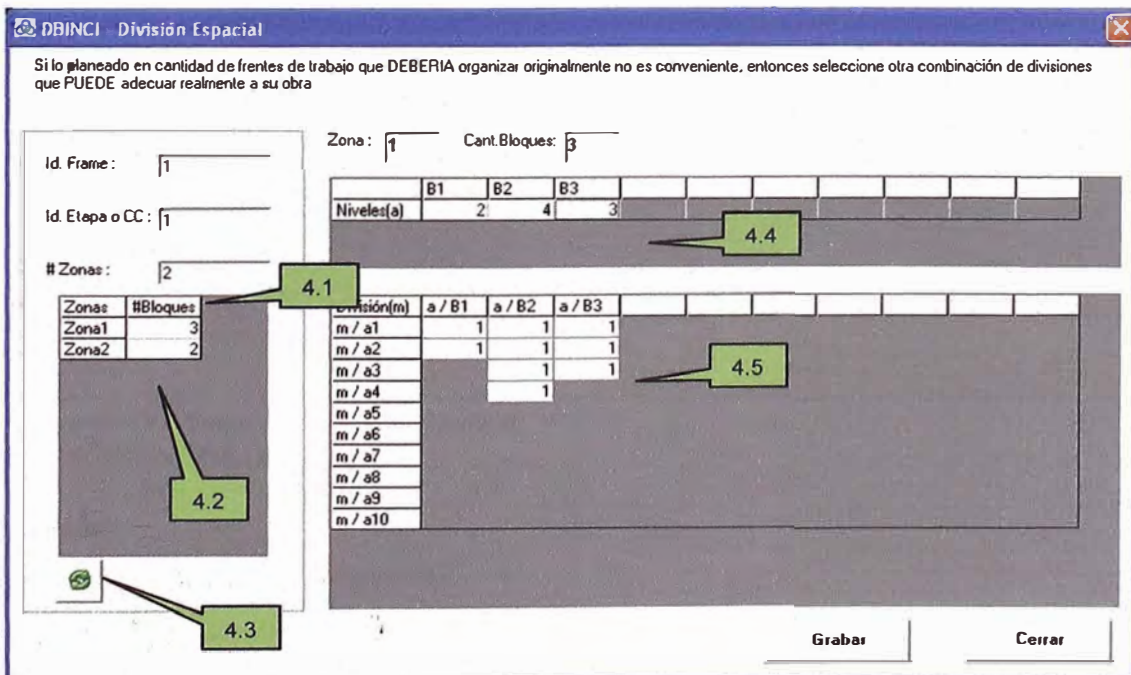


Figura A-1.7 Ventana División Espacial.
Fuente: Elaboración propia.

- 4.1 Dato de tipo entero, para cantidad de zonas a emplear.
- 4.2 Selección de zona (una fila), doble click para asignar dato de tipo entero para cantidad de bloques.
- 4.3 Refrescar para asignar memoria por las zonas requeridas.
- 4.4 Selección de bloque (una celda), doble click para asignar dato de tipo entero para cantidad de niveles.
- 4.5 Selección de nivel (una celda), doble click para asignar dato de tipo entero para cantidad de unidades de producción.



Botón características de procesos: activa la ventana “Proceso o Actividad” (ver figura A-1.8), para asignar características complementarias a procesos.

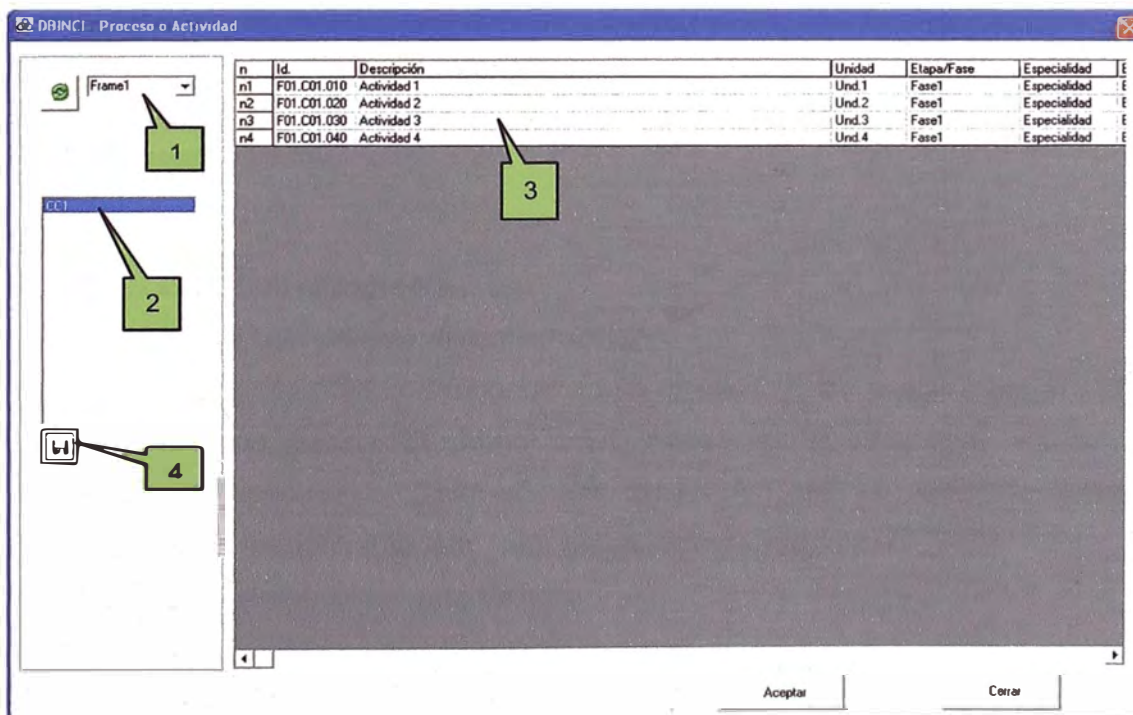


Figura N°A-1.8 Ventana Proceso o Actividad.
Fuente: Elaboración propia.

Donde:

1. Selección de un ciclograma.
2. Selección de una cadena de construcción.
3. Asignación de características como descripción, unidad o especialidad.
4. Graba los cambios, para la cadena de construcción respectiva.



Botón características de divisiones m: activa la ventana “Características de Espacios m” (ver figura A-1.9), para asignar datos complementarios a unidades de producción o divisiones m.

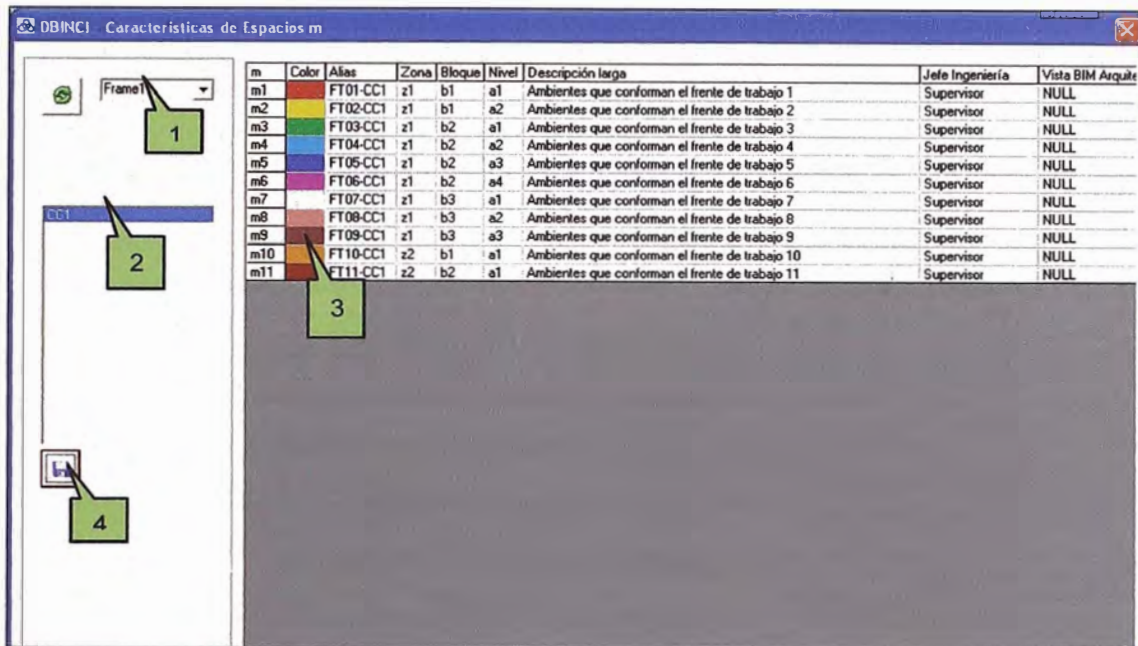


Figura A-1.9 Ventana Características de Espacios m.
Fuente: Elaboración propia.

Donde:

1. Selección de un ciclograma.
2. Selección de una cadena de construcción.
3. Tabla donde cada fila corresponde a una división m. Se puede asignar otras características asociadas como color, hacer doble click para activar la ventana “Espectro de Colores” (ver figura A-1.10), el resto de textos, descripción, responsable, etc., aun estan implementándose.



Figura A-1.10 Ventana Espectro de Colores.
Fuente: Elaboración propia.

4. Graba los cambios para la cadena de construcción respectiva.



Botón configurar análisis: activa la ventana “Variables dimensionales para programación” (ver figura A-1.11), para elegir tipo de análisis a emplear.

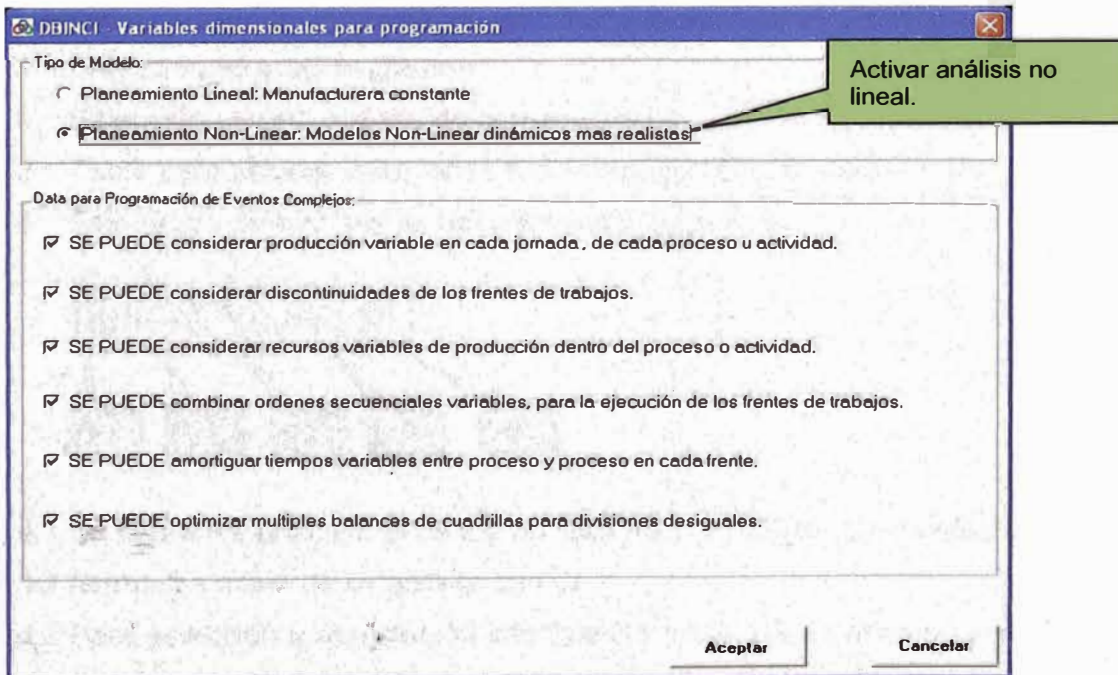
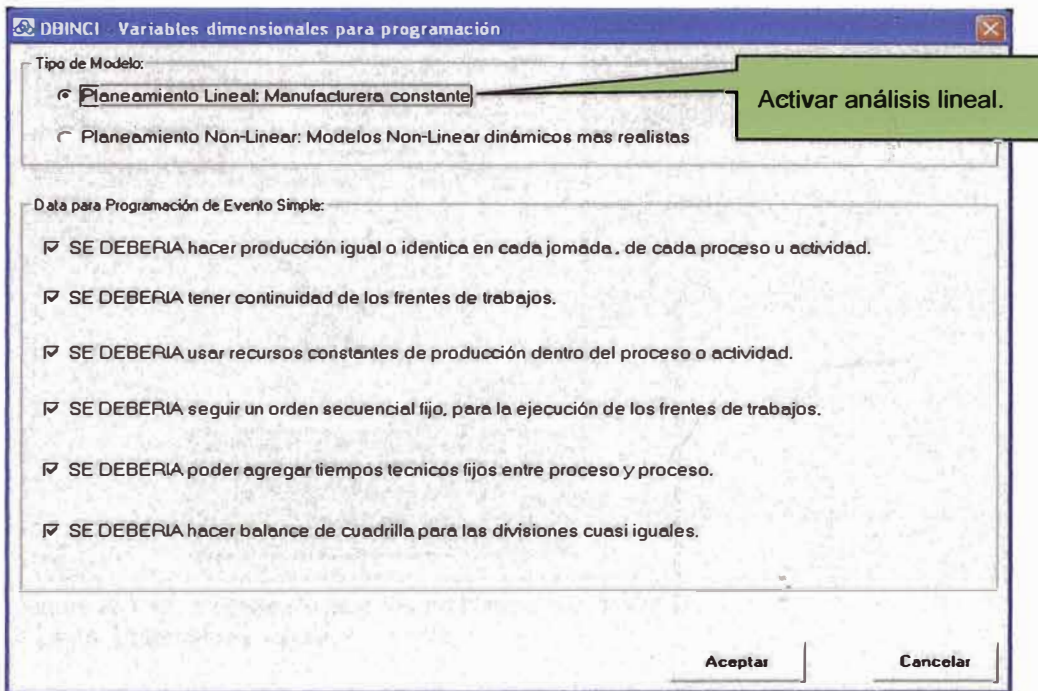


Figura A-1.11 Ventana Variables dimensionales para programación.
 Fuente: Elaboración propia.



Botón cadena aritmética: activa la ventana “Duraciones en Normal Tecnológica” (ver figura A-1.12), para ingresar datos de duraciones K.

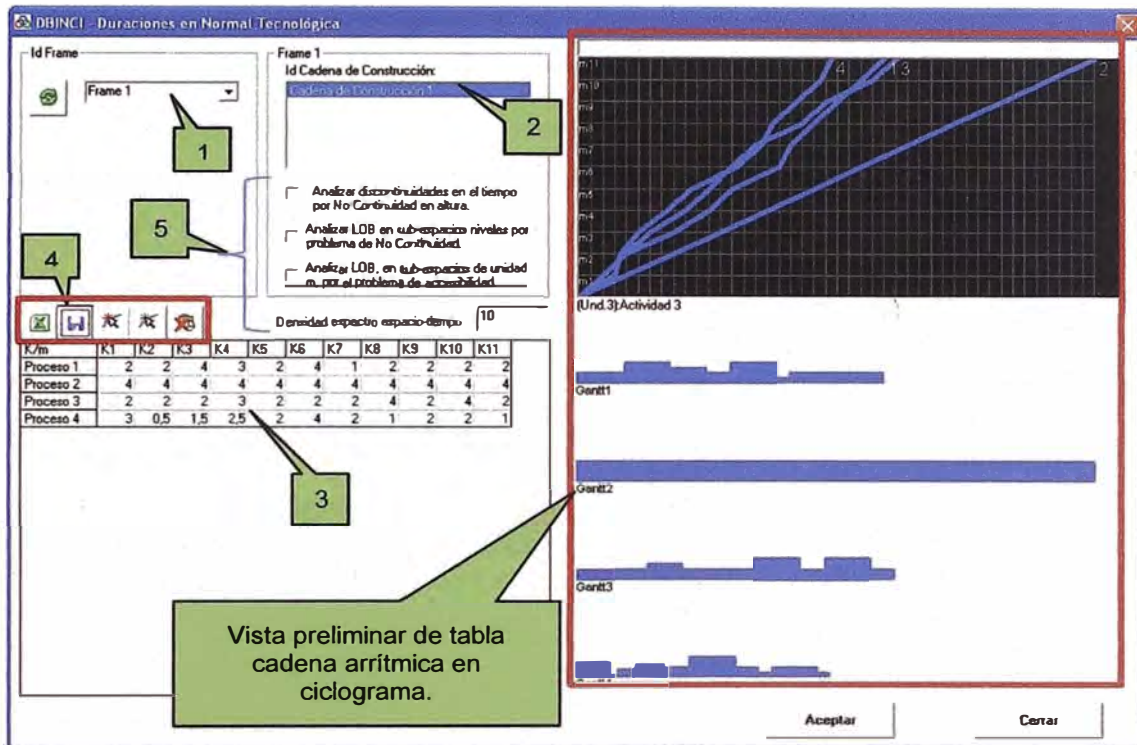
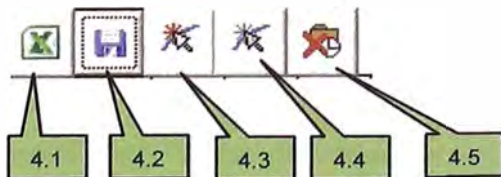


Figura A-1.12 Ventana Duraciones en Normal Tecnológica.
Fuente: Elaboración propia.

Donde:

1. Selección de un ciclograma.
2. Selección de una cadena de construcción.
3. Tabla para asignar duraciones K de procesos en cada división m.
4. Este grupo de botones se describe a continuación.



- 4.1 Se podrá importar datos desde un libro de Excel 2010 (en construcción).
- 4.2 Graba los datos de la tabla (punto 3).
- 4.3 Para selección y apreciación intermitente visual de un proceso específico en la vista preliminar. Previamente hacer click en una fila de la tabla de datos.
- 4.4 Para deseleccionar (punto 4.3).

4.5 Para agregar discontinuidades en división m requerida. Previamente hacer click en una celda de la tabla. Este procedimiento es equivalente al de anular duraciones en la celda elegida lo que conlleva que en adelante los ingresos de datos restantes consideren la discontinuidad agregada.

5.0 Opciones por discontinuidad de nivel.

Check1, es opcional, "Analizar discontinuidades en el tiempo por No Continuidad en altura". Sirve para analizar y hacer desplazamientos horizontales de la cadena de construcción por discontinuidad en altura si es que existiera. Se debe hacer un check y luego hacer un click en una fila de la tabla para indicar un proceso y luego presionar la tecla "F" (ver figura A-1.13), con esto se estará asignando el # de proceso que abrirá frente de trabajo para el siguiente nivel.

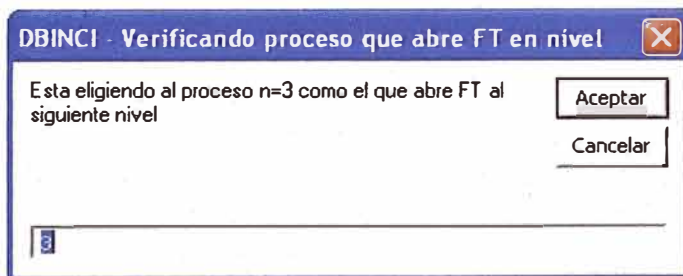


Figura A-1.13 Ventana Verificando proceso que abre FT en nivel.
Fuente: Elaboración propia.

Check2, es opcional, "Analizar LOB en sub-espacios niveles por problema de No Continuidad". Si se encontrara discontinuidades en altura, la línea de balance (LOB) se debe autocorregir por espacios nivel. Esto se apreciara en el trazado final como un escalamiento por nivel. Podrá activar este Check2 solo si se ha activado el Check1.

Check3, es opcional, "Analizar LOB en sub-espacios de nivel m por problema de accesibilidad". Si los procesos se deben realizar uno a uno o en serie pura por problemas de accesibilidad hacia cada unidad m , se pedirá que la línea de balance (LOB) se autocorrija por espacios m . Esto se apreciara en el trazado final como un escalamiento en m . Podrá activar este Check3 solo si se ha activado el Check1.

Densidad espectro espacio-tiempo: es dato de tipo entero, para controlar la densidad del hatch o achurado de la región que contiene los procesos de la cadena de construcción cuando este diseñado en pantalla.



Botón amortiguadores: Activa la ventana “Amortiguadores” (ver figura A-1.14) para ingresar datos de tiempos tecnológicos o tiempos de esperas en general para el proceso sucesor en cada división m.

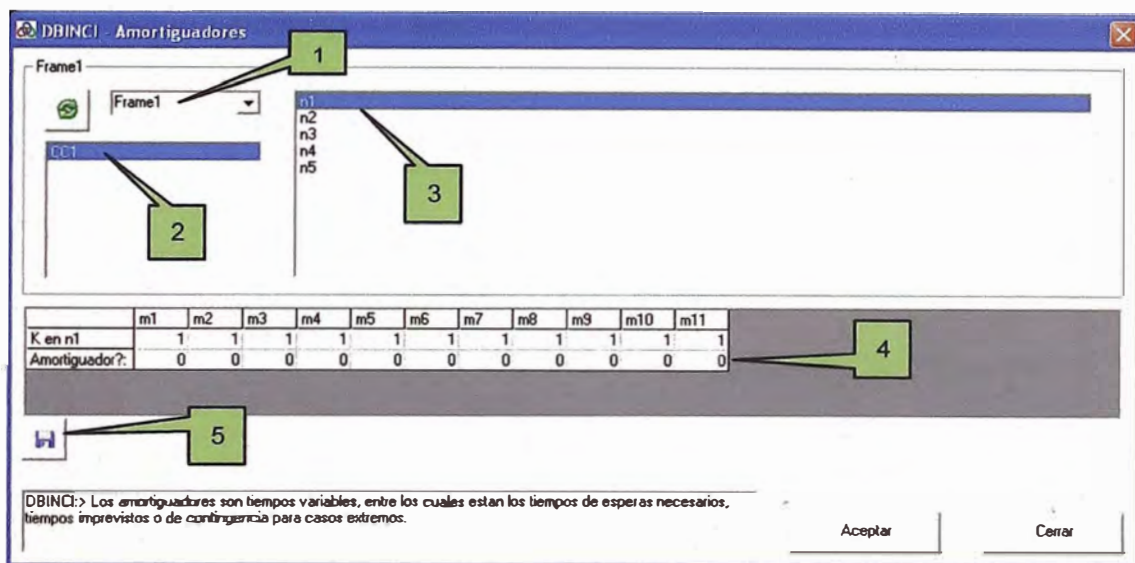


Figura A-1.14 Ventana Amortiguadores.

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

1. Selección de ciclograma.
2. Selección de cadena de construcción.
3. Selección de proceso de construcción (una fila de la lista).
4. Selección de celda (una división m del proceso) y asignación del tiempo amortiguador. Este valor es un real positivo.
5. Graba los amortiguadores asignados al proceso.



Botón Porcentaje Productivo: Es opcional, para indicar en una tabla que porcentaje de la duración del proceso será TC (trabajo contributorio, color verde), TNC (trabajo no contributorio, color rojo) y TP (trabajo productivo, color azul). Estos datos porcentuales opcionales serán para mostrar un tipo de modo de presentación de los procesos vistos en tres colores partidos.



Botón Recursos de Producción: activa la ventana “Recursos de Producción” (ver figura A-1.15) para asignar recursos de producción (mano de obra y equipos) hacia un proceso de construcción.

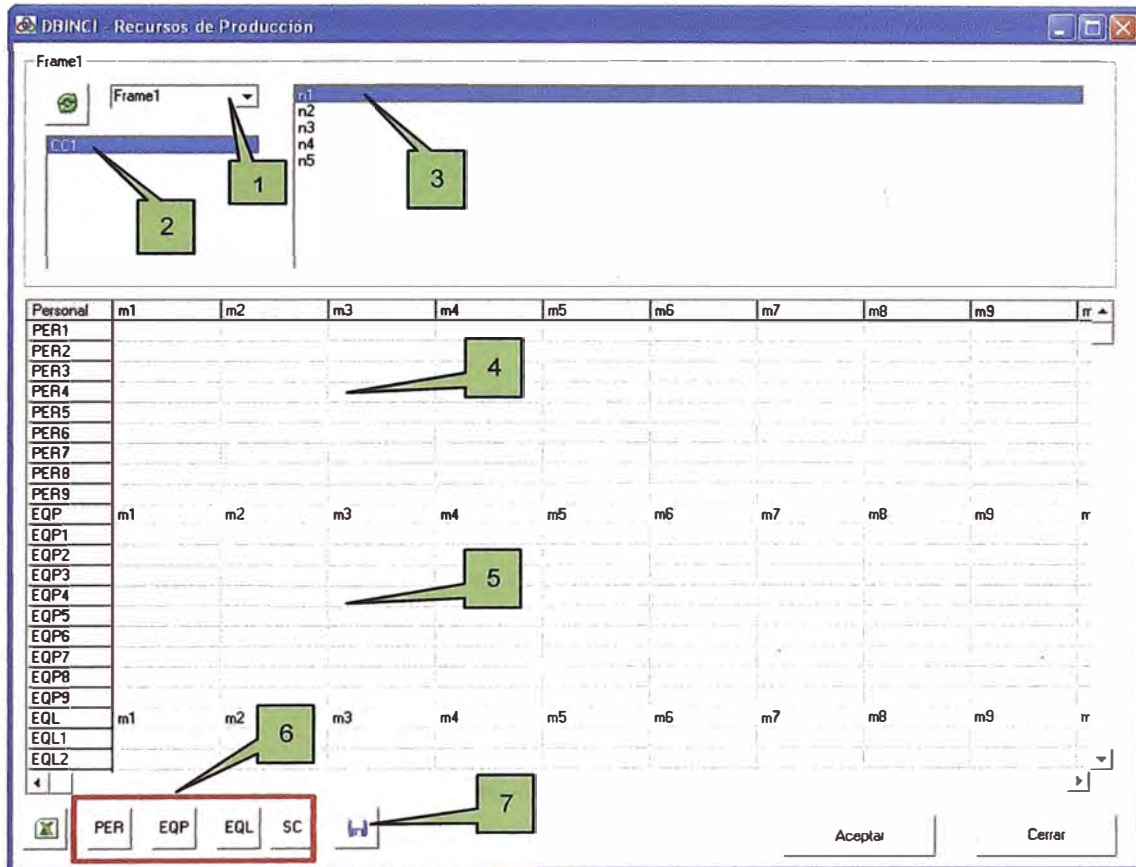


Figura A-1.15 Ventana Recursos de Producción.
 Fuente: Elaboración propia.

Donde:

1. Selección de un ciclograma.
2. Selección de una cadena de construcción.
3. Selección del proceso de construcción (una fila de la lista).
4. Es un área de la tabla datos de recursos, se deberá seleccionar una fila (tipo de mano de obra) en una columna (identificador de división m del proceso). Se hace doble click para activar la ventana “Selección de personal” (ver figura A-1.16).



Figura A-1.16 Ventana Selección de personal.
Fuente: Elaboración propia.

- 4.1 Selección de un tipo de recurso mano de obra.
- 4.2 Dato de tipo entero, para la cantidad de recurso.
- 4.3 Etiqueta representativa para el tipo de recurso elegido.

Nota: Por ejemplo, al presionar el botón Aceptar, el programa enviara el texto "04(OPE)" a la tabla datos de recursos.

- 5. Es un área de la tabla datos de recursos para asignar equipo pesado. Doble click para activar la ventana "Selección de equipo" (ver figura A-1.17).

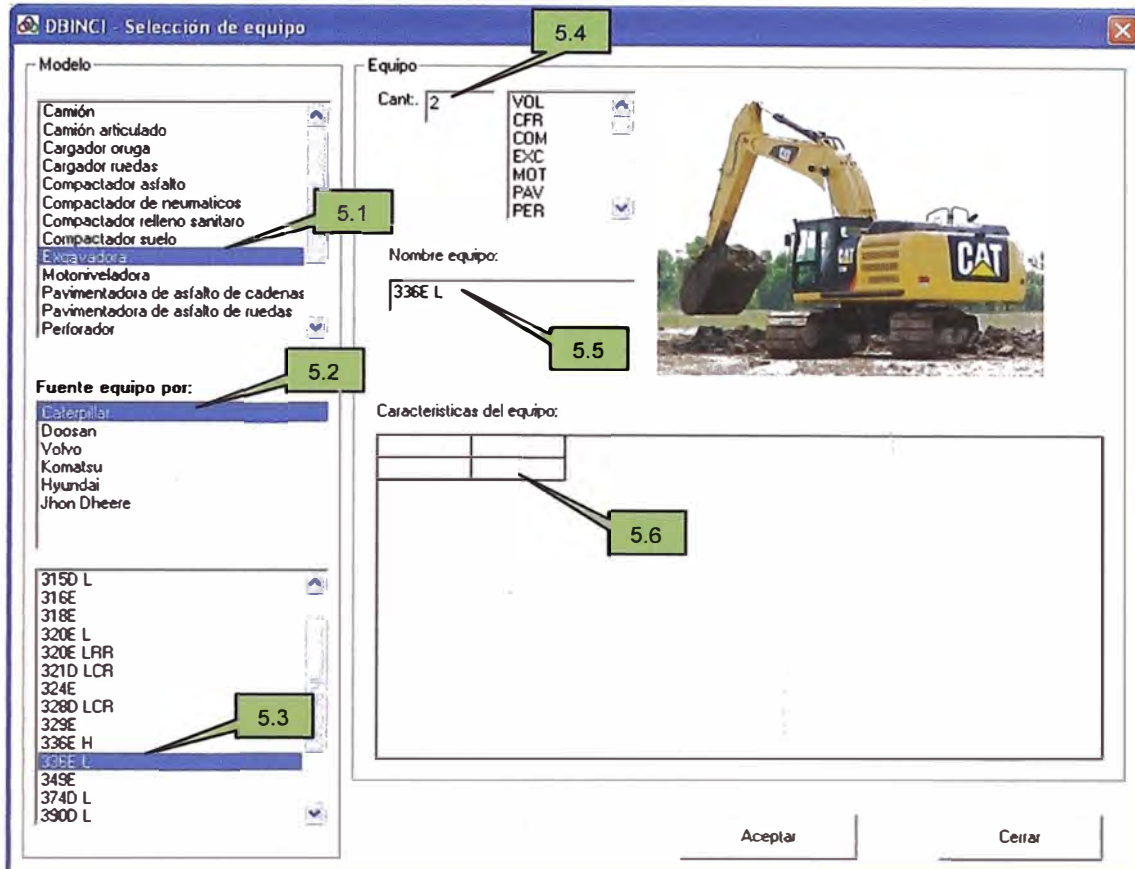


Figura A-1.17 Ventana Selección de equipo.
Fuente: Elaboración propia.

- 5.1 Selección del tipo de equipo.
- 5.2 Selección tipo de fabricante.
- 5.3 Selección modelo.
- 5.4 Dato tipo entero, para cantidad de equipo.
- 5.5 Etiqueta del modelo del equipo.
- 5.6 Características en tabla de modelo del fabricante (esta tabla aún está implementándose, ello no impide ejecutar el software).

Nota: Por ejemplo al presionar el botón Aceptar, el programa enviara el texto "02(336E L)" a la tabla datos de recursos en la zona equipos pesados.

6. Es un grupo de botones complementarias que sirve para copiar o propagar rápidamente los recursos de una unidad de producción hacia el resto de las unidades de producción o divisiones espaciales.
7. Graba los recursos asignados al proceso.

Nota: Solo los tipos de recursos PER (personal) y recursos EQP (equipos pesados) han sido implementados hasta la presente versión. Los recursos EQL (equipos livianos) aún no tienen su base de datos y se implementara a futuro.



Botón Jornada Diaria: activa la ventana “Jornada Diaria” (ver figura A-1.18) para ingresar la jornada diaria en las semanas.

LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO
8	8	8	8	8	8	8

Figura A-1.18 Ventana Jornada Diaria.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: por defecto la cantidad de horas o jornada por día es 8 horas. Pudiendo cambiarse a otro valor. En la presente versión la cantidad de horas se asume por igual para todos los días de la semana.



Botón Línea de Balance: activa la ventana “Línea de Balance” (ver figura A-1.19) para definir la pendiente de las líneas de balance (LOB, Line of balance).

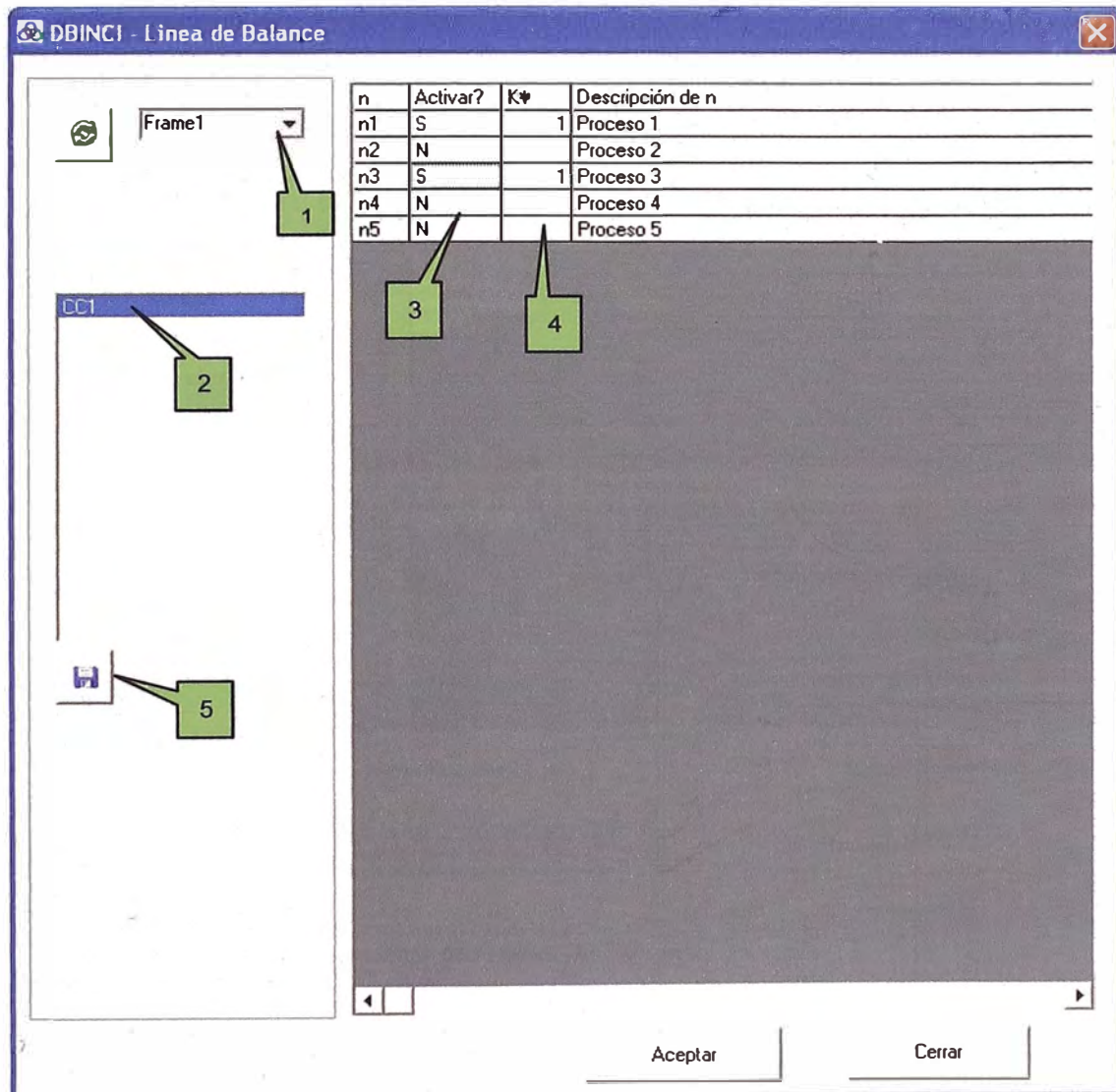


Figura A-1.19 Ventana Línea de Balance.
Fuente: Elaboración propia.

Donde:

1. Selección de un ciclograma.
2. Selección de una cadena de construcción.
3. Seleccionar fila (un proceso de construcción), y activar línea de balance con S (Si) o N (No).
4. Asignar valor K*, que en teoría es la inversa del ritmo de LOB. La unidad dimensional es: tiempo / (unidad m).
5. Grabar LOB asignados a los procesos de la cadena de construcción.



Botón Secuencia Espacial: activa la ventana “Secuenciador e Frentes de Trabajos” (ver figura A-1.20), para definir alguna de las combinaciones posibles del orden de secuencia espacial de ejecución para las divisiones m.

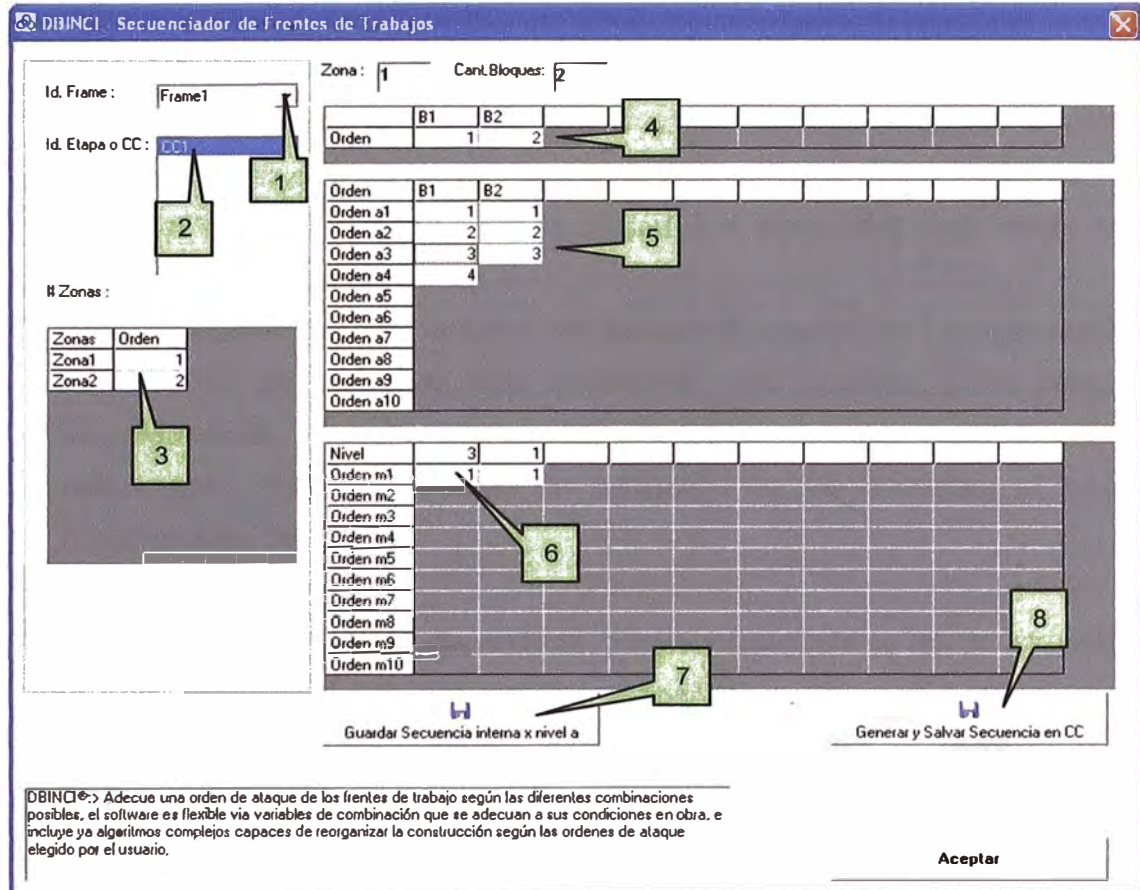
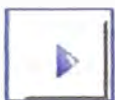


Figura A-1.20 Ventana Secuenciador de Frentes de Trabajos.
 Fuente: Elaboración propia.

Donde:

1. Selección de un ciclograma.
2. Selección de una cadena de construcción.
3. Selección de zona (fila de tabla). Inmediatamente presionar la tecla “O” y se digita un orden de salida (entre 1 y la cantidad de zonas). Si el usuario no requiere ordenar, el programa por defecto establece el ultimo ordenamiento o por defecto el coincidente al identificador de la zona.
4. Selección de bloque (columna de tabla). Inmediatamente presionar la tecla “O” y se digita un orden de salida (entre 1 y la cantidad de bloques). Si el usuario no requiere ordenar, el programa por defecto establece el ultimo ordenamiento o por defecto el coincidente al identificador del bloque.

5. Selección de nivel (fila de tabla). Inmediatamente presionar la tecla "O" y se digita un orden de salida (entre 1 y la cantidad de niveles). Si el usuario no requiere ordenar, el programa por defecto establece el ultimo ordenamiento o por defecto el coincidente al identificador del nivel.
6. Selección de una unidad m (fila de tabla). Inmediatamente presionar la tecla "O" y se digita un orden de salida (entre 1 y la cantidad de unidades m). Si el usuario no requiere ordenar, el programa por defecto establece el ultimo ordenamiento o por defecto el coincidente al identificador de la unidad m.
7. Graba el orden de ejecución de las unidades m dentro del nivel. Hacer esto para cada nivel que existiese.
8. Graba considerando las órdenes de secuencia asignadas. Las secuencias reordenaran las divisiones, sus duraciones, sus recursos y los tiempos amortiguadores de los procesos. Es una forma de hacer redistribución o combinación interna del orden de ejecución de las divisiones m según requerimiento del usuario.



Botón Run: activa la ventana "Flujos organizativos de construcción" (ver figura A-1.21), para analizar y diseñar.

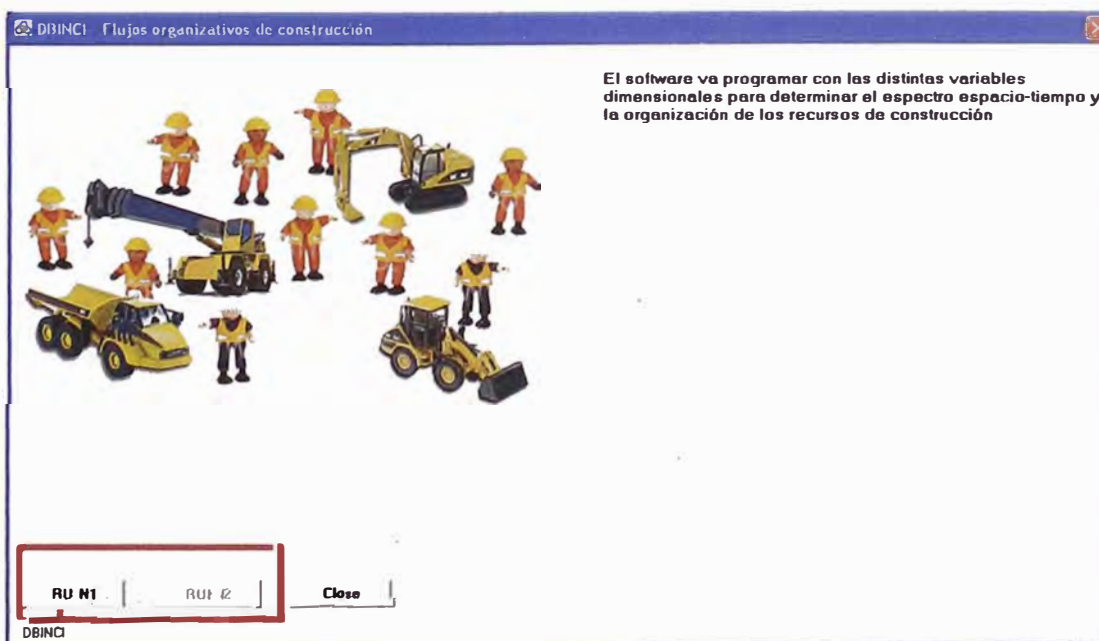


Figura A-1.21 Ventana Flujos organizativos de construcción.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: se debe presionar el botón RUN 1, a continuación se activa la ventana "Run Optimizer (ver figura A-1.22)".

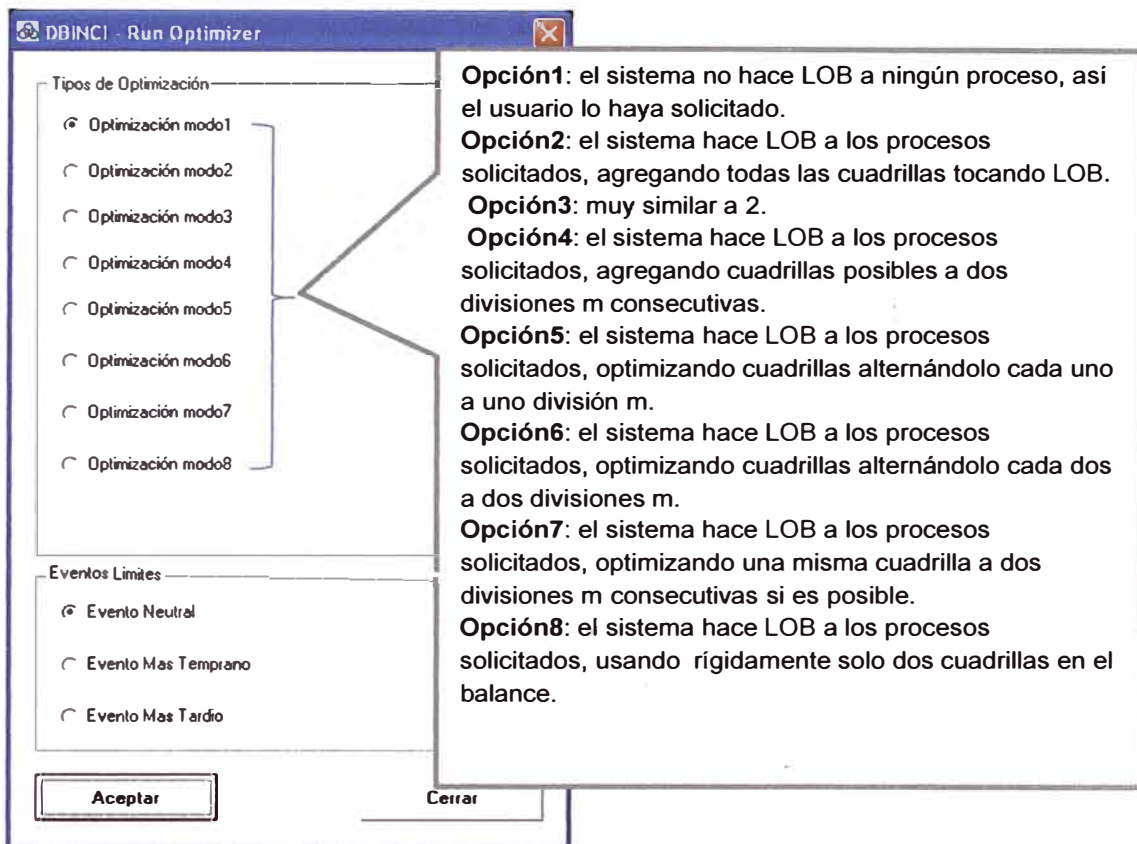


Figura A-1.22 Ventana Run Optimizer.
Fuente: Elaboración propia.

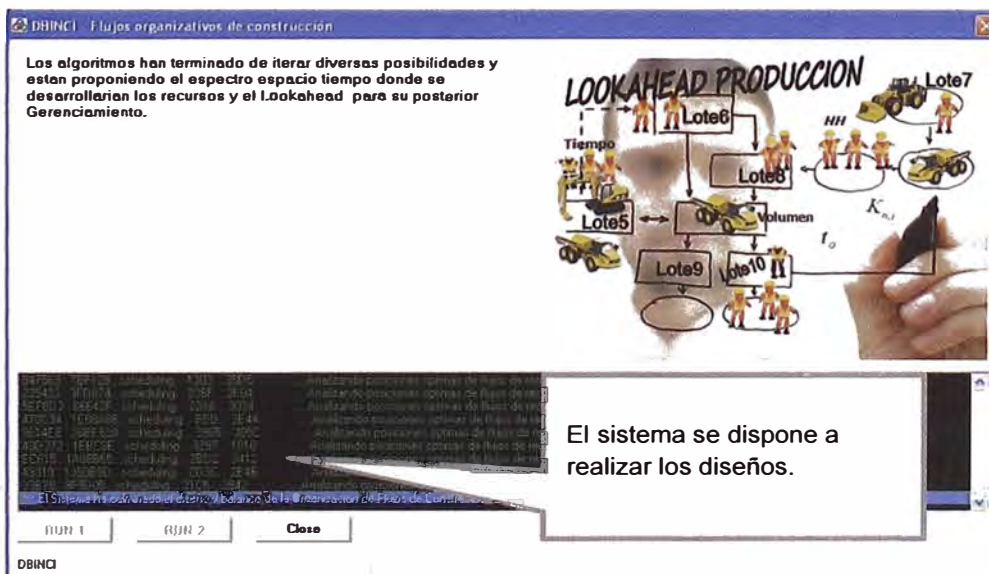


Figura A-1.23 Ventana Flujos organizativos de construcción después de ejecutar RUN2.
Fuente: Elaboración propia.

Nota: teóricamente existen muchas posibilidades de organizar los recursos, el programa cuenta con ocho formas de optimizar la ubicación de cuadrillas, se escoge uno de estos se sigue corriendo con el botón RUN 2 (ver figura A-1.23) para ver resultados, el usuario los analiza y si es conveniente o no se opta por otra optimización.



Botón Partidas: activa una ventana para asignar un análisis unitario importado desde Excel hacia un proceso constructivo y posteriormente poder evaluar costos. Este comando aún no se ha implementado en esta versión.



Botón Precios de Recursos: activa una ventana para asignar precios a los recursos participantes en la cadena de construcción. Estos recursos serían del tipo mano de obra, equipos y materiales. Este comando aún no se ha implementado en esta versión.



Botón Fuente de Recursos: activa una ventana para mantenimiento de registros de datos de tipo recursos mano de obra, equipos y materiales. Este comando aún no se ha implementado en esta versión.

1.3 BARRA DE HERRAMENTAS RESULTADOS

Es una barra vertical ubicada en la parte derecha de la ventana principal, los botones contenidos en este se describen a continuación.



Botón View Chains: activa la ventana “View Flow Chains in Space-Time” (ver figura A-1.24), sirve para elegir un tipo de formato de visualización del diseño de la cadena objeto.

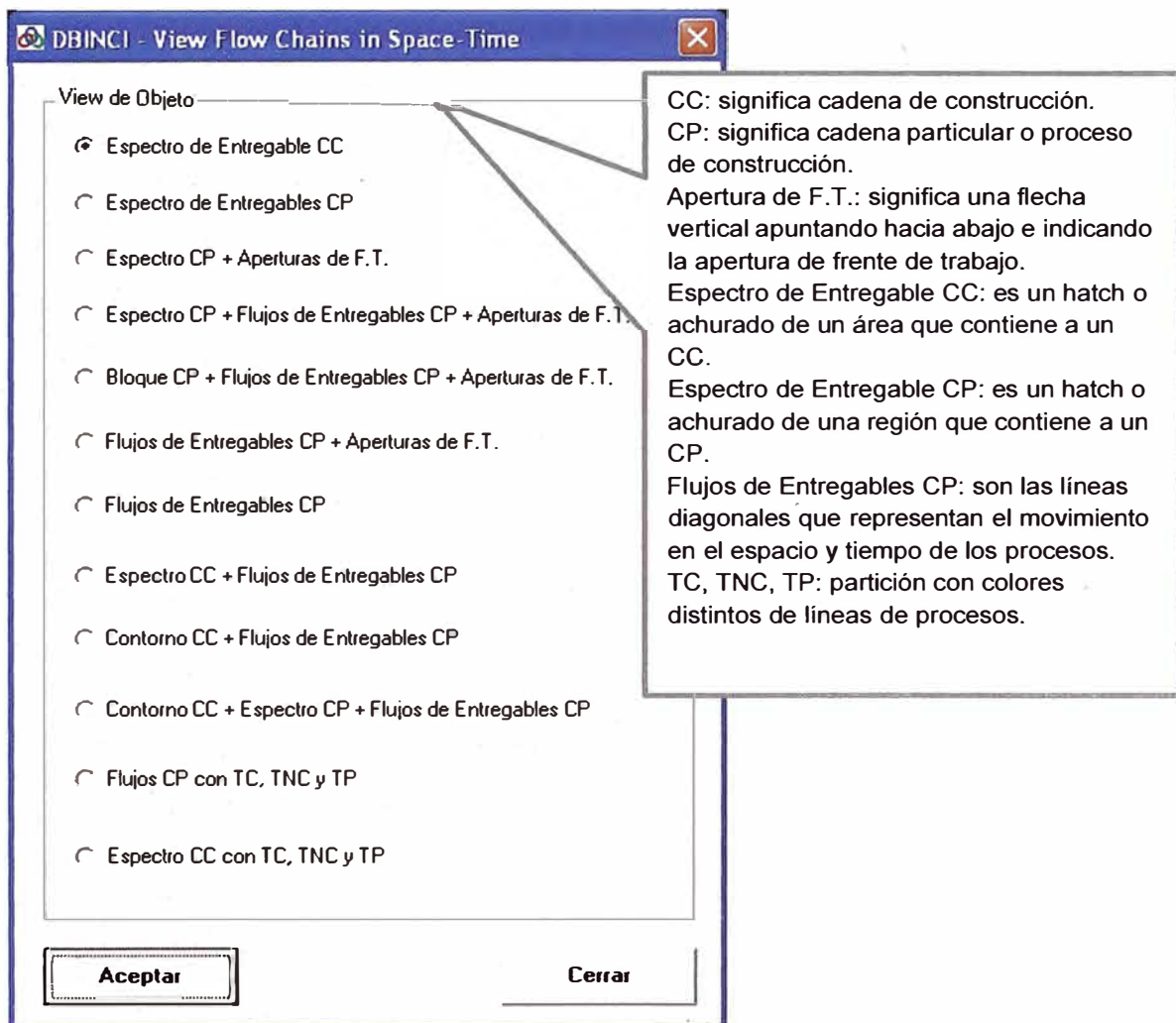
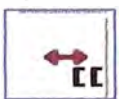


Figura A-1.24 Ventana View Flow Chains in Space - Time.
Fuente: Elaboración propia.



Botón traslapes CC: activa el puntero del mouse para elegir desde pantalla una cadena de construcción, luego de la elección aparece la ventana “Traslape espacio-tiempo” (ver figura A-1.25) que requiere un valor para mover horizontalmente la cadena de construcción.



Figura A-1.25 Ventana Traslape espacio-tiempo para cc.
 Fuente: Elaboración propia.



Botón traslapes z: activa el puntero del mouse para elegir desde pantalla una región que contiene una división espacial zona y luego de la selección aparece la ventana “Traslape espacio-tiempo” (ver figura A-1.26) que requiere un valor para mover horizontalmente el trozo espacial zona en el tiempo.

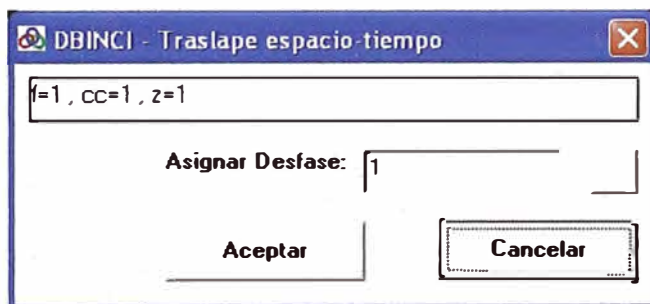


Figura A-1.26 Ventana Traslape espacio-tiempo para división z.
 Fuente: Elaboración propia.



Botón traslapes B: activa el puntero del mouse para elegir desde pantalla una región que contiene una división espacial bloque y luego de la selección aparece la ventana “Traslape espacio-tiempo” (ver figura A-1.27) que requiere un valor para mover horizontalmente el trozo espacial bloque en el tiempo.

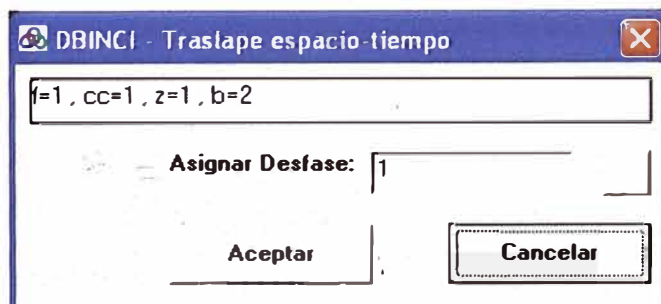


Figura A-1.27 Ventana Traslape espacio-tiempo para división b.
 Fuente: Elaboración propia.



Botón traslapes a: activa el puntero del mouse para elegir desde pantalla una región que contiene una división espacial piso y luego de la selección aparece la ventana “Traslape espacio-tiempo” (ver figura A-1.28) que requiere un valor para mover horizontalmente el trozo espacial piso en el tiempo.

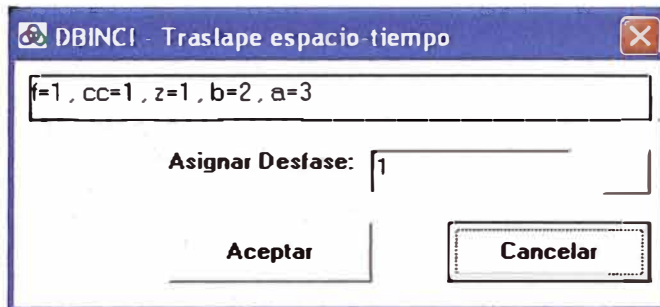


Figura A-1.28 Ventana Traslape espacio-tiempo para división a.
Fuente: Elaboración propia.



Botón traslapes m: activa el puntero del mouse para elegir en pantalla una región que contiene una división espacial unidad m y luego de la selección aparece la ventana “Traslape espacio-tiempo” (ver figura A-1.29) que requiere un valor para mover horizontalmente el trozo espacial unidad m en el tiempo.

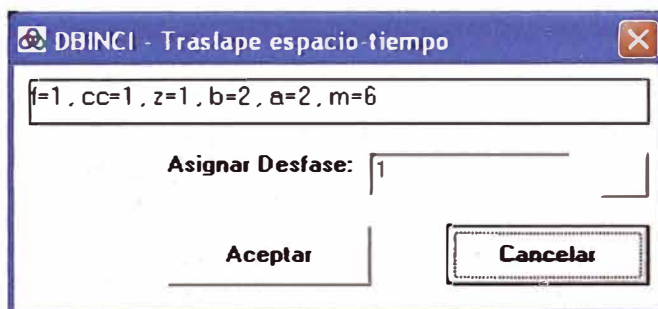
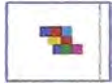


Figura A-1.29 Ventana Traslape espacio-tiempo para división m.
Fuente: Elaboración propia.

Nota: estos botones para traslapes, son empleados para refinaciones en el tiempo, según consideraciones de secuencia, apuros, accesos de trabajos, paradas por condiciones de calidad o lógicas constructivas que impidan realizar la ejecución como el software haya propuesto en su diseño automático al hacer RUN1 y RUN2. El uso de estos botones modifica el espectro total espacio tiempo obtenido automáticamente.



Botón View Gantt: convierte el diseño de las cadenas hacia un sistema grafico en forma de barras horizontales proyectadas en el eje tiempo (este comando aún está en construcción).



Botón View Trains de Actividades: convierte el diseño de las cadenas hacia un sistema grafico en forma de trenes de actividades horizontales codificadas en color y variables espaciales proyectadas en el eje tiempo.



Botón Estilo Formato View: activa la ventana “Textos de Modelos” (ver figura A-1.30), controla escala horizontal, escala vertical, altura de textos en los ejes y marcos de las simulaciones cadenas, Gantt y trenes.

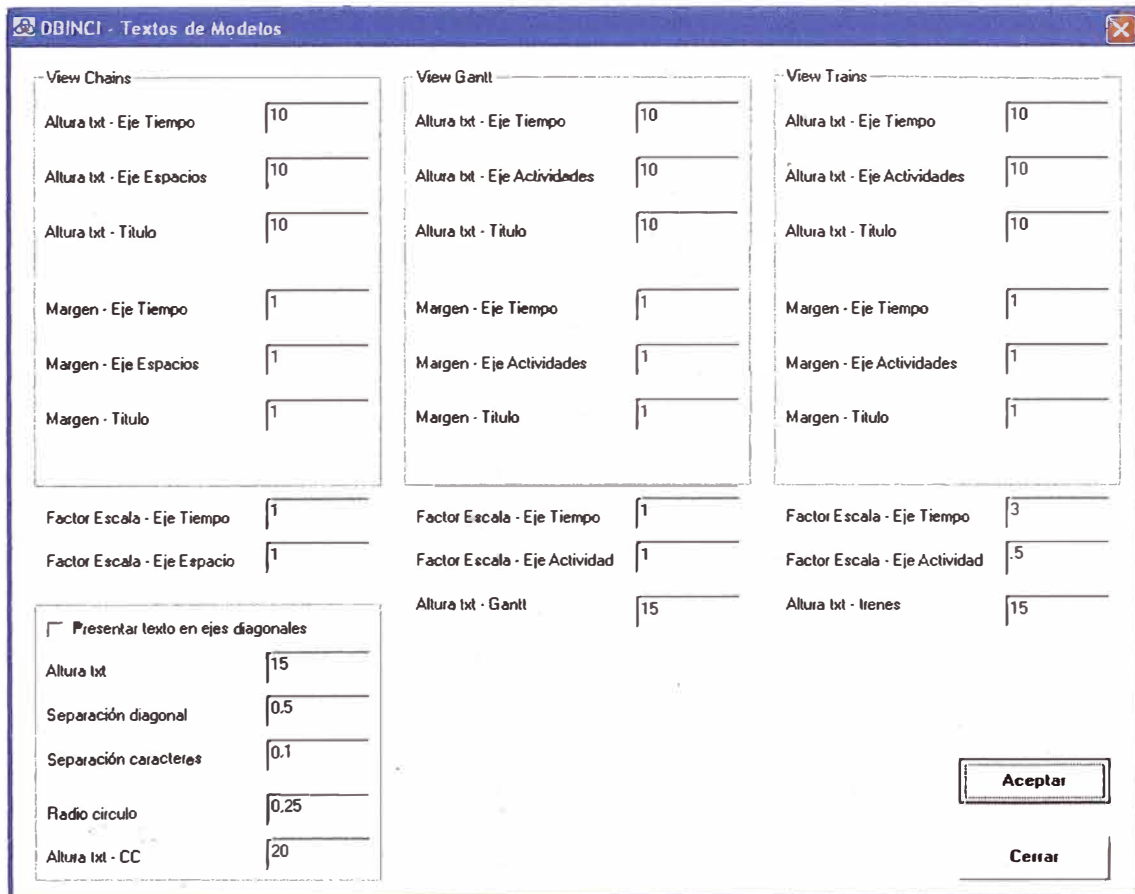


Figura A-1.30 Ventana Textos de Modelos.
 Fuente: Elaboración propia.



Botón Tabla Uso Recursos: presenta el uso o empleo de cada tipo de recursos (mano de obra y equipos) en el tiempo. La tabla resumen se traza sobre la plataforma.



Botón Tabla Esfuerzo: presenta el esfuerzo consumido de cada tipo de recurso en el tiempo. La tabla resumen se traza sobre la plataforma.



Botón Estilo Formato Tablas: controla la escala horizontal, escala vertical, altura de textos en los ejes, textos de la tabla y enmarcado de las tablas uso de recursos y esfuerzos.



Botón Histograma Uso de Recursos: presenta el uso o empleo de cada tipo de recursos (mano de obra y equipos) en forma de histogramas en el tiempo trazado sobre la plataforma.



Botón Estilo Formato Histograma: controla la escala horizontal, escala vertical, altura de textos de los histogramas.

1.4 BARRA DE HERRAMENTAS PANTALLA

Es una barra horizontal ubicada en la parte superior de la ventana principal, orientado a controlar la virtualización de pantalla, los botones contenidos en este se describen a continuación.



Botón Zoom Cuadro: selecciona una región rectangular en la pantalla. Este comando aún no está implementado en esta versión.



Botón Zoom Extents: para seleccionar automáticamente toda el área neta de trazado.



Botón Zoom Mover: para desplazar virtualmente la pantalla conservando las características de visualización.



Botón Zoom Más: para acercar virtualmente y escaladamente conservando las características de visualización.



Botón Zoom Menos: para alejar virtualmente y escaladamente conservando las características de visualización.

1.5 BARRA DE HERRAMENTAS ESPACIO PAPEL

Es una barra horizontal ubicada en la parte superior de la ventana principal, orientado a controlar la simulación de espacios papel para impresiones, los botones contenidos en este se describen a continuación. Hasta la presente versión del prototipo, se sigue implementando los siguientes comandos de esta barra.



Botón Activa Espacio Papel: para convertir la plataforma principal en un simulador de papel.



Botón Configura Membrete: activa una ventana para agregar datos textuales que se insertaran en el marco membrete del papel.



Botón Configura Tipo Papel: activa una ventana para especificar el tamaño de papel y orientación.



Botón Mostrar Papel: activa el espacio papel con un marco dentro del cual se presenta el diseño en su interior. Este marco puede ser afectado por el zoom más, zoom menos y el mover de pantalla para ajustes visuales en papel,



Botón Refrescar Papel: refresca o actualiza algún cambio que se le vaya asignar en el membrete o el tipo de papel.



Botón Imprimir: envía el espacio papel a la impresora predefinida. Se requiere que el papel físico esperando en la impresora sea por lo menos el tamaño de papel elegido en la simulación.



Botón Escala Papel: Para escalar el papel con sus características de visualización (tamaño de textos, formas, colores gráficos dentro del marco y escala del papel virtual).



Botón Explode Papel: Para descomponer el espacio papel mostrado y retornar a la plataforma de diseño principal.

1.6 BARRA DE HERRAMENTAS AYUDAS

Es una barra horizontal ubicada en la parte superior derecha de la ventana principal, los botones contenidos en este se describen a continuación.



Botón Calculadora: invoca la calculadora virtual de Microsoft Windows.



Botón Teclado: invoca el teclado virtual de Microsoft Windows.



Botón Manual: invoca un archivo de ayuda de manejo del software (comando en construcción)



Botón Acerca De: activa una ventana donde se muestra un resumen general del software y autor.

1.7 BARRA DE HERRAMENTAS EXPORTACIONES

Es una barra vertical ubicada en la parte derecha inferior de la ventana principal, los botones contenidos en este se describen a continuación. Hasta la presente versión del prototipo, se sigue implementando los comandos de esta barra.



Botón Exportar Excel: exporta los valores de la tabla uso de recursos hacia un archivo Excel.

Nota: Aparece una ventana al cual debe asignar un nombre de un libro Excel existente y también el nombre de una hoja de cálculo para poder direccionar la exportación. La versión del Excel debe ser del 2010 para adelante.



Botón Exportar AutoCAD: desencadenan algoritmos complejos que convierten los diseños de la plataforma principal vista en cadenas, transformándolo a lenguaje visual para plataformas de Autodesk y poder tenerse posteriormente como un *.dwg. La información para exportar a plataformas Autodesk se alojan en "C:\DBINCI@\Projects\NombreDeSuProyecto\dwg"

Nota: en la versión Beta 2013 R1, solo se puede exportar los flujos de cadenas y los trenes de actividades. Para poder concretar la exportación se debe tener instalado un archivo macro denominado *DBINCI-ImportacionCAD.dvb*, ubicado en la ruta "C:\DBINCI@\System\". Cuando active por ejemplo el AutoCAD, deberá de cargar y activar el archivo macro, y para ejecutarlo invoque la rutina *Módulo1.DBINCI_Importar*. Debe contar con Versiones del 2010 para adelante.



Botón Exportar para Microsoft Project: convierten los diseños de la plataforma vista en barras Gantt, transformándolo a lenguaje visual para plataformas de Microsoft Project. Esta herramienta aún está en construcción, no está disponible en esta versión.



Botón Exportar para Primavera P6: convierten los diseños de la plataforma vista en barras Gantt, transformándolo a código Excel compatible para ser leído por el Primavera P6. Esta herramienta aún está en construcción, no está disponible en esta versión.

1.8 EJEMPLOS DEL PROTOTIPO

EJEMPLO 1 – Producción Rítmica Lineal

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

Para la ejecución de un objeto, un equipo planeador divide el producto en 8 partes iguales cuyos procesos a realizar son típicos para todas las divisiones, los procesos para una división típica se muestra en la figura A-1.31. La secuencia lógica de procesos de construcción es n1, n2, n3, n4 y n5, asumiendo que la producción es continua y sin restricciones. Se pide optimizar:

- El tiempo total a emplear y los esquemas de flujo en cadenas.
- Cuanta producción se estima hasta el día productivo 9.
- El esquema de trenes de actividades.



Figura A-1.31 División y procesos lineales típicos.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: 1j, es una jornada o un día laborable.

Solución:

Los esquemas diseñados por el software del cual se responden las preguntas están en la figura A-1.32 que corresponde al flujo de cadenas y la figura A-1.33 que corresponde a los trenes de actividades. El tiempo total óptimo para obtener el producto es 12 días útiles.

- Hasta el día productivo 9 se estiman los siguientes:
 - Proceso1: $8 \times 300\text{Kg} = 2400 \text{ Kg}$.
 - Proceso2: $8 \times 60\text{m}^2 = 480 \text{ m}^2$.
 - Proceso3: $7 \times 200\text{unid.} = 1400 \text{ unid.}$
 - Proceso4: $6 \times 10\text{m}^3 = 60 \text{ m}^3$.
 - Proceso5: $5 \times 60\text{m}^2 = 300 \text{ m}^2$.

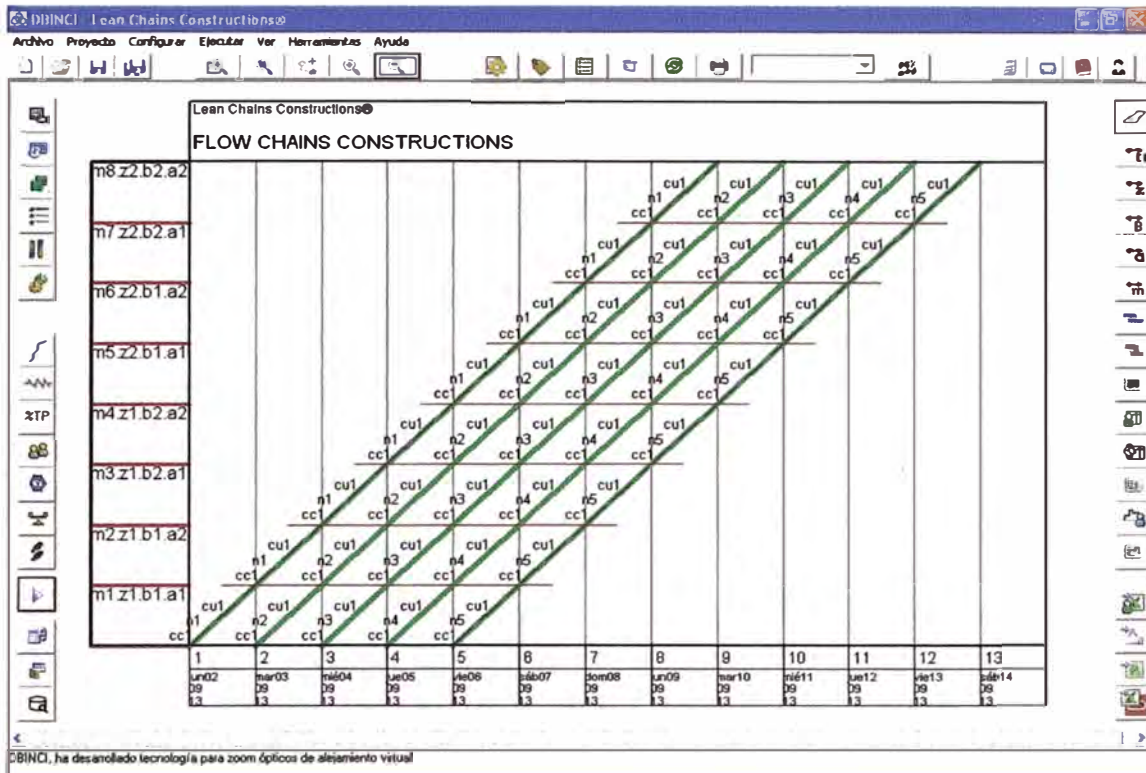


Figura A-1.32 Solución propuesta de Flujo de Cadenas para ejemplo1.

Fuente: Software DBINCI - Lean Chains Constructions. Versión Beta 2013 Release1. Perú.

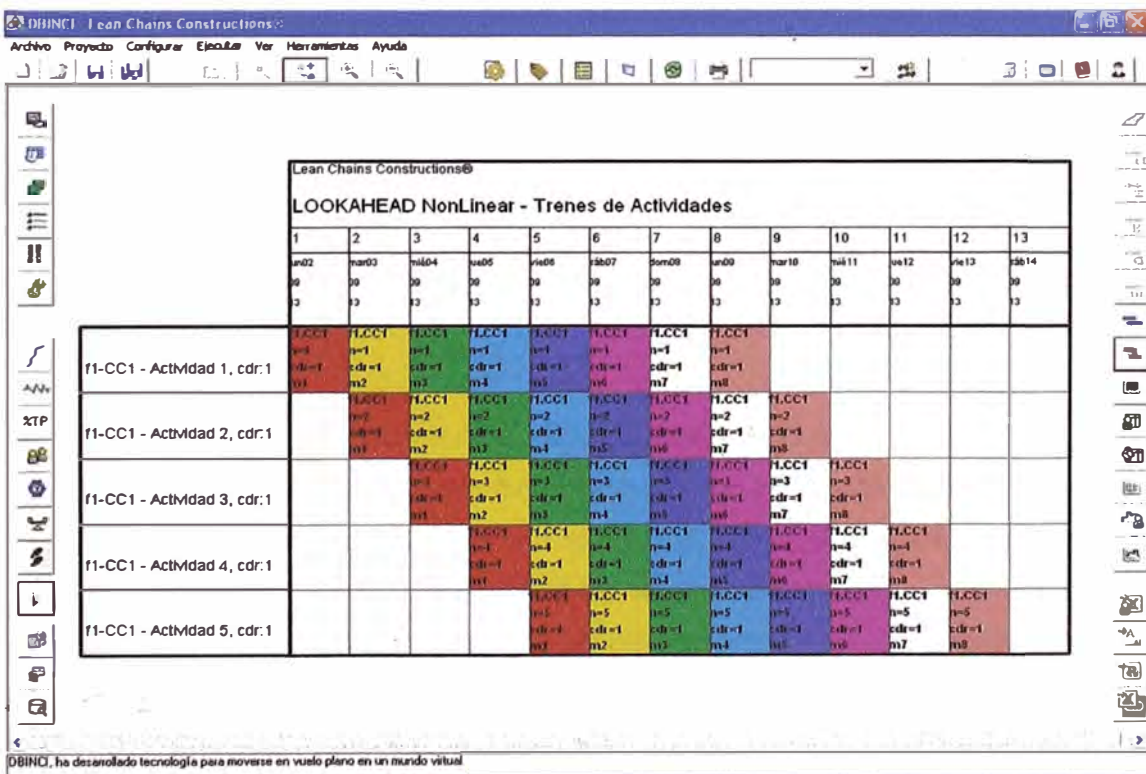


Figura A-1.33 Solución propuesta de Trenes de actividades para el ejemplo1.

Fuente: Software DBINCI - Lean Chains Constructions. Versión Beta 2013 Release1. Perú.

EJEMPLO 2 – Producción con Ritmos Múltiples

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

Para la ejecución de un producto un equipo planeador divide el producto en 8 partes iguales cuyos procesos a realizar son típicos para todas las divisiones, los procesos para una división típica se muestra en la figura A-1.34. La secuencia lógica de procesos de construcción es n1, n2, n3, n4 y n5, asumiendo que la producción es continua y sin restricciones en el frente de trabajo. Diseñar óptimamente usando restricción de recursos de máximo 2 cuadrillas en los procesos que se requieran:

- Hallar el tiempo total a emplear y los esquemas de flujo en cadenas.
- Cuanta producción del proceso 3 se estima acumular hasta el día productivo 14 y en qué frente(s) estaría sucediendo.
- El esquema de trenes de actividades.



Figura A-1.34 División típica y procesos lineales múltiples.
Fuente: Elaboración propia.

Solución:

Los esquemas para la solución están en la figura A-1.35 que corresponde al flujo de cadenas y la figura A-1.36 que corresponde a los trenes de actividades.

- El tiempo total óptimo para obtener el producto es 27 días útiles.
- Hasta el día productivo 14 se estima un acumulado:
 - cuadrilla1 del proceso n3 se debe encontrar en la división 5 y ha acumulado: $2 \times 200 + (3/4) \times 200 = 550$ unidades.
 - cuadrilla2 del proceso n3 se debe encontrar en la división 6 y ha acumulado: $2 \times 200 + (2/4) \times 200 = 500$ unidades.

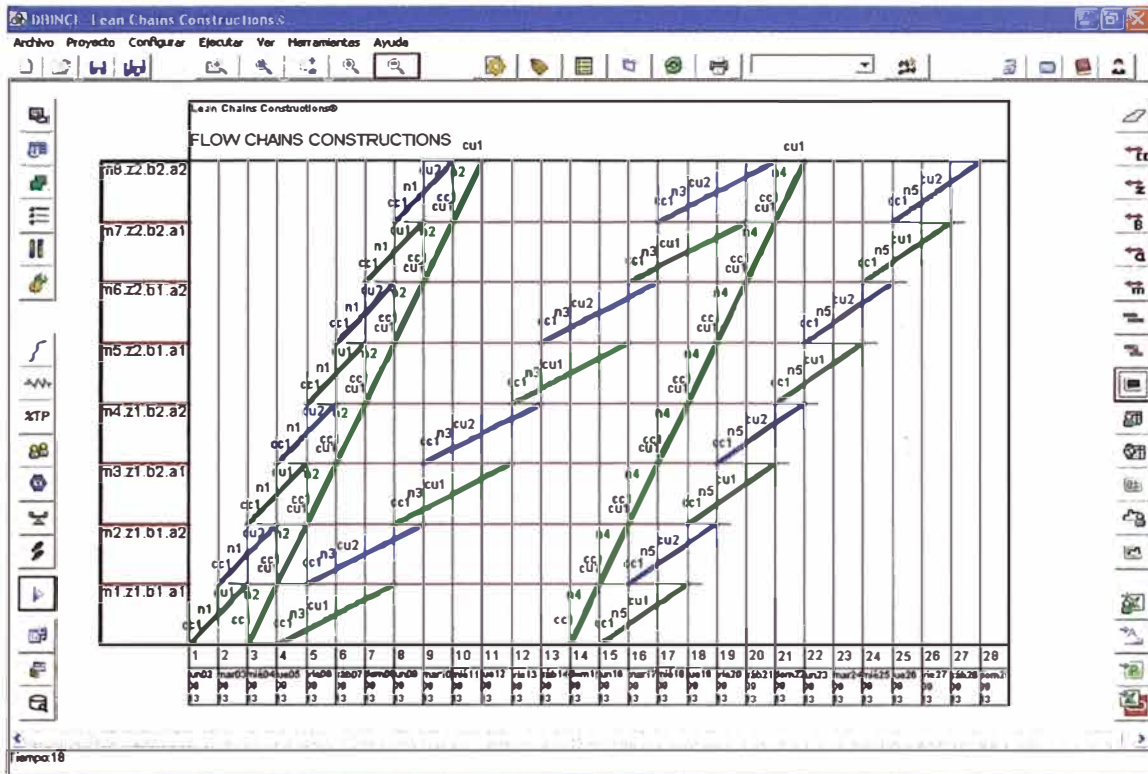


Figura A-1.35 Solución propuesta de Flujo de Cadenas para ejemplo2.

Fuente: Software DBINCI - Lean Chains Constructions. Versión Beta 2013 Release1. Perú.

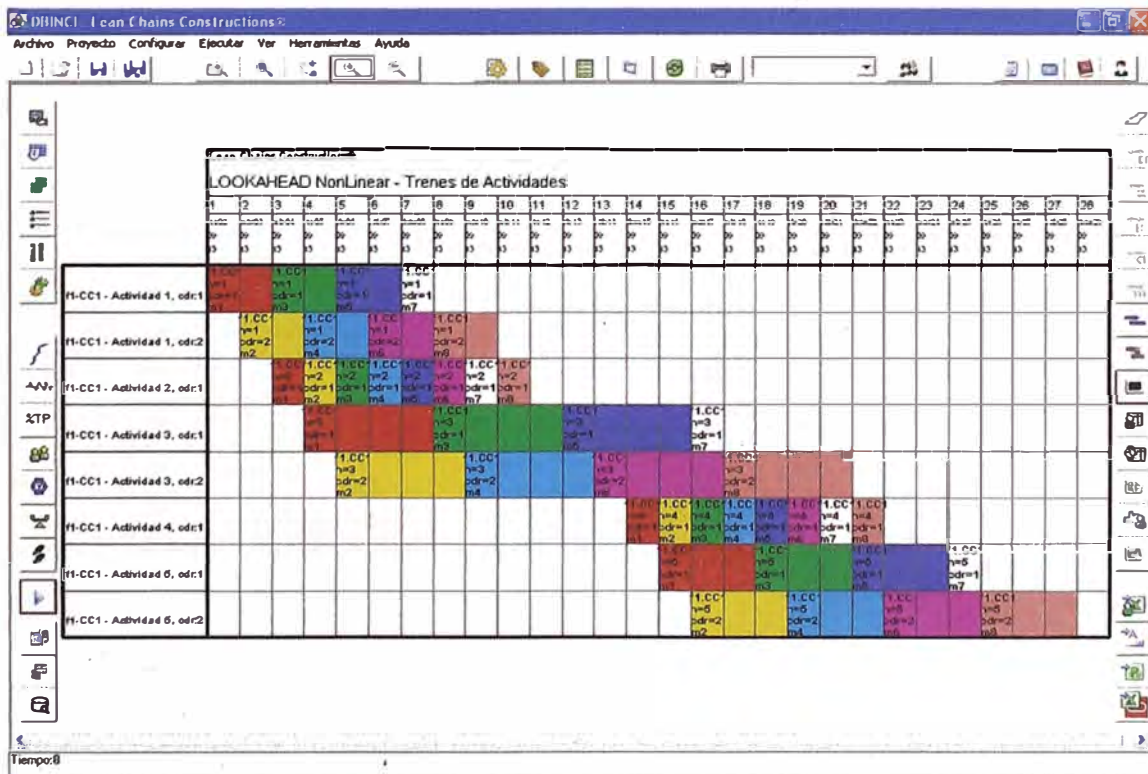


Figura A-1.36 Solución propuesta de Trens de Actividades para ejemplo2.

Fuente: Software DBINCI - Lean Chains Constructions. Versión Beta 2013 Release1. Perú.

EJEMPLO 3 – Producción de varias Cadenas de Construcción y de Ritmos Múltiples.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

Se divide un producto en 7 partes iguales en una etapa constructiva 1 y se divide en 10 partes iguales en una etapa constructiva 2. Los procesos a realizar son típicos para cada división en cada etapa respectivamente, estos procesos para una división típica se muestra en la figura A-1.37. La secuencia lógica de procesos de construcción es n1, n2, n3 y n4 para la etapa1 y n1, n2 y n3 para la etapa2, asumiendo que la producción es continua y sin restricciones en el frente de trabajo. Diseñar óptimamente usando restricción de recursos de máximo 3cuadrillas en los procesos que se requieran:

- Hallar el tiempo total a emplear y los esquemas de flujo en cadenas.
- Cuanto tiempo emplea la etapa constructiva 2 y que día productivo debería estar iniciando.
- Cuál es la holgura que debería haber entre el proceso1 y el proceso2 de la etapa constructiva2, con la finalidad de evitar tiempos y costos improductivos entre estos dos procesos.
- El esquema de trenes de actividades.

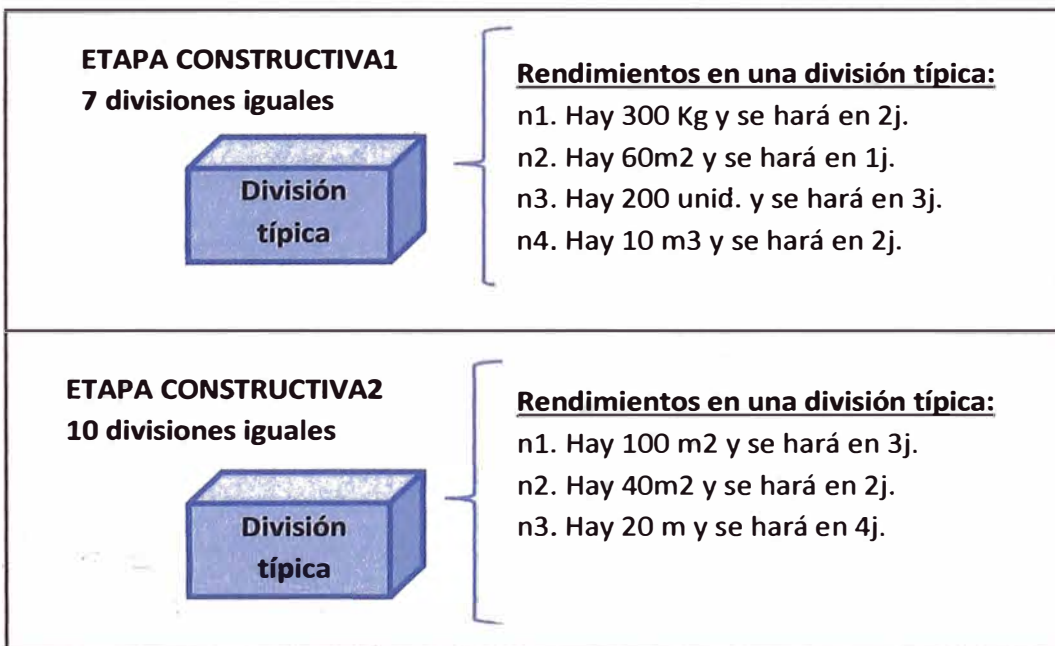


Figura A-1.37 Divisiones iguales y distintas entre etapas constructivas
Fuente: Elaboración propia.

Solución:

Los esquemas para la solución están en la figura A-1.38 que corresponde al flujo de cadenas y la figura A-1.39 que corresponde a los trenes de actividades.

- El tiempo total óptimo para obtener el producto es 34 días útiles utilizando como máximo 3cuadrillas por proceso.
- El tiempo que emplea solo la etapa constructiva 2 es de 24 días útiles y debería iniciar el día productivo 11.
- La holgura entre estos procesos debería ser 3 días útiles con la finalidad de reducir los tiempos y costos improductivos entre estos dos procesos.

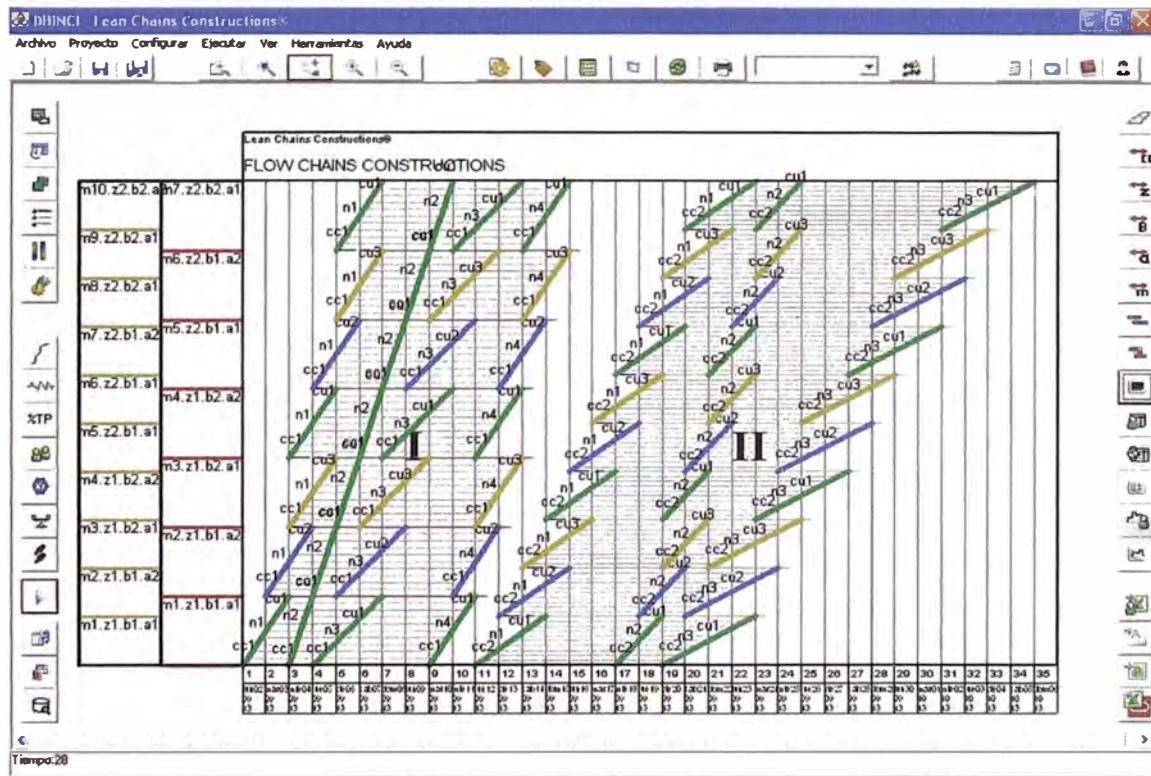


Figura A-1.38 Solución propuesta de Flujo de Cadenas para ejemplo3.

Fuente: Software DBINCI - Lean Chains Constructions. Versión Beta 2013 Release1. Perú.

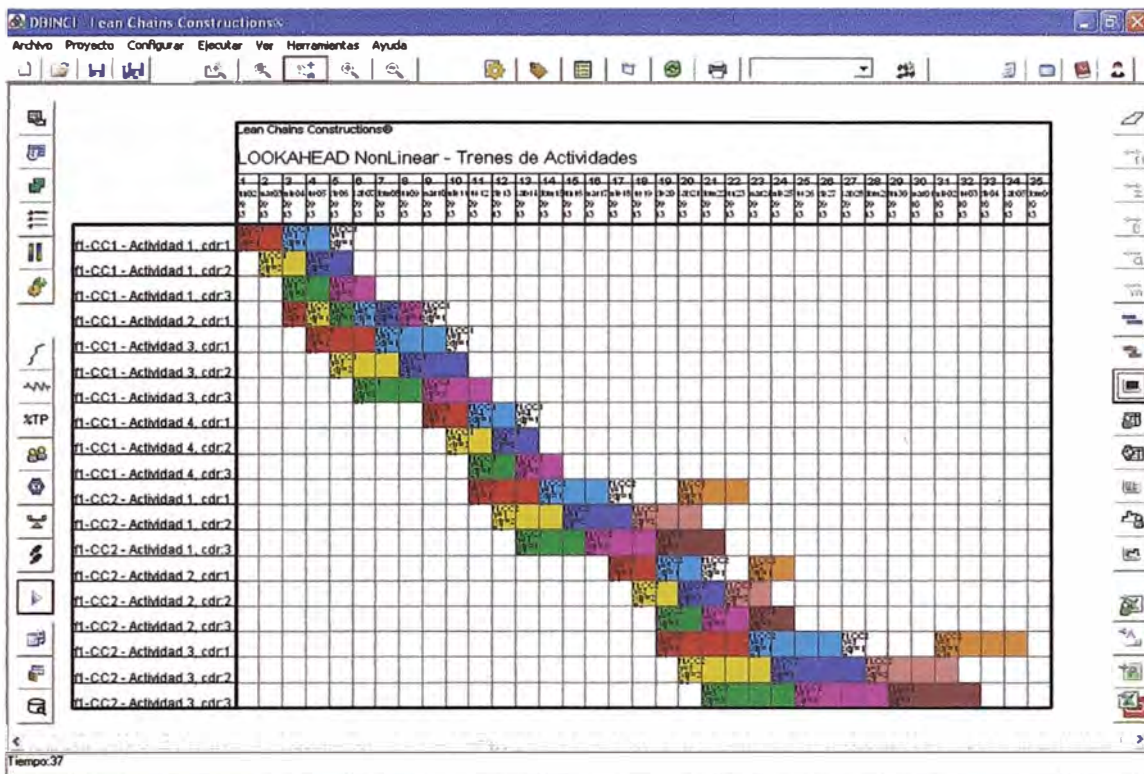


Figura A-1.39 Solución propuesta de Trenes de Actividades para ejemplo3.
Fuente: Software DBINCI - Lean Chains Constructions. Versión Beta 2013 Release1. Perú.

EJEMPLO 4 – Producción de varias Cadenas de Construcción y de Ritmos Arrítmicos.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

Se divide un producto en 9 partes desiguales (por distintos motivos no se puede llegar a la división exacta). Los procesos a realizar son típicos para cada división, estos procesos en cada división se resume en la figura A-1.40. La secuencia lógica de procesos de construcción es n1, n2, n3 y n4 asumiendo que la producción es continua y sin restricciones en el frente de trabajo, se deberá tener en cuenta que n4 antes de iniciarse debe esperar por lo menos 3 días útiles después de n3. Diseñar óptimamente usando restricción de recursos de máximo 2 cuadrillas en los procesos que se requieran:

- Hallar el tiempo total a emplear y el esquema de flujo en cadenas.
- Cuál es la holgura que debería haber entre el proceso2 y el inicio del proceso3, con la finalidad de evitar tiempos y costos improductivos entre estos dos procesos.
- El esquema de trenes de actividades.

	Duraciones en cada división								
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9
n1	2	4	1	2	3,5	1,5	3	2	1
n2	4	2	3	2	2	1	2	3	2
n3	3	2	3	3	1	3	2	3	3
n4	1	3	2	1,5	1	4	2	4	2

Figura A-1.40 Divisiones y ritmos desiguales.
 Fuente: Elaboración propia.

Solución:

Los esquemas para la solución están en la figura A-1.41 que corresponde al flujo de cadenas y la figura A-1.42 corresponde a los trenes de actividades.

- El tiempo total óptimo para obtener el producto es 28 días útiles utilizando como máximo 2 cuadrillas por proceso.
- La holgura inicial entre estos procesos debería ser 6 días útiles con la finalidad de reducir los tiempos y costos improductivos entre estos dos procesos.

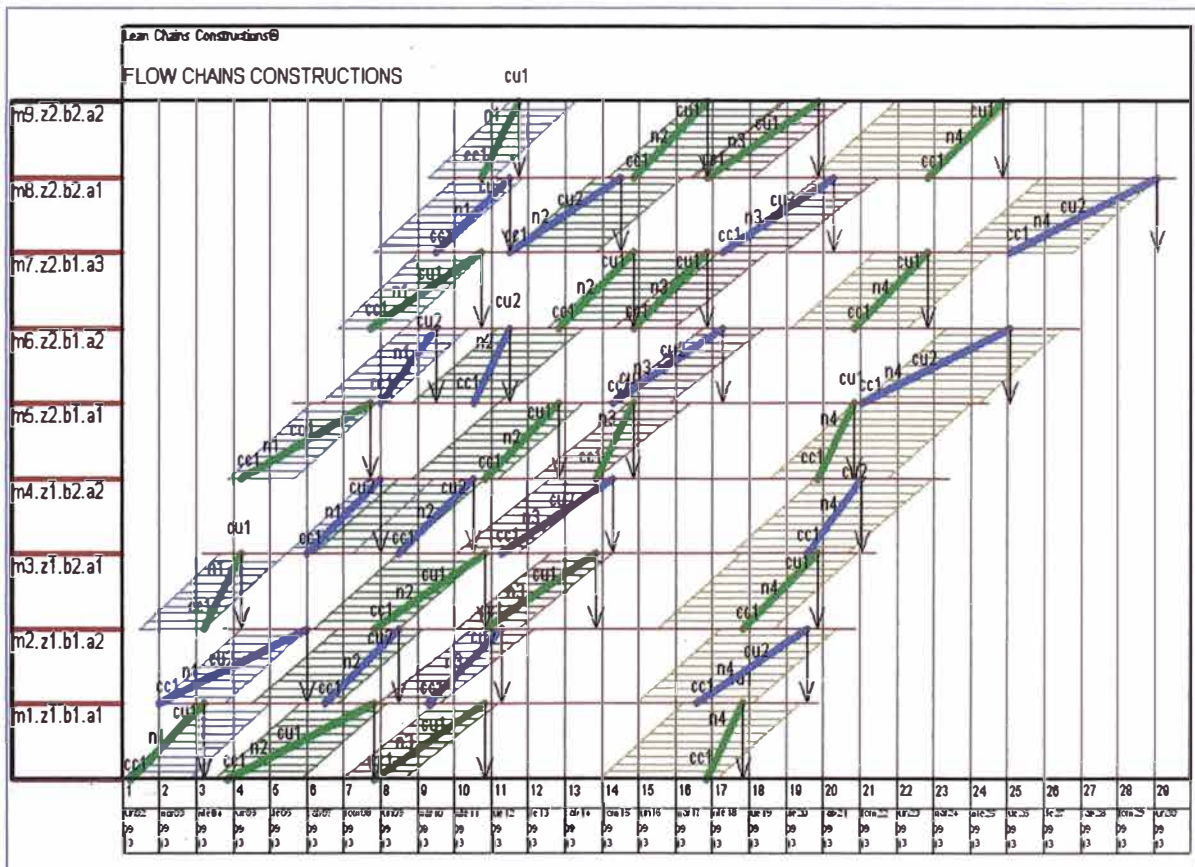


Figura A-1.41 Solución propuesta de Flujo de Cadenas para ejemplo4.
 Fuente: Software DBINCI - Lean Chains Constructions. Versión Beta 2013 Release1. Perú.

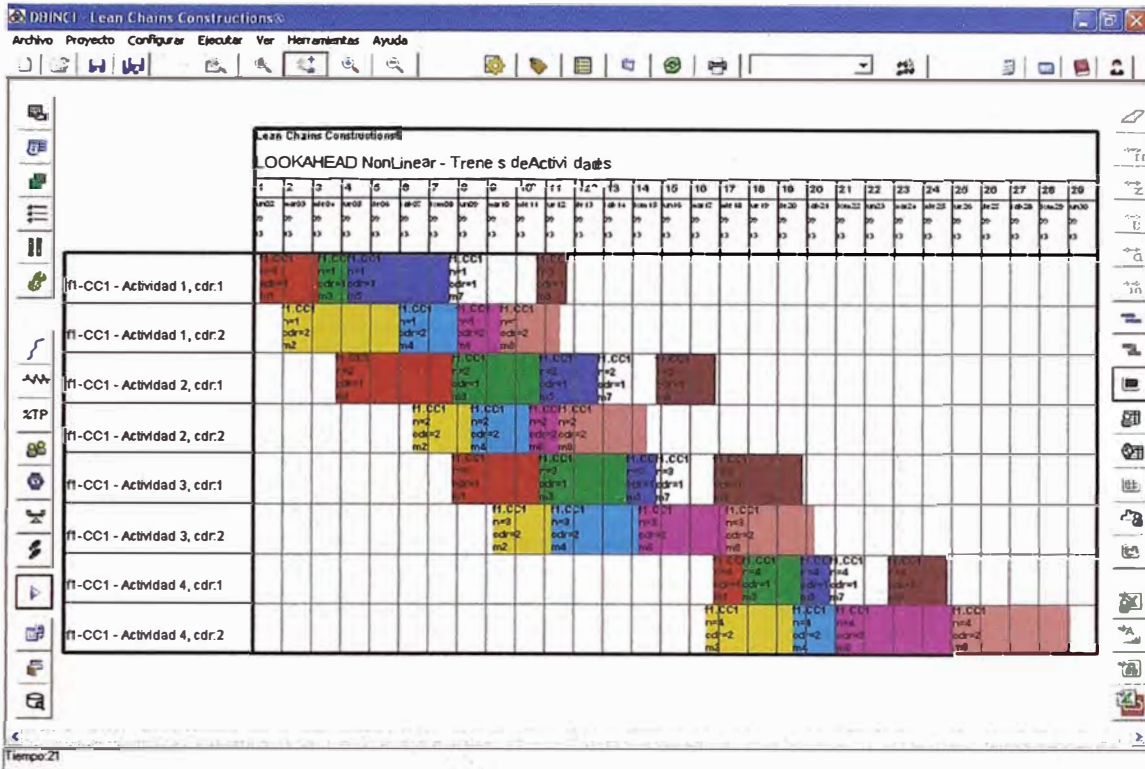


Figura A-1.42 Solución propuesta de Trens de Actividades para ejemplo4.
Fuente: Software DBINCI - Lean Chains Constructions. Versión Beta 2013 Release1. Perú.

EJEMPLO 5 – Producción de varias Cadenas de Construcción de Ritmos Arrítmicos y con discontinuidades en frentes.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

Se divide un producto en 9 partes desiguales para la etapa constructiva 1 y en 6 divisiones desiguales para la etapa constructiva 2. Los procesos a realizar son típicos para cada división de cada etapa respectivamente, estos procesos y sus recursos se muestran en la figura A-1.43. La secuencia lógica de procesos de construcción es n1, n2, n3, n4 y n5 para la etapa1 y n1, n2, n3 y n4 para la etapa2, considere problemas de campo que se traducen en discontinuidades (color rojo en la tabla). Diseñar óptimamente usando restricción de recursos de máximo 2cuadrillas en los procesos que se requieran:

- Hallar el tiempo total a emplear y el esquema de flujo en cadenas.
- El esquema de trenes de actividades.
- El esquema de histogramas de recursos de producción.

FASE CONSTRUCCIÓN1 (9 divisiones y 5 procesos)													
	Duraciones K en cada división									Recursos			
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	PEO	OFI	OPE	
n1	2	4	1	2	3,5		3	2	1	1	1	1	
n2	4		3	2	2		2	3	2	2		2	
n3	3	2	3	3	1	3	2	3	3	4		2	
n4	1	3	2		1	4		4	2	2	1		
n5	1	2	2	2	1	2	3	4	2	3	1	3	

FASE CONSTRUCCIÓN2 (6 divisiones y 4 procesos)													
	Duraciones K en cada división						Recursos						
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	VOLQ	EXCA	TRAC	PEO			
n1	5	2	2	3	1	2	4	1					
n2	2		4	1	1	2			1				
n3	4	3	1	2		2,5		2					
n4	2	5		3	2	3	8	2		4			

Figura A-1.43 Divisiones y recursos con discontinuidades de frentes de trabajo.
Fuente: Elaboración propia.

Solución:

El esquema de solución propuesto se muestra en la figura A-1.44 que corresponde al espectro espacio tiempo, es la región irregular donde se desarrollarán los recursos.

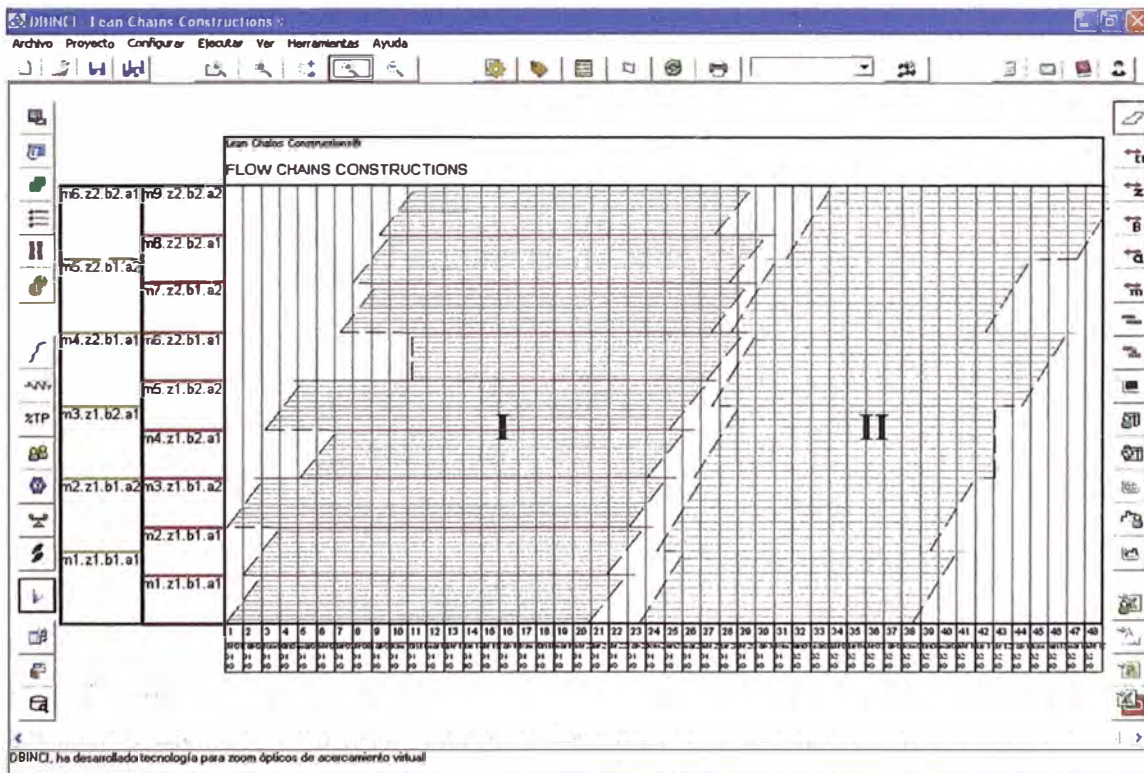


Figura A-1.44 Espectro espacio tiempo.
Fuente: Software DBINCI - Lean Chains Constructions. Versión Beta 2013 Release1. Perú.

La figura A-1.45 muestra los flujos de cadenas que se desenvuelven dentro del espectro espacio tiempo. El tiempo total propuesto es 47 días

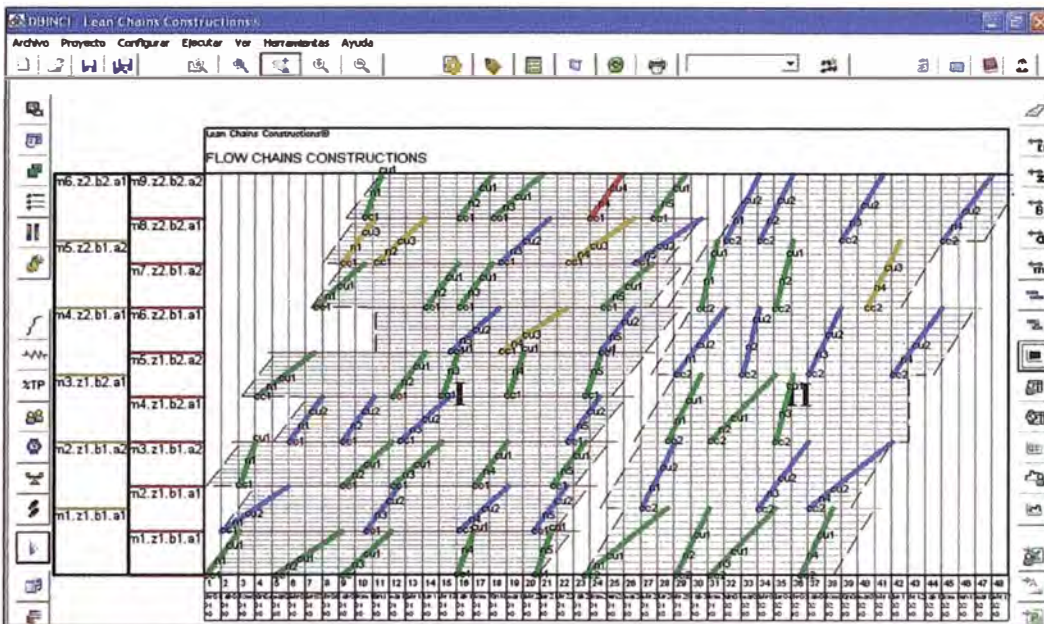


Figura A-1.45 Espectro espacio tiempo.

Fuente: Software DBINCI - Lean Chains Constructions Versión Beta 2013 Release1. Perú.

La figura A-1.46 es una forma de visualización que indica los TC (color verde), TNC (color rojo) y TP (color azul) como porcentaje dentro de los procesos.

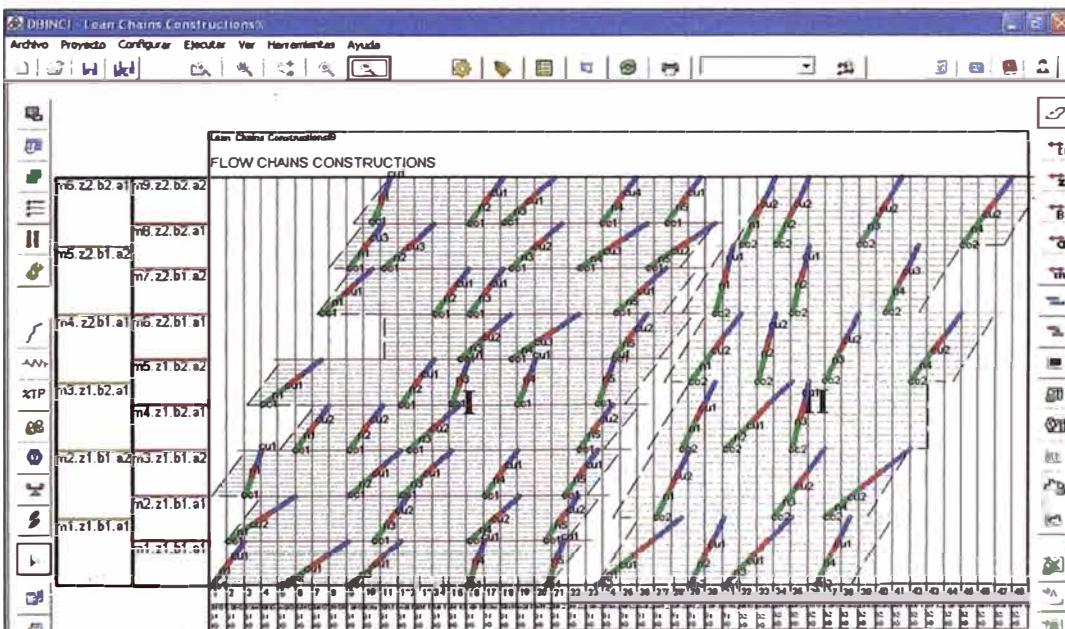


Figura A-1.46 Modo vista de % Trabajos Contributarios (TC), No Contributarios (TNC) y Productivos (TP).

Fuente: Software DBINCI - Lean Chains Constructions. Versión Beta 2013 Release1. Perú.

La figura A-1.47 muestra el diseño de trenes no convencionales de actividades, la palabra “no convencional” se atribuye a que no existe software con sustento científico para trenes y además aplicado a casos complejos o atípicos frecuentes en obras de infraestructuras civiles distintas a edificios. Dentro de cada área de colores, el software controla y codifica particularmente el ciclograma (f), la cadena de construcción (CC), el proceso (n), el identificador de cuadrillas (cdr) y la división espacial (m), para guiar la gestión de la construcción.

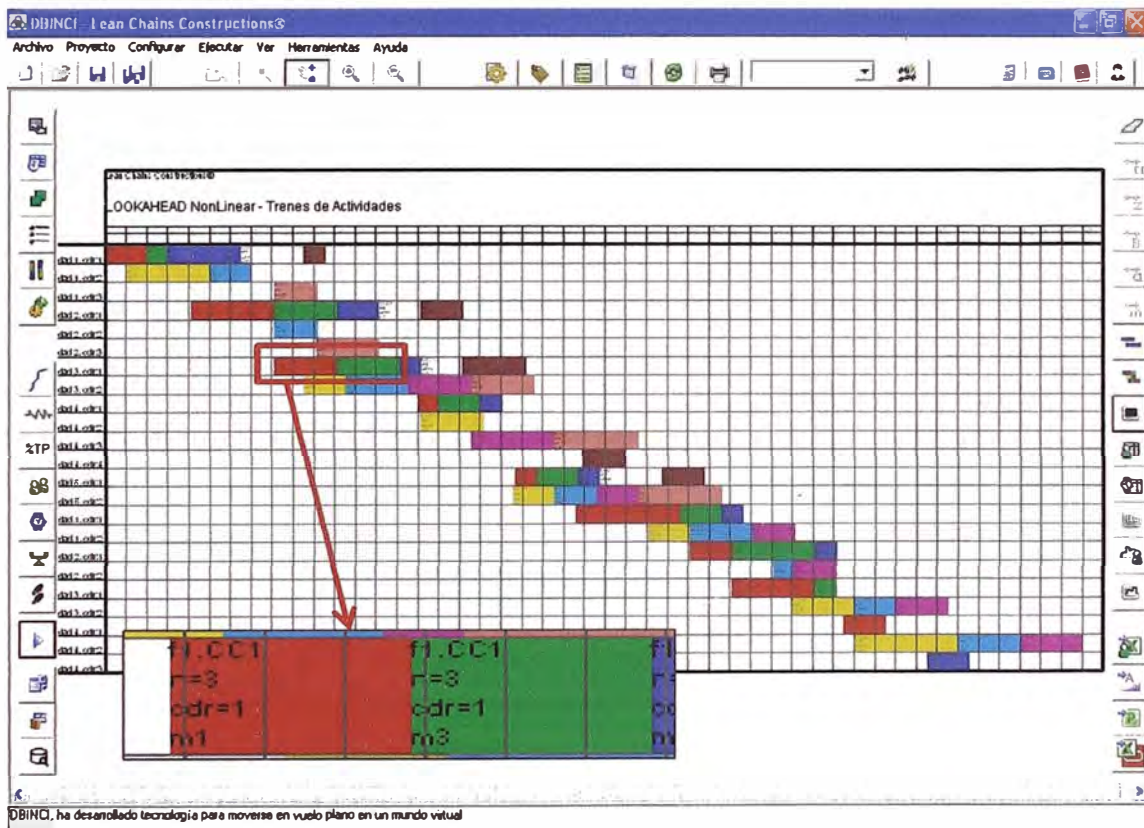


Figura A-1.47 Diseño de trenes no convencionales de actividades.

Fuente: Software DBINCI - Lean Chains Constructions. Versión Beta 2013 Release1. Perú.

La figura A-1.48 muestra el diseño de histogramas de los recursos personas y equipos empleados, el prototipo al momento de optimizar con los conceptos de TPC encuentra posiciones adecuadas, siendo estas las menos impactantes debido a que no trata de obtener distribuciones exactas tipo campana de Gauss ya que eso es meramente teórico, sino que depende de la influencia de las sucesoras y predecesoras con sus diferentes discontinuidades o restricciones ingresadas, para integrarlas y analizar su impacto en conjunto, y no proceso por proceso aislado como clásicamente se distribuye.

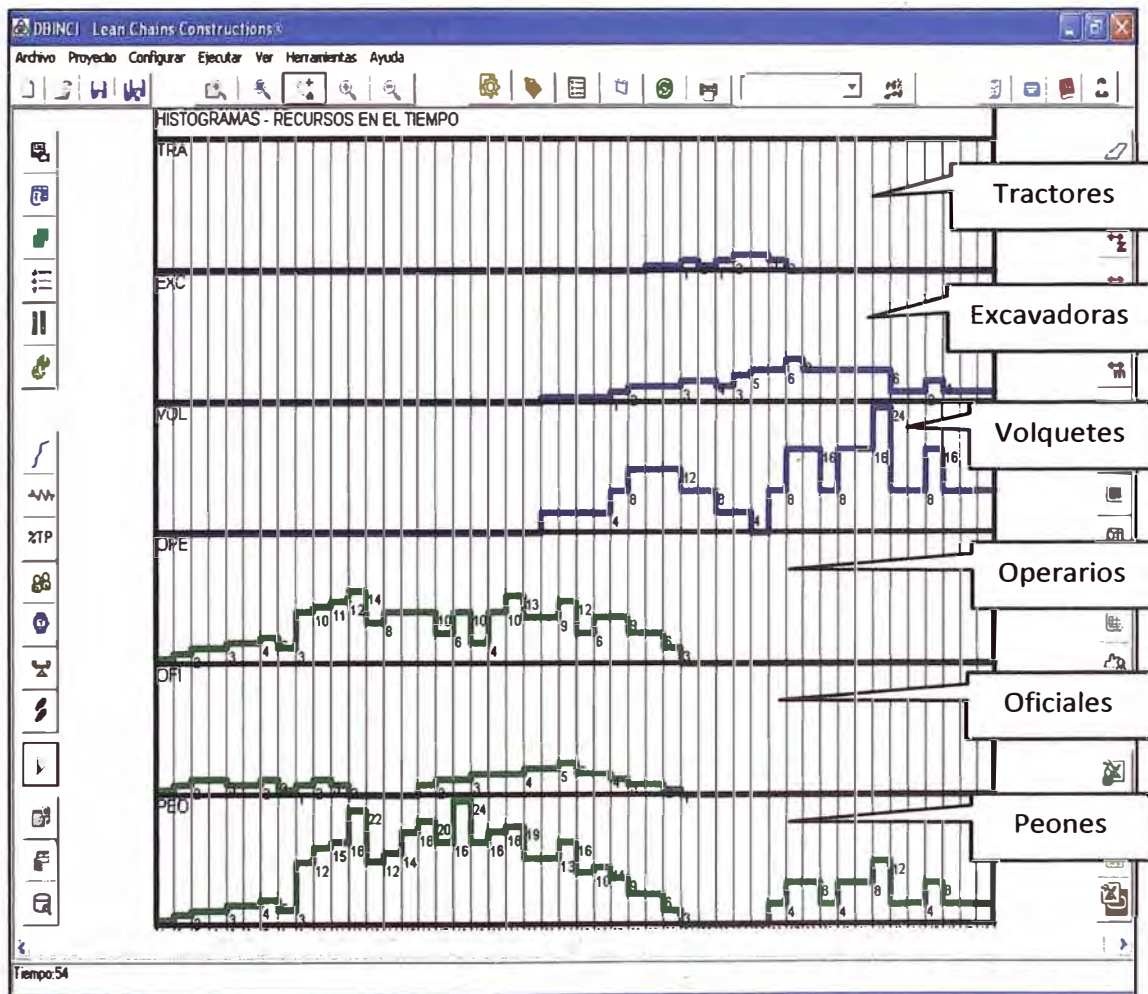


Figura A-1.48 Diseño de los histogramas de recursos.

Fuente: Software DBINCI - Lean Chains Constructions. Versión Beta 2013 Release1. Perú.

ANEXO 2

CÓDIGO FUENTE

PLATAFORMA DE DISEÑO

Es el lugar donde se coloca y organiza los objetos de programación visual, a los cuales se le escribe sintaxis de lenguaje de computadora para que realicen operaciones inmediatamente ocurra un evento (sea, hacer click sobre la pantalla, presionar un botón, arrastrar el mouse, presionar una tecla, etc).

Antes de codificar alguna formula matemática, ecuaciones relacionales, función, rutina, etc., es necesario que el usuario domine de manera avanzada el Microsoft Visual Studio, el Visual Basic, el Visual ADO, Visual Basic.NET o el Visual C++ conocer sus entornos, los tipos de objetos, sus características, su funcionalidad y sus alcances para poder desarrollar y acoplar ideas teóricas o métodos numéricos.

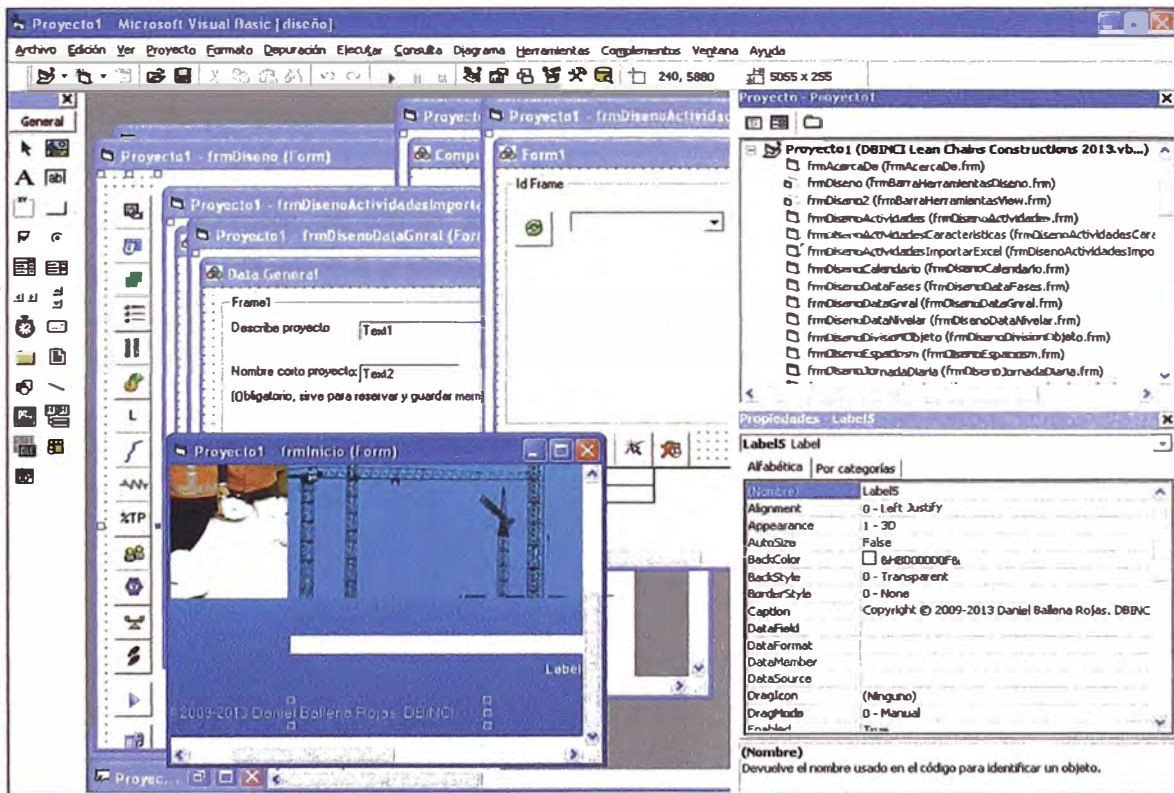


Figura N°A-2.1 Plataforma de diseño, DBINCI – Lean Chains Constructions. V.Beta 2013. Release 1. Fuente: Elaboración Propia.

NIVELACIÓN DE CADENA PARTICULAR RÍTMICA

Se muestra el código fuente para realizar la nivelación de cuadrillas de una cadena rítmica hacia una línea de balance, esta misma idea se emplea en general con cadenas particulares arrítmicas ya que siempre se buscara volverla una cadena equivalente ficticia que es rítmica.

Se requiere los objetos siguientes:

- Un objeto Form1, la ventana del programa.
- Un objeto Text1, asignar el nombre txtm (dato de m).
- Un objeto Text2, asignar el nombre txtKm (dato K de la cadena particular).
- Un objeto Text3, asignar el nombre txtK1m (dato K^* del LOB),
- Un objeto Command1 para control de ejecución
- Un objeto Picture1 para dibujar.

©Daniel Ballena Rojas. Lima Perú.

Aplicativo de programación orientada a objetos, exclusivamente análisis de una cadena particular y nivelación con cuadrillas hacia una línea de balance (LOB).

Nota: debe dominar de forma avanzada lenguaje de programación de objetos Microsoft Visual Basic 6.0 o similar.

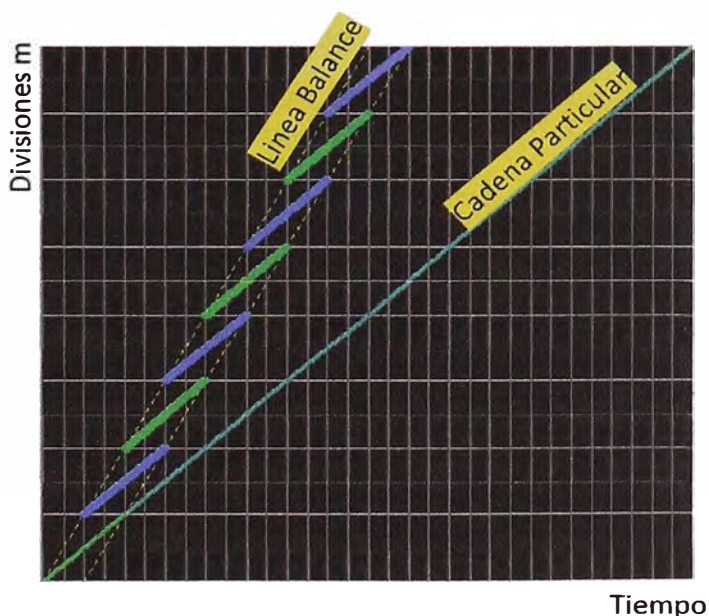


Figura N°A-2.2 Nivelacion de cadena particular rítmica.

Fuente: Código Fuente, Software DBINCI Lean Chains Constructions. V. Beta 2013 Release 1.

Codigo fuente, copiar y pegar esta zona de codificación dentro del botón Command1

```
Private Sub Command1_Click()
Picture1.Cls 'limpiar fondo de área de dibujo
m = Val(txtm.Text) 'cantidad de unidades de producción
Km = Val(txtKm.Text) 'Duración en cada unidad m
t = m * Km 'Cantidad de tiempo de la CP
alto = m: base = t 'configurando área de dibujo
xx1 = 0: yy1 = alto
xx2 = base: yy2 = 0
Picture1.Scale (xx1, yy1)-(xx2, yy2)
For i = 1 To t 'trazado de malla grid
    xo = i: yo = 0 'rectas verticales
    xf = xo: yf = m
    color1 = RGB(100, 100, 100)
    Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
Next
For i = 1 To m 'rectas horizontales
    xo = 0: yo = i
    xf = t: yf = yo
    color1 = RGB(155, 155, 155)
    Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
Next

'Administración de la Cadena Particular Rítmica.
ReDim xcp(1 To m, 1 To 2)
ReDim ycp(1 To m, 1 To 2)
ReDim Espacio(1 To m) 'para control interno de cada tramo
For i = 1 To m
    xcp(i, 1) = (i - 1) * Km: ycp(i, 1) = i - 1 'extremo inicial
    xcp(i, 2) = (i) * Km: ycp(i, 2) = i 'extremo final
    Espacio(i) = 0
Next
'Graficando Cadena Particular inicial
For i = 1 To m
    xo = xcp(i, 1): yo = ycp(i, 1)
    xf = xcp(i, 2): yf = ycp(i, 2)
    color1 = RGB(55, 125, 125)
    Picture1.DrawWidth = 3 'grosor de línea
    Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
    Picture1.DrawWidth = 1
Next
'Crear una línea base como GUIA para el ritmo pedido.
ReDim xcpFranjaL(1 To m + 1) 'a la izquierda
ReDim ycpFranjaL(1 To m + 1)
ReDim xcpFranjaR(1 To m + 1) 'a la derecha
ReDim ycpFranjaR(1 To m + 1)
K1m = Val(txtK1m.Text) 'dato por el usuario
For i = 1 To m + 1
    'línea temporal a la izquierda
    xcpFranjaL(i) = (i - 1) * K1m
    ycpFranjaL(i) = i - 1
    'línea temporal a la derecha
    xcpFranjaR(i) = (i - 1) * K1m + (Km - K1m)
    ycpFranjaR(i) = i - 1
Next
```

```
'trazado de la línea temporal guía a la izquierda
color1 = RGB(255, 255, 0)
For i = 1 To m + 1
  If i = 1 Then
    xo = xcpFranjaL(i): yo = ycpFranjaL(i)
  Else
    Picture1.DrawStyle = 2 'Lineas punteadas
    xf = xcpFranjaL(i): yf = ycpFranjaL(i)
    Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
    xo = xf: yo = yf
  End If
Next
'trazado de la línea temporal guía a la derecha
color1 = RGB(255, 255, 0)
For i = 1 To m + 1
  If i = 1 Then
    xo = xcpFranjaR(i): yo = ycpFranjaR(i)
  Else
    Picture1.DrawStyle = 2 'Lineas punteadas
    xf = xcpFranjaR(i): yf = ycpFranjaR(i)
    Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
    xo = xf: yo = yf
  End If
Next
Picture1.DrawStyle = 0

'Se hace el análisis para ir colocando cuadrillas internas.
*****
'Preparar memoria para las cuadrillas que se obtengan
ncuadrillas = 30
nextremos = 2
ReDim xxc(1 To ncuadrillas, 1 To m, 1 To nextremos) 'ptos de segmentos recta
ReDim yyc(1 To ncuadrillas, 1 To m, 1 To nextremos) 'ptos de segmentos recta
r = 0: nespacios = 0
Dim nc As Integer
nc = 0
For s = 1 To 100
  If nespacios <> m Then
    nc = nc + 1 'ingresa cuadrilla que cubra divisiones m posibles a su alcance
    For i = 1 To m ' buscamos desde el 1er punto temporal del LOB
      If Espacio(i) = 0 Then
        If i = 1 Then 'actualizamos por cada división de LOB
          r = r + 1
          dx = xcpFranjaL(i) - xcp(r, 1)
          dy = ycpFranjaL(i) - ycp(r, 1)
          xxc(nc, r, 1) = xcp(r, 1) + dx: yyc(nc, r, 1) = ycp(r, 1) + dy
          xxc(nc, r, 2) = xcp(r, 2) + dx: yyc(nc, r, 2) = ycp(r, 2) + dy
          xminimo = xxc(nc, r, 2) 'para no buscar más a la izquierda
          Espacio(i) = 1: nespacios = nespacios + 1
        End If
        'Generamos datos de color para dibujos
        xo = xxc(nc, r, 1): yo = yyc(nc, r, 1)
        xf = xxc(nc, r, 2): yf = yyc(nc, r, 2)
        If nc = 1 Then color1 = RGB(0, 255, 0)
        If nc = 2 Then color1 = RGB(0, 105, 255)
        If nc = 3 Then color1 = RGB(255, 255, 0)
        If nc = 4 Then color1 = RGB(255, 0, 0)
      End If
    Next i
  End If
Next s
```



```

        If nc = 5 Then color1 = RGB(155, 100, 0)
        If nc = 6 Then color1 = RGB(55, 50, 200)
        If nc = 7 Then color1 = RGB(100, 50, 50)
        If nc = 8 Then color1 = RGB(50, 50, 100)
        If nc = 9 Then color1 = RGB(10, 150, 10)
        If nc = 10 Then color1 = RGB(150, 50, 150)
        Picture1.DrawWidth = 3
        Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
        Picture1.DrawWidth = 1
    End If
    If i > 1 And i < (m + 1) Then
        cond1 = (xcpFranjaL(i) >= xminimo)
        If cond1 = True Then
            r = r + 1
            dx = xcpFranjaL(i) - xcp(r, 1)
            dy = ycpFranjaL(i) - ycp(r, 1)
            xxc(nc, r, 1) = xcp(r, 1) + dx: yyc(nc, r, 1) = ycp(r, 1) + dy
            xxc(nc, r, 2) = xcp(r, 2) + dx: yyc(nc, r, 2) = ycp(r, 2) + dy
            xminimo = xxc(nc, r, 2)
            Espacio(i) = 1: nespacios = nespacios + 1
        'Generamos datos de color para dibujos
            xo = xxc(nc, r, 1): yo = yyc(nc, r, 1)
            xf = xxc(nc, r, 2): yf = yyc(nc, r, 2)
            If nc = 1 Then color1 = RGB(0, 255, 0)
            If nc = 2 Then color1 = RGB(0, 105, 255)
            If nc = 3 Then color1 = RGB(255, 255, 0)
            If nc = 4 Then color1 = RGB(255, 0, 0)
            If nc = 5 Then color1 = RGB(155, 100, 0)
            If nc = 6 Then color1 = RGB(55, 50, 200)
            Picture1.DrawWidth = 3
            Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
            Picture1.DrawWidth = 1
        End If
    End If
End If
End If
Next i
'para inicializar tapar espacios con una nueva cuadrilla

    r = 0
Else
    Exit For
End If
Next s
*****
End Sub
    
```

NIVELACIÓN DE CADENA DE CONSTRUCCIÓN

El código fuente para realizar la nivelación de cuadrillas de un conjunto de cadenas particulares.

Se requiere los objetos siguientes:

Un objeto form, asignar nombre frmData.

Un objeto Text1, asignar el nombre txtn (es el dato # de procesos n).

Un objeto Text2, asignar el nombre txtm (es el dato # de unidades m).

Un objeto MSFlexGrid1, (tabla de tamaño mxn, para recoger datos K),

Un objeto MSFlexGrid2, (tabla de tamaño 1xn, para recoger K* de las líneas de balance),

Un objeto Command1 para control de ejecución

Un objeto Picture1 para dibujar.

****Declaración de variables en un Module1****

```
Public ncc, ncp, m As Integer
Public xcp() As Double
Public ycp() As Double
Public xxc() As Double
Public yyc() As Double
Public nc As Integer
Public id_cdr() As Integer
Public xcpFranjaCP_L() As Single
Public ycpFranjaCP_L() As Single
Public xcpFranjaCP_R() As Single
Public ycpFranjaCP_R() As Single
Public xpuntaflecha() As Single
Public ypuntaflecha() As Single
Public Espacio() As Integer
Public xo, yo, xf, yf As Single
Public XBloqueCP() As Single
Public YBloqueCP() As Single
Public MaxEsquinaBloqueCP()
Public color1 As Long
Public TipoCP() As String
Public XSiluetaCP_L() As Single
Public YSiluetaCP_L() As Single
Public XSiluetaCP_R() As Single
Public YSiluetaCP_R() As Single
Public XSiluetaCC_L() As Single
Public YSiluetaCC_L() As Single
Public XSiluetaCC_R() As Single
Public YSiluetaCC_R() As Single
```

```

Private Sub Command1_Click()
Picture1.Cls

ncp = Val(txtn.Text) '# cadenas particulares o procesos n
m = Val(txm.Text) '# unidades de produccion

'AREA DE DIBUJO
s1 = 0 'acumulado de duraciones K
For j = 1 To ncp
For i = 1 To m
s1 = s1 + Val(MSFlexGrid1.TextMatrix(i, j))
Next i
Next j
t = s1: alto = m: base = t
xx1 = 0: yy1 = alto
xx2 = base: yy2 = 0
extremorelativoRight = xx1: extremorelativoLeft = xx2
extremorelativoBot = yy2: extremorelativoTop = yy1
Picture1.Scale (xx1, yy1)-(xx2, yy2)

'trazado de malla grid
Picture1.DrawStyle = 0
For i = 1 To t 'rectas verticales
    xo = i: yo = 0
    xf = xo: yf = m
    color1 = RGB(17, 19, 25)
    Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
Next
For i = 1 To m 'rectas horizontales
    xo = 0: yo = i
    xf = t: yf = yo
    color1 = RGB(17, 19, 25) 'RGB(155, 155, 155)
    Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
Next

'Guardar informacion inicial por segmentos de recta
ReDim xcp(1 To ncp, 1 To m, 1 To 2)
ReDim ycp(1 To ncp, 1 To m, 1 To 2)
ReDim Espacio(1 To ncp, 1 To m) 'para control interno de cada tramo
ReDim xxextremo1(1 To ncp)
ReDim xxextremo2(1 To ncp)
ReDim TipoCP(1 To ncp)

For j = 1 To ncp
TipoCP(j) = "Ritmica": valor3 = 0 'para clasificar el tipo de cadena particular
xo = 0
For i = 1 To m

```

```
'en general esto es una linea quebrada
xcp(j, i, 1) = xo: ycp(j, i, 1) = i - 1
xcp(j, i, 2) = xo + MSFlexGrid1.TextMatrix(i, j): ycp(j, i, 2) = i
Espacio(j, i) = 0
xo = xcp(j, i, 2)
'guardar extremos principales
If i = 1 Then xxextremo1(j) = xcp(j, i, 1)
If i = m Then xxextremo2(j) = xcp(j, i, 2)
'guardaremos el tipo de cadena particular
If i = 1 Then
    valor1 = Val(MSFlexGrid1.TextMatrix(i, j))
Else
    valor2 = Val(MSFlexGrid1.TextMatrix(i, j))
    If valor1 <> valor2 And valor3 = 0 Then
        TipoCP(j) = "Arritmica": valor3 = 1
    End If
    valor1 = valor2
End If
Next i
Next j

'Se analizara y hallara las coordenadas de la linea equivalente
ReDim xcpe(1 To ncp, 1 To m, 1 To 2)
ReDim ycpe(1 To ncp, 1 To m, 1 To 2)
ReDim Espacioe(1 To ncp, 1 To m) 'para control interno de cada tramo
ReDim MaxDesviacionX_Left(1 To ncp)
ReDim MaxDesviacionX_Right(1 To ncp)

For j = 1 To ncp
    deltam = m - 0
    deltaT = xxextremo2(j) - xxextremo1(j)
    pendiente = deltam / deltaT
    MaxDesviacionX_Left(j) = 0
    MaxDesviacionX_Right(j) = 0
    For i = 1 To m
        ycpe(j, i, 1) = i - 1: xcpe(j, i, 1) = ycpe(j, i, 1) / pendiente
        ycpe(j, i, 2) = i: xcpe(j, i, 2) = ycpe(j, i, 2) / pendiente
        'Nota:Aprovechamos y vamos calculando distancias horizontales entre la CPE y la CP
        desviacionx = xcpe(j, i, 1) - xcp(j, i, 1)
        If desviacionx >= 0 Then 'Silueta original CP ESTA PARA LA IZQUIERDA del CPE
            If desviacionx >= MaxDesviacionX_Left(j) Then
                MaxDesviacionX_Left(j) = desviacionx
            End If
        End If
        If desviacionx <= 0 Then 'Silueta original CP ESTA PARA LA DERECHA del CPE
            If Abs(desviacionx) >= MaxDesviacionX_Right(j) Then
                MaxDesviacionX_Right(j) = Abs(desviacionx)
            End If
        End If
    End If
End For
```

```

End If
Next i
Next j

ReDim xcpFranjaCP_L(1 To ncp, 1 To m, 1 To 2) ' a la izquierda
ReDim ycpFranjaCP_L(1 To ncp, 1 To m, 1 To 2)
ReDim xcpFranjaCP_R(1 To ncp, 1 To m, 1 To 2) 'a la derecha
ReDim ycpFranjaCP_R(1 To ncp, 1 To m, 1 To 2)
For j = 1 To ncp
For i = 1 To m
    'Borde a la izquierda // a cadena particular equivalente
    'extremo inicial
    xcpFranjaCP_L(j, i, 1) = xcpe(j, i, 1) - MaxDesviacionX_Left(j)
    ycpFranjaCP_L(j, i, 1) = ycpe(j, i, 1)
    'extremo final
    xcpFranjaCP_L(j, i, 2) = xcpe(j, i, 2) - MaxDesviacionX_Left(j)
    ycpFranjaCP_L(j, i, 2) = ycpe(j, i, 2)

    'Borde a la derecha // a cadena particular equivalente
    'extremo inicial
    xcpFranjaCP_R(j, i, 1) = xcpe(j, i, 1) + MaxDesviacionX_Right(j)
    ycpFranjaCP_R(j, i, 1) = ycpe(j, i, 1)
    'extremo final
    xcpFranjaCP_R(j, i, 2) = xcpe(j, i, 2) + MaxDesviacionX_Right(j)
    ycpFranjaCP_R(j, i, 2) = ycpe(j, i, 2)
Next i
Next j

ReDim ProyeccionFranjaCP(1 To ncp)
ReDim Kcpe(1 To ncp)

For j = 1 To ncp
ProyeccionFranjaCP(j) = (xcpe(j, 1, 2) - xcpe(j, 1, 1)) + (MaxDesviacionX_Left(j) +
MaxDesviacionX_Right(j))
Kcpe(j) = (xcpe(j, 1, 2) - xcpe(j, 1, 1))
Next j

ReDim xcpFranjaCPN_L(1 To ncp, 1 To m, 1 To 2) ' a la izquierda
ReDim ycpFranjaCPN_L(1 To ncp, 1 To m, 1 To 2)
ReDim xcpFranjaCPN_R(1 To ncp, 1 To m, 1 To 2) 'a la derecha
ReDim ycpFranjaCPN_R(1 To ncp, 1 To m, 1 To 2)
ReDim Kcpn(1 To ncp)

```

```
For j = 1 To ncp
Kcpn( j) = Val(MSFlexGrid2.TextMatrix(1, j)) 'Val(txtK1m.Text) 'NUEVA DURACION c/m
Pedida por el usuario
For i = 1 To m
'linea temporal a la izquierda
xcpFranjaCPN_L(j, i, 1) = (i - 1) * Kcpn( j)
ycpFranjaCPN_L(j, i, 1) = i - 1
xcpFranjaCPN_L(j, i, 2) = xcpFranjaCPN_L(j, i, 1) + Kcpn( j)
ycpFranjaCPN_L(j, i, 2) = i
'linea temporal a la derecha
xcpFranjaCPN_R(j, i, 1) = xcpFranjaCPN_L(j, i, 1) + (ProyeccionFranjaCP( j) - Kcpn(
j))
ycpFranjaCPN_R(j, i, 1) = i - 1
xcpFranjaCPN_R(j, i, 2) = xcpFranjaCPN_R(j, i, 1) + Kcpn( j)
ycpFranjaCPN_R(j, i, 2) = i
Next i
Next j
```

```
For j = 1 To ncp
MoveX = Abs(xcpFranjaCP_L(j, 1, 1) - xcpFranjaCPN_L(j, 1, 1))
For i = 1 To m
'la cadena particular original
xcp(j, i, 1) = xcp(j, i, 1) + MoveX: ycp(j, i, 1) = ycp(j, i, 1) + 0
xcp(j, i, 2) = xcp(j, i, 2) + MoveX: ycp(j, i, 2) = ycp(j, i, 2) + 0
'la cadena particular equivalente
xcpe(j, i, 1) = xcpe(j, i, 1) + MoveX: ycpe(j, i, 1) = ycpe(j, i, 1) + 0
xcpe(j, i, 2) = xcpe(j, i, 2) + MoveX: ycpe(j, i, 2) = ycpe(j, i, 2) + 0
'la franja de la CP equivalente en su borde izquierdo
'extremo inicial
xcpFranjaCP_L(j, i, 1) = xcpFranjaCP_L(j, i, 1) + MoveX
ycpFranjaCP_L(j, i, 1) = ycpFranjaCP_L(j, i, 1) + 0
'extremo final
xcpFranjaCP_L(j, i, 2) = xcpFranjaCP_L(j, i, 2) + MoveX
ycpFranjaCP_L(j, i, 2) = ycpFranjaCP_L(j, i, 2) + 0
'la franja de la CP equivalente en su borde derecho
'extremo inicial
xcpFranjaCP_R(j, i, 1) = xcpFranjaCP_R(j, i, 1) + MoveX
ycpFranjaCP_R(j, i, 1) = ycpFranjaCP_R(j, i, 1) + 0
'extremo final
xcpFranjaCP_R(j, i, 2) = xcpFranjaCP_R(j, i, 2) + MoveX
ycpFranjaCP_R(j, i, 2) = ycpFranjaCP_R(j, i, 2) + 0
Next i
Next j
```

```
trazando = 0
If trazando = 1 Then
'Trazando Cadena Particular
```

```
For j = 1 To ncp
Picture1.DrawStyle = 0
For i = 1 To m
' Cadena particular inicial
xo = xcp(j, i, 1): yo = ycp(j, i, 1)
xf = xcp(j, i, 2): yf = ycp(j, i, 2)
color1 = RGB(55, 125, 125)
Picture1.DrawWidth = 3
Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
Picture1.DrawWidth = 1
' Cadena particular equivalente del inicial
xo = xcpe(j, i, 1): yo = ycpe(j, i, 1)
xf = xcpe(j, i, 2): yf = ycpe(j, i, 2)
color1 = RGB(100, 25, 125)
Picture1.DrawWidth = 2
Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
Picture1.DrawWidth = 1
Next i
Next j
```

'trazado de franja de la Cadena Particular sin NIVELAR

```
For j = 1 To ncp
color1 = RGB(0, 0, 255)
For i = 1 To m
Picture1.DrawWidth = 1
' Borde de la izquierda
xo = xcpFranjaCP_L(j, i, 1): yo = ycpFranjaCP_L(j, i, 1) 'extremo inicial
xf = xcpFranjaCP_L(j, i, 2): yf = ycpFranjaCP_L(j, i, 2) 'extremo final
Picture1.DrawStyle = 2 'Lineas punteadas
Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
' Borde de la derecha
xo = xcpFranjaCP_R(j, i, 1): yo = ycpFranjaCP_R(j, i, 1) 'extremo inicial
xf = xcpFranjaCP_R(j, i, 2): yf = ycpFranjaCP_R(j, i, 2) 'extremo final
Picture1.DrawStyle = 2 'Lineas punteadas
Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
Next i
Next j
```

'trazado de franja de la Cadena Particular NIVELADA

```
For j = 1 To ncp
color1 = RGB(0, 255, 0)
For i = 1 To m
Picture1.DrawWidth = 1
```

```

'Borde de la izquierda
xo = xcpFranjaCPN_L(j, i, 1): yo = ycpFranjaCPN_L(j, i, 1) 'extremo inicial
xf = xcpFranjaCPN_L(j, i, 2): yf = ycpFranjaCPN_L(j, i, 2) 'extremo final
Picture1.DrawStyle = 2 'Lineas punteadas
Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
'Borde de la derecha
xo = xcpFranjaCPN_R(j, i, 1): yo = ycpFranjaCPN_R(j, i, 1) 'extremo inicial
xf = xcpFranjaCPN_R(j, i, 2): yf = ycpFranjaCPN_R(j, i, 2) 'extremo final
Picture1.DrawStyle = 2 'Lineas punteadas
Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
Next i
Next j

End If

'CUADRILLAS
ncuadrillasmax = 10
nextremos = 2
ReDim xxc(1 To ncp, 1 To ncuadrillasmax, 1 To m, 1 To nextremos) 'ptos de segmentos
recta
ReDim yyc(1 To ncp, 1 To ncuadrillasmax, 1 To m, 1 To nextremos) 'ptos de segmentos
recta
ReDim XBloqueCP(1 To ncuadrillasmax, 1 To m, 1 To nextremos + 3) 'ptos de
segmentos recta
ReDim YBloqueCP(1 To ncuadrillasmax, 1 To m, 1 To nextremos + 3) 'ptos de
segmentos recta
ReDim MaxEsquinaBloqueCP(1 To ncp, 1 To m, 1 To 2)
ReDim id_cdr(1 To ncp, 1 To m) 'identifica a la cuadrilla respetiva
ReDim xpuntaflecha(1 To ncp, 1 To m, 4)
ReDim ypuntaflecha(1 To ncp, 1 To m, 4)

'Particionamos la CP con valores iniciales de borde izquierdo de la franja

For j = 1 To ncp
For c = 1 To ncuadrillasmax
For i = 1 To m
xxc(j, c, i, 1) = xcpFranjaCP_L(j, i, 1) 'punto inicial
yyc(j, c, i, 1) = ycpFranjaCP_L(j, i, 1)
xxc(j, c, i, 2) = xcpFranjaCP_L(j, i, 2) 'punto final
yyc(j, c, i, 2) = ycpFranjaCP_L(j, i, 2)
Next i
Next c
Next j

'valores asumidos
TipoVista = 1
Nivel = 1

```



```

For j = 1 To ncp
r = 0: nespacios = 0: xminimo = 0: nc = 0
For itera = 1 To ncuadrillasmax
    nespacios = 0
    If nespacios <> m Then
        nc = nc + 1
        For i = 1 To m
            cond_existencia = (xcp(j, i, 1) <> xcp(j, i, 2))
            If Espacio(j, i) = 0 And cond_existencia Then ' buscamos espacios en CPN_L y
existencia en CP original
                r = r + 1 'busqueda vertical de trozos
                dx1 = xcpFranjaCP_L(j, i, 1) - xcpFranjaCPN_L(j, i, 1) 'delta entre pies de
trozos
                dx2 = 0
                'actualizamos la franja por la Izquierda y Derecha
                If Nivel = -1 Then dx1 = 0: dx2 = 0 'para ver si nivelamos
                xxc(j, nc, r, 1) = xcpFranjaCP_L(j, i, 1) - dx1 + dx2: yyc(j, nc, r, 1) =
ycpFranjaCP_L(j, i, 1)
                xxc(j, nc, r, 2) = xcpFranjaCP_L(j, i, 2) - dx1 + dx2: yyc(j, nc, r, 2) =
ycpFranjaCP_L(j, i, 2)
                xminimo = xxc(j, nc, r, 2) 'para que no se busque mas a la izquierda q este
valor

                Espacio(j, i) = 1: nespacios = nespacios + 1
                xo = xxc(j, nc, r, 1): yo = yyc(j, nc, r, 1): xf = xxc(j, nc, r, 2): yf = yyc(j, nc, r,
2)

                If Nivel = 1 Then
                    'Call Funcion_DrawCPEN(nc, TipoVista)
                    Call Funcion_ActualizaBloqueCP(j, r, i, dx1, dx2)
                    Call Funcion_ActualizarCP(j, nc, r, i, dx1, dx2)
                    id_cdr(j, i) = nc 'capturar el id de la cuadrilla
                    End If

                cond10 = 0: cond20 = 0: cond1 = 0: cond2 = 0: cond3 = 0: cond4 = 0
                If (xcpFranjaCPN_L(j, i, 1) <= xminimo) And (xminimo < xcpFranjaCPN_L(j, i,
2)) Then cond10 = 1
                If (xcpFranjaCPN_L(j, i, 1) < xminimo) And (xminimo <= xcpFranjaCPN_L(j, i,
2)) Then cond20 = 1
                If (xcpFranjaCPN_L(j, i, 1) = xminimo) Then cond1 = 1
                If (xminimo = xcpFranjaCPN_L(j, i, 2)) Then cond2 = 1
                If (xcpFranjaCPN_L(j, i, 1) < xminimo) And (xminimo < xcpFranjaCPN_L(j, i,
2)) Then cond3 = 1
                If (xminimo < xcpFranjaCPN_L(j, i, 1)) Then cond4 = 1

                If (cond10 = 1 Or cond20 = 1) Then
                    If r >= 1 And (i > 1 And i <= m) Then
                        r = r + 1

```

```

dx1 = xcpFranjaCP_L(j, i, 1) - xcpFranjaCPN_L(j, i, 1)
dx2 = xminimo - xcpFranjaCPN_L(j, i, 1)
'actualizamos la franja por la Izquierda y Derecha
If Nivel = -1 Then dx1 = 0: dx2 = 0 'para ver si nivelamos
xxc(j, nc, r, 1) = xcpFranjaCP_L(j, i, 1) - dx1 + dx2: yyc(j, nc, r, 1) =
ycpFranjaCP_L(j, i, 1)
xxc(j, nc, r, 2) = xcpFranjaCP_L(j, i, 2) - dx1 + dx2: yyc(j, nc, r, 2) =
ycpFranjaCP_L(j, i, 2)
xminimo = xxc(j, nc, r, 2) 'para que no se busque mas a la izquierda q
este valor

Espacio(j, i) = 1: nespacios = nespacios + 1
xo = xxc(j, nc, r, 1): yo = yyc(j, nc, r, 1): xf = xxc(j, nc, r, 2): yf = yyc(j, nc,
r, 2)

If Nivel = 1 Then
Call Funcion_ActualizaBloqueCP(j, r, i, dx1, dx2)
Call Funcion_ActualizarCP(j, nc, r, i, dx1, dx2)
id_cdr(j, i) = nc 'capturar el id de la cuadrilla
End If
End If
End If

If (cond1 = 1 Or cond2 = 1 Or cond3 = 1) And (cond10 = 0 And cond20 = 0)
Then
If r >= 1 And (i > 1 And i <= m) Then
r = r + 1
dx1 = xcpFranjaCP_L(j, i, 1) - xcpFranjaCPN_L(j, i, 1)
dx2 = xminimo - xcpFranjaCPN_L(j, i, 1)
'actualizamos la franja por la Izquierda y Derecha
If Nivel = -1 Then dx1 = 0: dx2 = 0 'para ver si nivelamos
xxc(j, nc, r, 1) = xcpFranjaCP_L(j, i, 1) - dx1 + dx2: yyc(j, nc, r, 1) =
ycpFranjaCP_L(j, i, 1)
xxc(j, nc, r, 2) = xcpFranjaCP_L(j, i, 2) - dx1 + dx2: yyc(j, nc, r, 2) =
ycpFranjaCP_L(j, i, 2)
xminimo = xxc(j, nc, r, 2) 'para que no se busque mas a la izquierda q
este valor

Espacio(j, i) = 1: nespacios = nespacios + 1
xo = xxc(j, nc, r, 1): yo = yyc(j, nc, r, 1): xf = xxc(j, nc, r, 2): yf = yyc(j, nc,
r, 2)

If Nivel = 1 Then
Call Funcion_ActualizaBloqueCP(j, r, i, dx1, dx2)
Call Funcion_ActualizarCP(j, nc, r, i, dx1, dx2)
id_cdr(j, i) = nc 'capturar el id de la cuadrilla
End If
End If
End If

If cond4 = 1 And (cond10 = 0 And cond20 = 0) Then
If r >= 1 And (i > 1 And i <= m) Then
r = r + 1
dx1 = xcpFranjaCP_L(j, i, 1) - xcpFranjaCPN_L(j, i, 1)

```

```

    dx2 = 0
    'actualizamos la franja por la Izquierda y Derecha
    If Nivel = -1 Then dx1 = 0: dx2 = 0 'para ver si nivelamos
    xxc( j, nc, r, 1) = xcpFranjaCP_L( j, i, 1) - dx1 + dx2: yyc( j, nc, r, 1) =
ycpFranjaCP_L( j, i, 1)
    xxc( j, nc, r, 2) = xcpFranjaCP_L( j, i, 2) - dx1 + dx2: yyc( j, nc, r, 2) =
ycpFranjaCP_L( j, i, 2)
    xminimo = xxc( j, nc, r, 2) 'para que no se busque mas a la izquierda q
este valor
    Espacio( j, i) = 1: nespacios = nespacios + 1
    xo = xxc( j, nc, r, 1): yo = yyc( j, nc, r, 1): xf = xxc( j, nc, r, 2): yf = yyc( j, nc,
r, 2)

    If Nivel = 1 Then
    Call Funcion_ActualizaBloqueCP( j, r, i, dx1, dx2)
    Call Funcion_ActualizarCP( j, nc, r, i, dx1, dx2)
    id_cdr( j, i) = nc 'capturar el id de la cuadrilla
    End If
  End If
End If

  End If
Next i

  xminimo = 0
  r = 0
Else
  Exit For
End If
Next itera
Next j

```

'Vamos a poner flechas verticales en cada unidad m.

'111111111111111111111111111111111111

Picture1.DrawWidth = 1

Picture1.DrawStyle = 0

color1 = RGB(255, 55, 120)

For j = 1 To ncp

For i = 1 To m

'pto inicial de la flecha vertical

xpuntaflecha(j, i, 1) = MaxEsquinaBloqueCP(j, i, 1)

ypuntaflecha(j, i, 1) = MaxEsquinaBloqueCP(j, i, 2)

'pto final de la flecha vertical

xpuntaflecha(j, i, 2) = MaxEsquinaBloqueCP(j, i, 1)

ypuntaflecha(j, i, 2) = MaxEsquinaBloqueCP(j, i, 2) - 1

'izquierda cabeza punta flecha

```
xpuntaflecha(j, i, 3) = MaxEsquinaBloqueCP(j, i, 1) - 0.2  
ypuntaflecha(j, i, 3) = ypuntaflecha(j, i, 2) + 0.3
```

```
'derecha cabeza punta flecha
```

```
xpuntaflecha(j, i, 4) = MaxEsquinaBloqueCP(j, i, 1) + 0.2  
ypuntaflecha(j, i, 4) = ypuntaflecha(j, i, 2) + 0.3
```

```
Next i
```

```
Next j
```

```
'11111111111111111111111111111111
```

```
'22222222222222222222222222222222
```

```
For j = 2 To ncp
```

```
MoveX = 10
```

```
For i = 1 To m
```

```
  'la cadena particular CP
```

```
  xcp(j, i, 1) = xcp(j, i, 1) + MoveX
```

```
  xcp(j, i, 2) = xcp(j, i, 2) + MoveX
```

```
  'la cadena particular equivalente
```

```
  xcpe(j, i, 1) = xcpe(j, i, 1) + MoveX
```

```
  xcpe(j, i, 2) = xcpe(j, i, 2) + MoveX
```

```
  'la franja sin nivelar de la cadena particular
```

```
  xcpFranjaCP_L(j, i, 1) = xcpFranjaCP_L(j, i, 1) + MoveX
```

```
  xcpFranjaCP_L(j, i, 2) = xcpFranjaCP_L(j, i, 2) + MoveX
```

```
  xcpFranjaCP_R(j, i, 1) = xcpFranjaCP_R(j, i, 1) + MoveX
```

```
  xcpFranjaCP_R(j, i, 2) = xcpFranjaCP_R(j, i, 2) + MoveX
```

```
  'la franja Nivelada de la cadena particular
```

```
  xcpFranjaCPN_L(j, i, 1) = xcpFranjaCPN_L(j, i, 1) + MoveX
```

```
  xcpFranjaCPN_L(j, i, 2) = xcpFranjaCPN_L(j, i, 2) + MoveX
```

```
  xcpFranjaCPN_R(j, i, 1) = xcpFranjaCPN_R(j, i, 1) + MoveX
```

```
  xcpFranjaCPN_R(j, i, 2) = xcpFranjaCPN_R(j, i, 2) + MoveX
```

```
  'Movemos las puntas de flechas
```

```
  For p = 1 To 4
```

```
    xpuntaflecha(j, i, p) = xpuntaflecha(j, i, p) + MoveX
```

```
  Next p
```

```
  For p = 1 To
```

```
    XBloqueCP(j, i, p) = XBloqueCP(j, i, p) + MoveX
```

```
  Next p
```

```
Next i
```

```
Next j
```

```
'22222222222222222222222222222222
```



```

xcpFranjaCPN_R(j, i, 2) = xcpFranjaCPN_R(j, i, 2) - TopeMoveX
ycpFranjaCPN_R(j, i, 2) = ycpFranjaCPN_R(j, i, 2) + 0
'Movemos las puntas de flechas
For p = 1 To 4
xpuntaflecha(j, i, p) = xpuntaflecha(j, i, p) - TopeMoveX
Next p
'Los bloques que conforman cada CP
For p = 1 To 5 'para los 5 puntos (forman contorno del bloque)
XBloqueCP(j, i, p) = XBloqueCP(j, i, p) - TopeMoveX
Next p
Next i
Next j

```

'33333333333333333333333333333333

```

'Silueta de cada CP resultante
ReDim XSiluetaCP_L( 1 To ncp, 1 To 2 * m)
ReDim YSiluetaCP_L(1 To ncp, 1 To 2 * m)
ReDim XSiluetaCP_R(1 To ncp, 1 To 2 * m)
ReDim YSiluetaCP_R(1 To ncp, 1 To 2 * m)

```

```

For j = 1 To ncp
'envolviendo subiendo en sentido horario
For i = 1 To m
'1er punto
XSiluetaCP_L(j, 2 * i - 1) = XBloqueCP(j, i, 1)
YSiluetaCP_L(j, 2 * i - 1) = YBloqueCP(j, i, 1)
'2do punto
XSiluetaCP_L(j, 2 * i) = XBloqueCP(j, i, 2)
YSiluetaCP_L(j, 2 * i) = YBloqueCP(j, i, 2)
Next i
'envolviendo subiendo en sentido antihorario
For i = 1 To m
'1er punto
XSiluetaCP_R(j, 2 * i - 1) = XBloqueCP(j, i, 4)
YSiluetaCP_R(j, 2 * i - 1) = YBloqueCP(j, i, 4)
'2do punto
XSiluetaCP_R(j, 2 * i) = XBloqueCP(j, i, 3)
YSiluetaCP_R(j, 2 * i) = YBloqueCP(j, i, 3)
Next i
Next j

```

```

'Silueta de TODA LA Cadena Construcccion CC
ReDim XSiluetaCC_L(1 To 2 * m)
ReDim YSiluetaCC_L(1 To 2 * m)
ReDim XSiluetaCC_R(1 To 2 * m)
ReDim YSiluetaCC_R(1 To 2 * m)

```

```

j = 1 'para el primer cp
'envolviendo subiendo en sentido horario
For i = 1 To m
    '1er punto
    XSiluetaCC_L( 2 * i - 1) = XSiluetaCP_L(j, 2 * i - 1)
    YSiluetaCC_L( 2 * i - 1) = YSiluetaCP_L(j, 2 * i - 1)
    '2do punto
    XSiluetaCC_L( 2 * i) = XSiluetaCP_L(j, 2 * i)
    YSiluetaCC_L( 2 * i) = YSiluetaCP_L(j, 2 * i)
Next i
j = ncp 'para el ultimo cp
'envolviendo subiendo en sentido antihorario
For i = 1 To m
    '1er punto
    XSiluetaCC_R( 2 * i - 1) = XSiluetaCP_R(j, 2 * i - 1)
    YSiluetaCC_R( 2 * i - 1) = YSiluetaCP_R(j, 2 * i - 1)
    '2do punto
    XSiluetaCC_R( 2 * i) = XSiluetaCP_R(j, 2 * i)
    YSiluetaCC_R( 2 * i) = YSiluetaCP_R(j, 2 * i)
Next i

'GRAFICANDO
PermisoDrawSiluetaCP = 1
If PermisoDrawSiluetaCP = 1 Then
Funcion_DrawSiluetaCP
End If

PermisoDrawSiluetaCC = 0
If PermisoDrawSiluetaCC = 1 Then
Funcion_DrawSiluetaCC
End If

PermisoDrawCP = 1
If PermisoDrawCP = 1 Then
Funcion_DrawCP
'Funcion_DrawBloqueCP
'Funcion_DrawFlechasDeBloqueCP
End If

End Sub

Sub Funcion_ActualizaBloqueCP(ByVal j1 As Integer, ByVal r1 As Integer, ByVal i1 As Integer, ByVal dx11 As Single, ByVal dx22 As Single)
    r1 = i1
    If TipoCP( j1) = "Arritmica" Then
        XBloqueCP( j1, r1, 1) = xcpFranjaCP_L( j1, i1, 1) - dx11 + dx22: YBloqueCP( j1, r1, 1)
        = ycpFranjaCP_L( j1, i1, 1)
    End If
End Sub

```

```

    XBloqueCP( j1, r1, 2) = xcpFranjaCP_L( j1, i1, 2) - dx11 + dx22: YBloqueCP( j1, r1, 2)
= ycpFranjaCP_L( j1, i1, 2)
    XBloqueCP( j1, r1, 3) = xcpFranjaCP_R( j1, i1, 2) - dx11 + dx22: YBloqueCP( j1, r1, 3)
= ycpFranjaCP_R( j1, i1, 2)
    XBloqueCP( j1, r1, 4) = xcpFranjaCP_R( j1, i1, 1) - dx11 + dx22: YBloqueCP( j1, r1, 4)
= ycpFranjaCP_R( j1, i1, 1)
    XBloqueCP( j1, r1, 5) = xcpFranjaCP_L( j1, i1, 1) - dx11 + dx22: YBloqueCP( j1, r1, 5)
= ycpFranjaCP_L( j1, i1, 1)
    End If
    If TipoCP( j1) = "Ritmica" Then
    XBloqueCP( j1, r1, 1) = xcpFranjaCP_L( j1, i1, 1) - dx11 + dx22: YBloqueCP( j1, r1, 1)
= ycpFranjaCP_L( j1, i1, 1)
    XBloqueCP( j1, r1, 2) = xcpFranjaCP_L( j1, i1, 2) - dx11 + dx22: YBloqueCP( j1, r1, 2)
= ycpFranjaCP_L( j1, i1, 2)
    XBloqueCP( j1, r1, 3) = XBloqueCP( j1, r1, 2): YBloqueCP( j1, r1, 3) = YBloqueCP( j1,
r1, 2)
    XBloqueCP( j1, r1, 4) = XBloqueCP( j1, r1, 1): YBloqueCP( j1, r1, 4) = YBloqueCP( j1,
r1, 1)
    XBloqueCP( j1, r1, 5) = XBloqueCP( j1, r1, 1): YBloqueCP( j1, r1, 5) = YBloqueCP( j1,
r1, 1)
    End If
    'guardamos coordenadas del vertice del bloque o rombo cuya abcisaX esta mas a la
derecha
    'el punto3 del bloque es el que nos interesa
    MaxEsquinaBloqueCP( j1, i1, 1) = XBloqueCP( j1, r1, 3)
    MaxEsquinaBloqueCP( j1, i1, 2) = YBloqueCP( j1, r1, 3)
End Sub

```

```

Sub Funcion_DrawCP()
Picture1.DrawWidth = 5

```

```

For j = 1 To ncp
For i = 1 To m
    'dibujando cadena particular
    nc1 = id_cdr( j, i)
    Call Funcion_SeleccionaColor(nc1)
    xo = xcp( j, i, 1): yo = ycp( j, i, 1)
    xf = xcp( j, i, 2): yf = ycp( j, i, 2)
    Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
Next i
Next j

```

```

Picture1.DrawWidth = 1
End Sub

```

```

Sub Funcion_DrawBloqueCP()
Picture1.DrawWidth = 3

```

```

For j = 1 To ncp
For i = 1 To m

```



```
'dibujando los bloques
nc1 = id_cdr(j, i)
Call Funcion_SeleccionaColor(nc1)
xo = XBloqueCP( j, i, 1): yo = YBloqueCP( j, i, 1): xf = XBloqueCP( j, i, 2): yf =
YBloqueCP(j, i, 2)
Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
xo = XBloqueCP( j, i, 2): yo = YBloqueCP( j, i, 2): xf = XBloqueCP( j, i, 3): yf =
YBloqueCP(j, i, 3)
Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
xo = XBloqueCP( j, i, 3): yo = YBloqueCP( j, i, 3): xf = XBloqueCP( j, i, 4): yf =
YBloqueCP( j, i, 4)
Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
xo = XBloqueCP( j, i, 4): yo = YBloqueCP( j, i, 4): xf = XBloqueCP( j, i, 5): yf =
YBloqueCP(j, i, 5)
Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
Next i
Next j

Picture1.DrawWidth = 1
End Sub
```

```
Sub Funcion_DrawFlechasDeBloqueCP()
```

```
For j = 1 To ncp
For i = 1 To m
'dibujando las puntas de flechas que salen de extremo de bloques
color1 = RGB(255, 255, 10)
xo = xpuntaflecha( j, i, 1): yo = ypuntaflecha( j, i, 1): xf = xpuntaflecha( j, i, 2): yf =
ypuntaflecha(j, i, 2)
Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
xo = xpuntaflecha( j, i, 2): yo = ypuntaflecha( j, i, 2): xf = xpuntaflecha( j, i, 3): yf =
ypuntaflecha(j, i, 3)
Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
xo = xpuntaflecha( j, i, 2): yo = ypuntaflecha( j, i, 2): xf = xpuntaflecha( j, i, 4): yf =
ypuntaflecha( j, i, 4)
Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
Next i
Next j

Picture1.DrawWidth = 1

End Sub
```

```
Sub Funcion_DrawSiluetaCP()
```

```
Picture1.DrawWidth = 3
color1 = RGB(255, 0, 0)
```

```
For j = 1 To ncp
'trazando diagonales
```

```
For i = 1 To m
  xo = XSiluetaCP_L(j, 2 * i - 1): yo = YSiluetaCP_L(j, 2 * i - 1)
  xf = XSiluetaCP_L(j, 2 * i): yf = YSiluetaCP_L(j, 2 * i)
  Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1

  xo = XSiluetaCP_R(j, 2 * i - 1): yo = YSiluetaCP_R(j, 2 * i - 1)
  xf = XSiluetaCP_R(j, 2 * i): yf = YSiluetaCP_R(j, 2 * i)
  Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
Next i
'trazando horizontales
For i = 1 To m - 1
  xo = XSiluetaCP_L(j, 2 * i): yo = YSiluetaCP_L(j, 2 * i)
  xf = XSiluetaCP_L(j, 2 * (i + 1) - 1): yf = YSiluetaCP_L(j, 2 * (i + 1) - 1)
  Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1

  xo = XSiluetaCP_R(j, 2 * i): yo = YSiluetaCP_R(j, 2 * i)
  xf = XSiluetaCP_R(j, 2 * (i + 1) - 1): yf = YSiluetaCP_R(j, 2 * (i + 1) - 1)
  Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1

  If i = 1 Then
    xo = XSiluetaCP_L(j, i): yo = YSiluetaCP_L(j, i)
    xf = XSiluetaCP_R(j, i): yf = YSiluetaCP_R(j, i)
    Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
  End If
  If i = m - 1 Then
    xo = XSiluetaCP_L(j, 2 * m): yo = YSiluetaCP_L(j, 2 * m)
    xf = XSiluetaCP_R(j, 2 * m): yf = YSiluetaCP_R(j, 2 * m)
    Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
  End If

Next i

Next j

Picture1.DrawWidth = 1
End Sub

Sub Funcion_DrawSiluetaCC()
Picture1.DrawWidth = 3
color1 = RGB(255, 0, 0)

'trazando diagonales
For i = 1 To m
  'por el extremo izquierdo
  xo = XSiluetaCC_L(2 * i - 1): yo = YSiluetaCC_L(2 * i - 1)
  xf = XSiluetaCC_L(2 * i): yf = YSiluetaCC_L(2 * i)
  Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
  'por el extremo derecho
  xo = XSiluetaCC_R(2 * i - 1): yo = YSiluetaCC_R(2 * i - 1)
```

```
    xf = XSiluetaCC_R( 2 * i): yf = YSiluetaCC_R( 2 * i)
    Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
Next i

For i = 1 To m - 1
    xo = XSiluetaCC_L( 2 * i): yo = YSiluetaCC_L( 2 * i)
    xf = XSiluetaCC_L( 2 * (i + 1) - 1): yf = YSiluetaCC_L( 2 * (i + 1) - 1)
    Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1

    xo = XSiluetaCC_R( 2 * i): yo = YSiluetaCC_R( 2 * i)
    xf = XSiluetaCC_R( 2 * (i + 1) - 1): yf = YSiluetaCC_R( 2 * (i + 1) - 1)
    Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1

    If i = 1 Then
        xo = XSiluetaCC_L( i): yo = YSiluetaCC_L( i)
        xf = XSiluetaCC_R( i): yf = YSiluetaCC_R( i)
        Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
    End If
    If i = m - 1 Then
        xo = XSiluetaCC_L( 2 * m): yo = YSiluetaCC_L( 2 * m)
        xf = XSiluetaCC_R( 2 * m): yf = YSiluetaCC_R( 2 * m)
        Picture1.Line (xo, yo)-(xf, yf), color1
    End If
Next i

Picture1.DrawWidth = 1
End Sub

Sub Funcion_ActualizarCP(ByVal j1 As Integer, ByVal nc1 As Integer, ByVal r1 As Integer, ByVal i1 As Integer, ByVal dx11 As Single, ByVal dx22 As Single)
    'actualizando la CP actualizado
    xcp(j1, i1, 1) = xcp(j1, i1, 1) - dx11 + dx22
    ycp(j1, i1, 1) = ycp(j1, i1, 1)
    xcp(j1, i1, 2) = xcp(j1, i1, 2) - dx11 + dx22
    ycp(j1, i1, 2) = ycp(j1, i1, 2)
End Sub

Sub Funcion_SeleccionaColor(ByVal nc1 As Integer)
    If nc1 = 1 Then color1 = RGB(0, 255, 0)
    If nc1 = 2 Then color1 = RGB(0, 105, 255)
    If nc1 = 3 Then color1 = RGB(255, 255, 0)
    If nc1 = 4 Then color1 = RGB(255, 0, 0)
    If nc1 = 5 Then color1 = RGB(155, 100, 0)
    If nc1 = 6 Then color1 = RGB(55, 50, 200)
    If nc1 = 7 Then color1 = RGB(100, 50, 50)
    If nc1 = 8 Then color1 = RGB(50, 50, 100)
    If nc1 = 9 Then color1 = RGB(10, 150, 10)
    If nc1 = 10 Then color1 = RGB(150, 50, 150)
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
ncp = Val(txtn.Text)
m = Val(txtm.Text)

'tabla de duraciones en cada n
MSFlexGrid1.Rows = m + 1
MSFlexGrid1.Cols = ncp + 1

MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 0) = "m"
MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 1) = "Kn"

For j = 1 To ncp
MSFlexGrid1.TextMatrix(0, j) = "K" & j
MSFlexGrid1.ColWidth(j) = 500
For i = 1 To m
    MSFlexGrid1.TextMatrix(i, 0) = "m=" & i
    MSFlexGrid1.TextMatrix(i, j) = 1
Next i
Next j

MSFlexGrid1.TextMatrix(1, 1) = 7
MSFlexGrid1.TextMatrix(2, 1) = 1
MSFlexGrid1.TextMatrix(3, 1) = 3
MSFlexGrid1.TextMatrix(4, 1) = 1
MSFlexGrid1.TextMatrix(5, 1) = 2
MSFlexGrid1.TextMatrix(6, 1) = 5
MSFlexGrid1.TextMatrix(7, 1) = 3
MSFlexGrid1.TextMatrix(8, 1) = 1
MSFlexGrid1.TextMatrix(9, 1) = 2
MSFlexGrid1.TextMatrix(10, 1) = 5

'tabla de ritmos pedidos
MSFlexGrid2.Rows = 2
MSFlexGrid2.Cols = ncp + 1
MSFlexGrid2.TextMatrix(0, 0) = "LOB"
For j = 1 To ncp
MSFlexGrid2.TextMatrix(0, j) = "K*" & j
MSFlexGrid2.ColWidth(j) = 500
MSFlexGrid2.TextMatrix(1, j) = 1
Next j

End Sub

Private Sub MSFlexGrid1_Db1Click() 'Para ingresar datos de usuario
fila = MSFlexGrid1.RowSel
columna = MSFlexGrid1.ColSel
If fila > 0 And columna >= 1 Then
```

```
txtrescatado = MSFlexGrid1.TextMatrix(fila, 0)
mensaje = "Ingresar la duracion K para esta unidad " & txtrescatado
ValorK = Format(InputBox(mensaje), "#0.0")
MSFlexGrid1.TextMatrix(fila, columna) = Abs(ValorK)
End If
End Sub

Private Sub MSFlexGrid2_DblClick()'Para ingresar datos de usuario
fila = MSFlexGrid2.RowSel
columna = MSFlexGrid2.ColSel
If fila > 0 And columna >= 1 Then
    txtrescatado = MSFlexGrid2.TextMatrix(0, columna)
    mensaje = "Ingresar el ritmo " & txtrescatado & " para la cadena particular " & columna
    Valorv = Format(InputBox(mensaje), "#0.0")
    MSFlexGrid2.TextMatrix(fila, columna) = Abs(Valorv)
End If
End Sub

Private Sub txtm_Change()'Cuando se ingrese datos de m, se modifica la tabla K
ncp = Val(txtn.Text)
m = Val(txtm.Text)
MSFlexGrid1.Rows = m + 1
MSFlexGrid1.Cols = ncp + 1
MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 0) = "m"

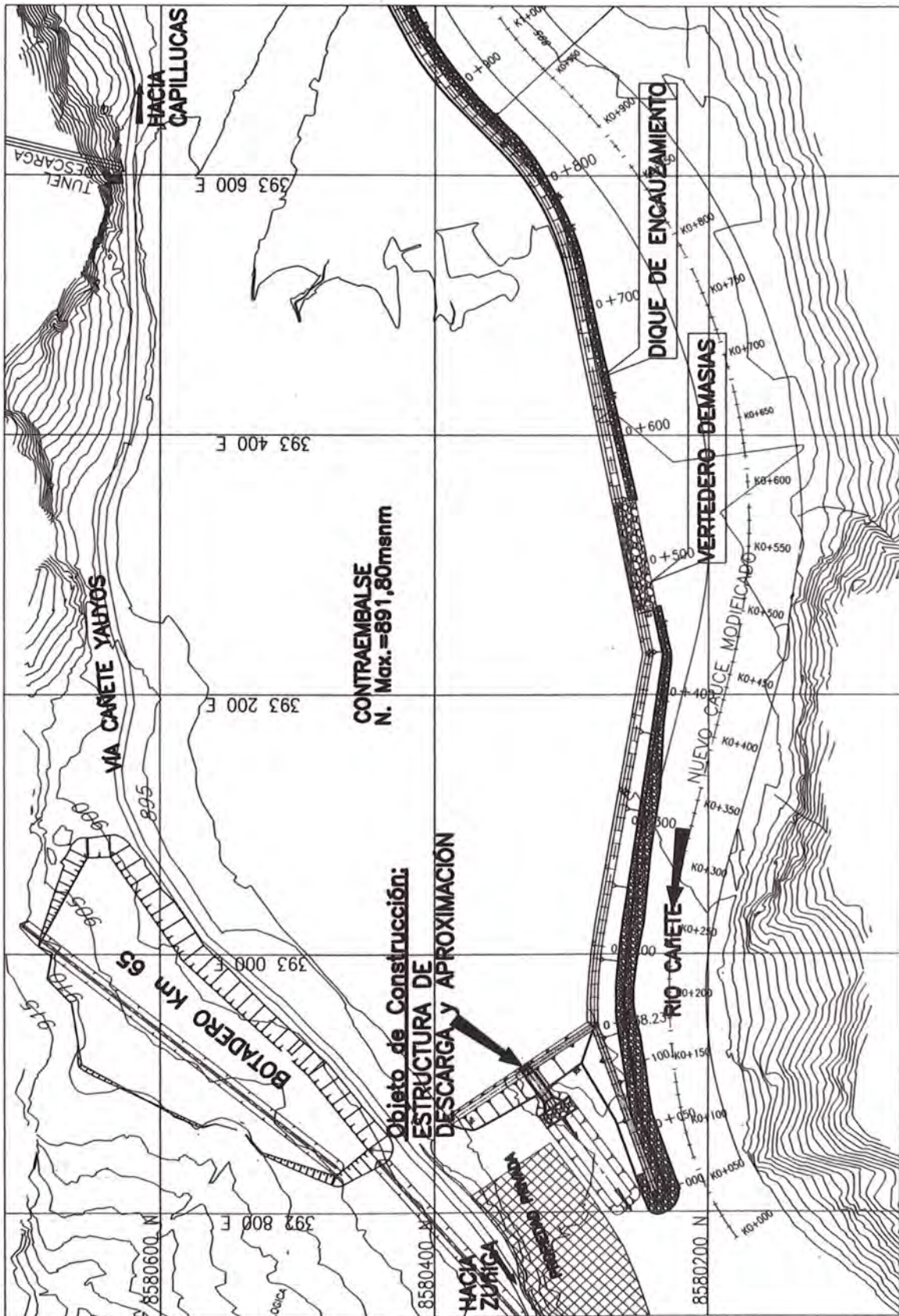
MSFlexGrid2.Rows = 2
MSFlexGrid2.Cols = ncp + 1
MSFlexGrid2.TextMatrix(0, 0) = "LOB"

For j = 1 To ncp
MSFlexGrid1.ColWidth(j) = 500
MSFlexGrid2.ColWidth(j) = 500
MSFlexGrid1.TextMatrix(0, j) = "K" & j
MSFlexGrid2.TextMatrix(0, j) = "K*" & j
MSFlexGrid2.TextMatrix(1, j) = 1
For i = 1 To m
    MSFlexGrid1.TextMatrix(i, 0) = "m=" & i
    MSFlexGrid1.TextMatrix(i, j) = 1
Next i
Next j
End Sub
```

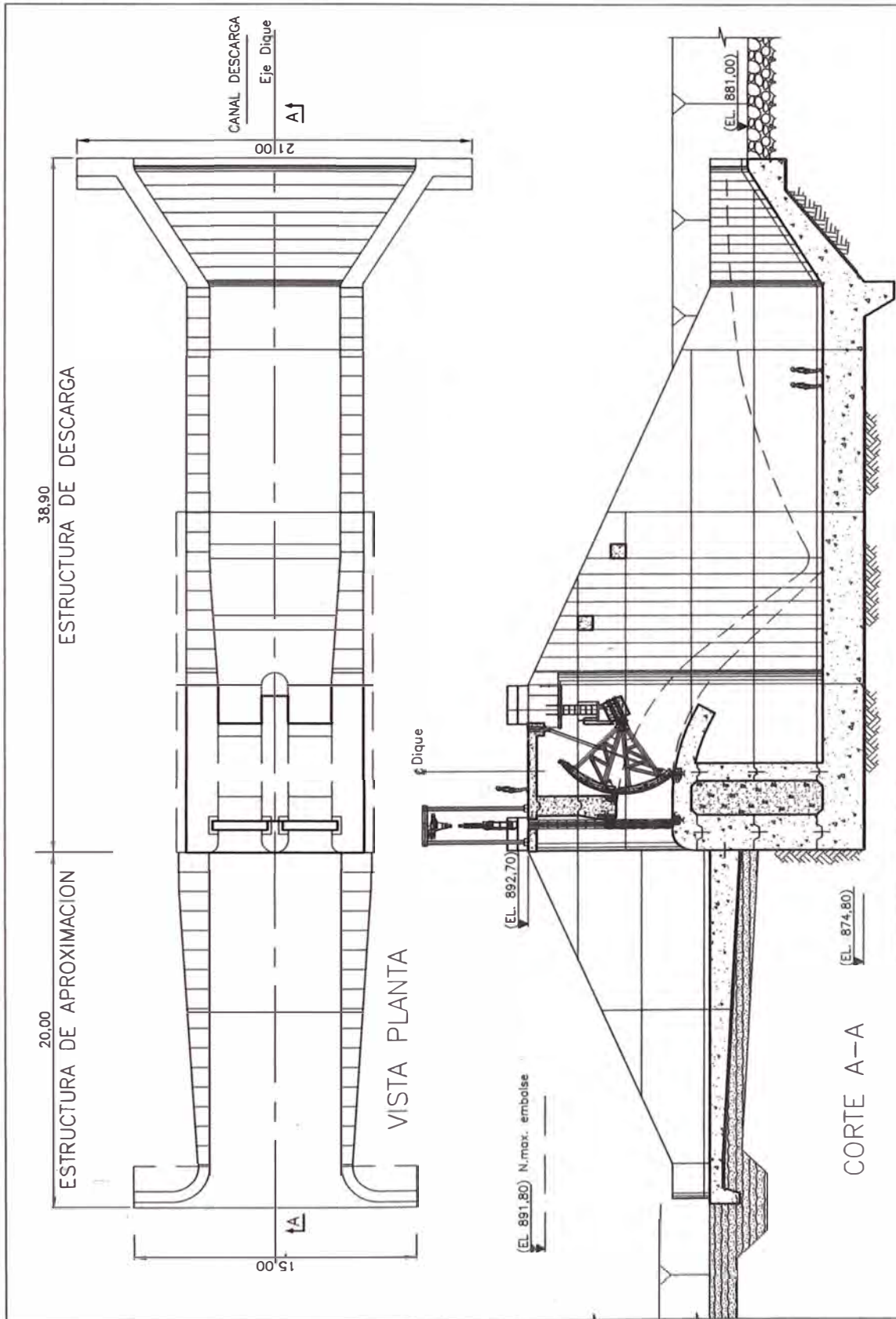
ANEXO 3

OBJETO DE CONSTRUCCIÓN

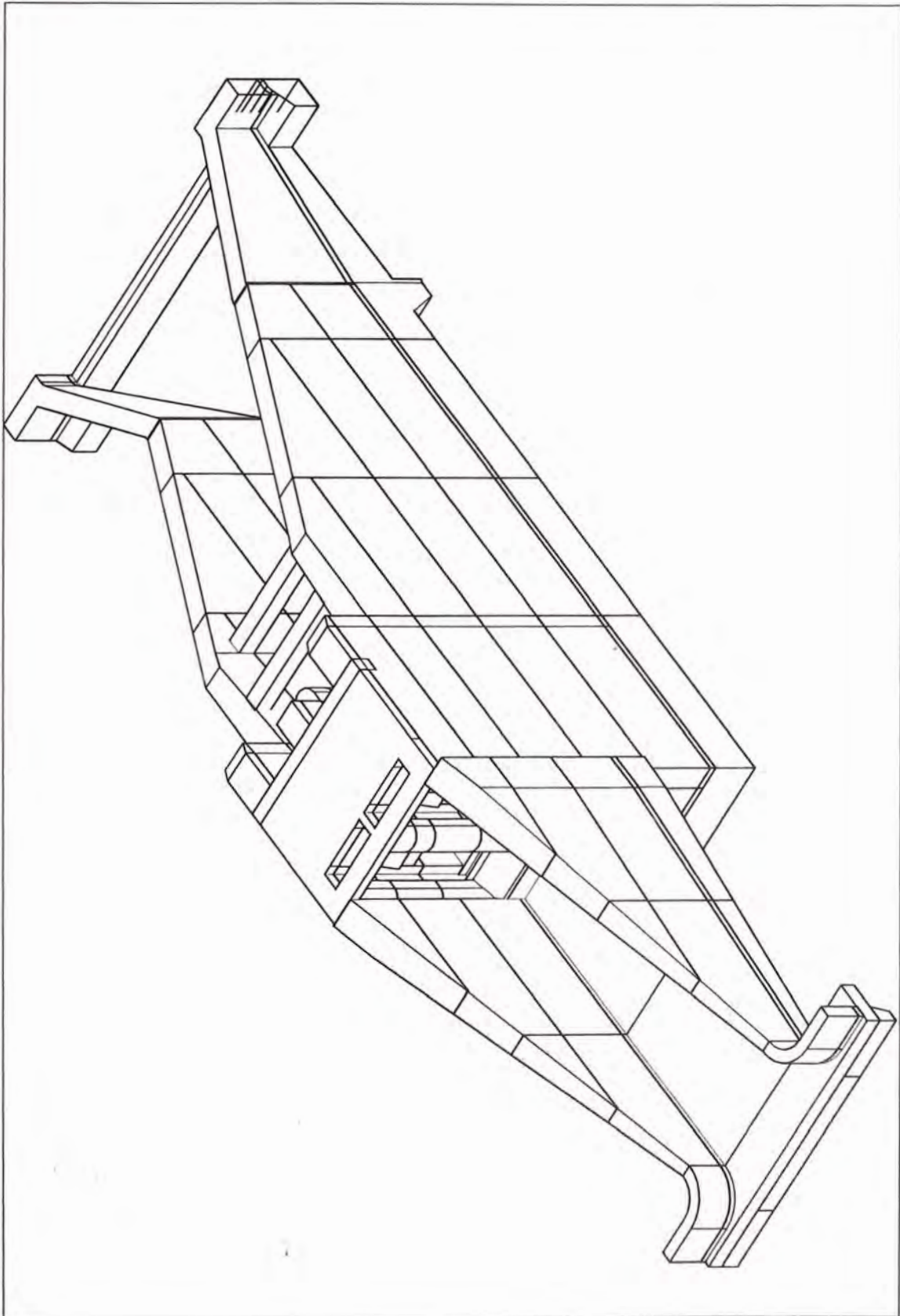
A-3.1 Layout general del objeto de construcción



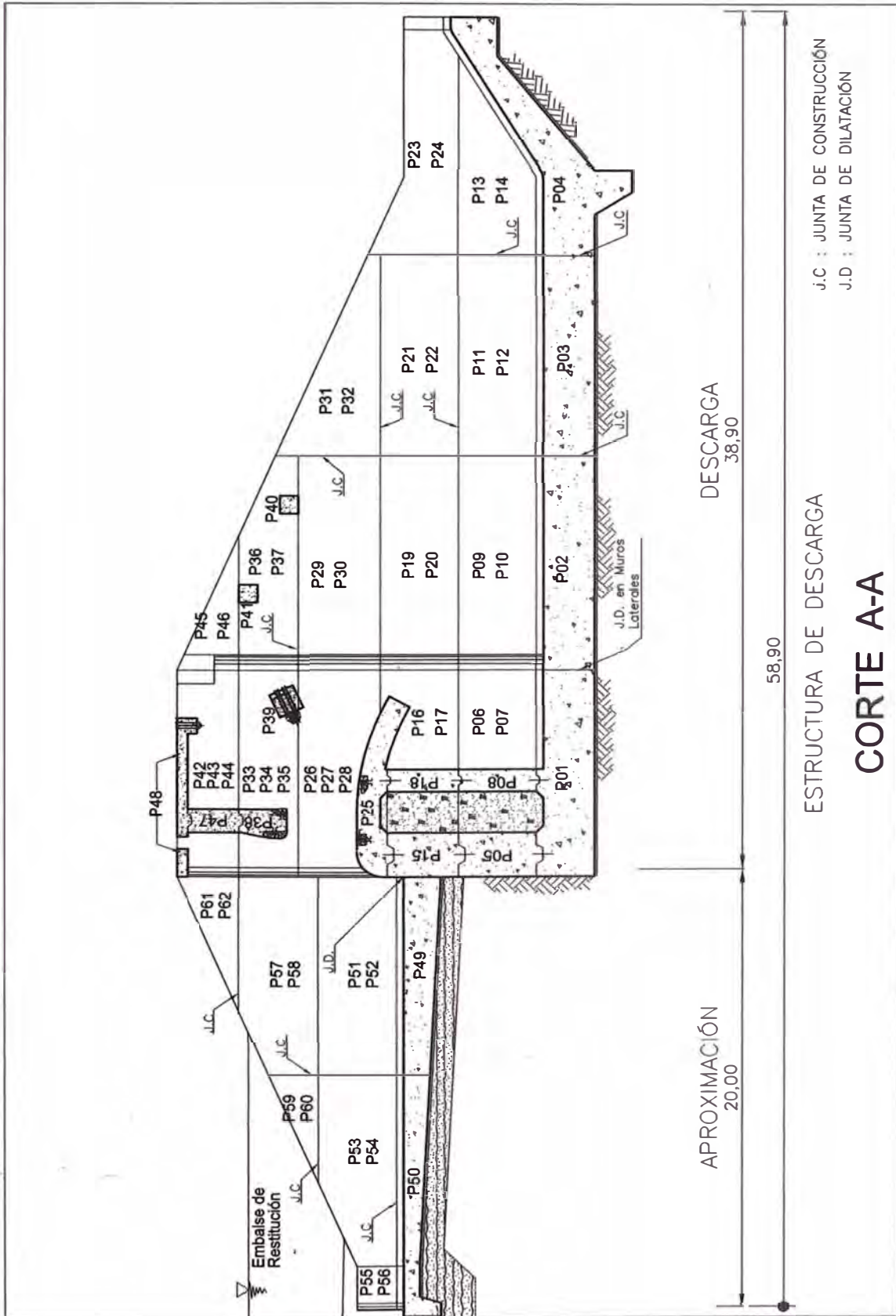
A-3.2 Vista planta y perfil de objeto de construcción



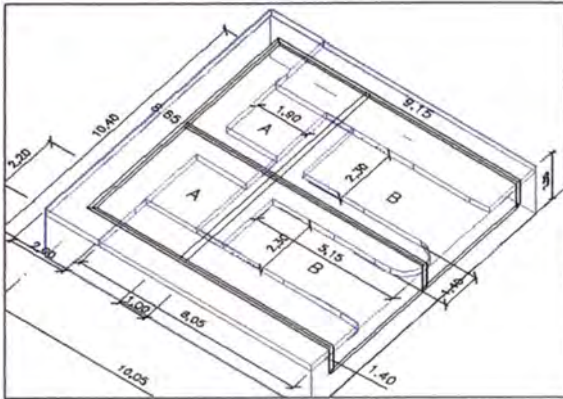
A-3.3 Vista isométrica del objeto de construcción



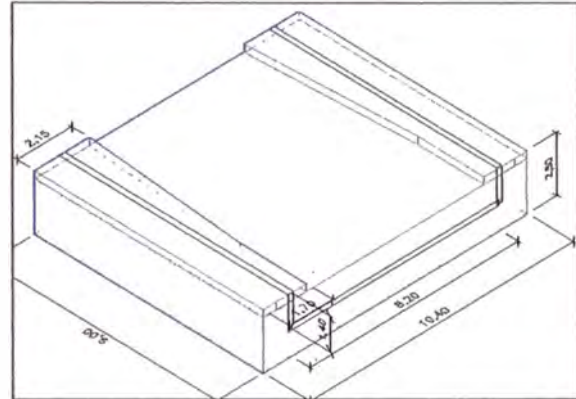
A-3.4 Gráfico de notación de piezas



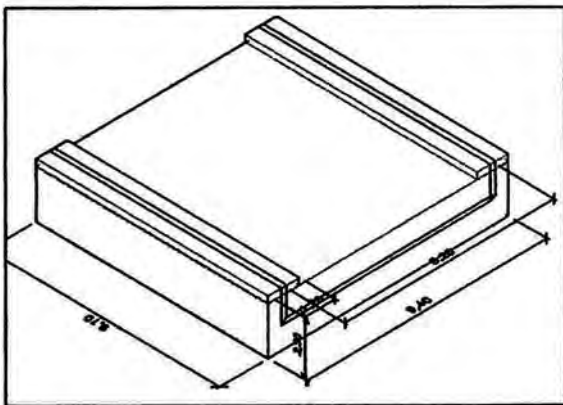
A-3.5 Vistas isométricas de piezas



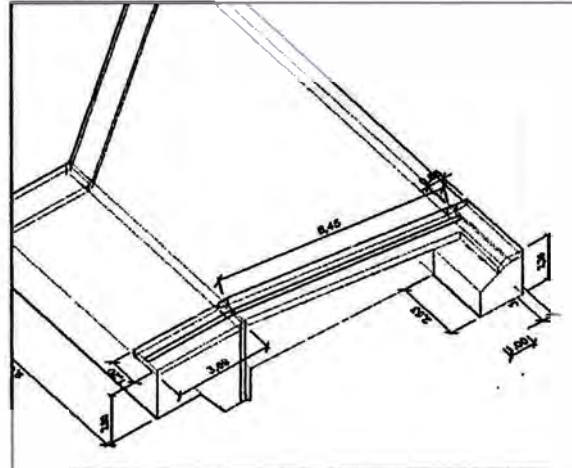
P01



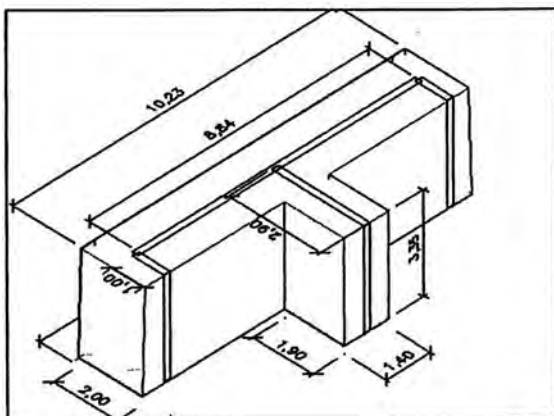
P02



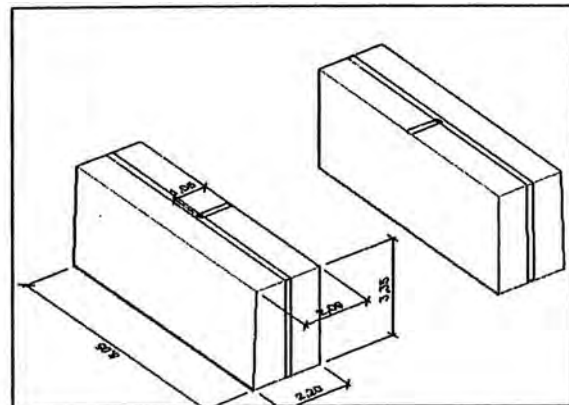
P03



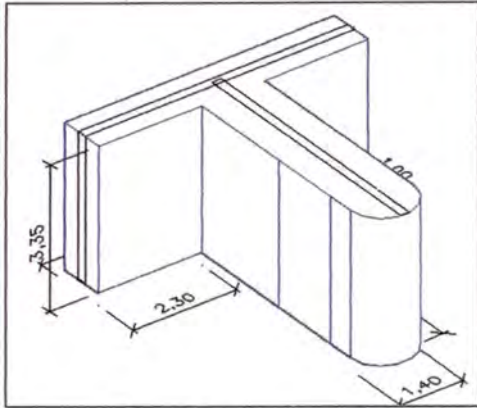
P04



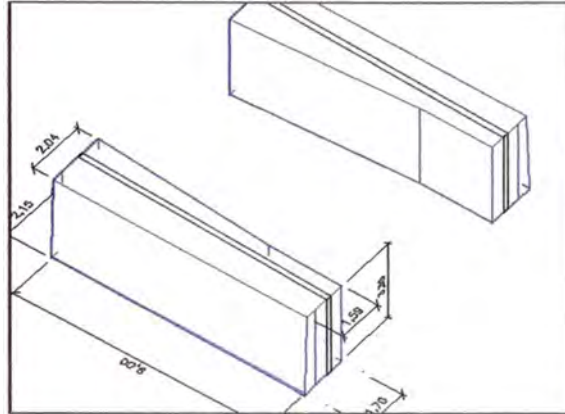
P05



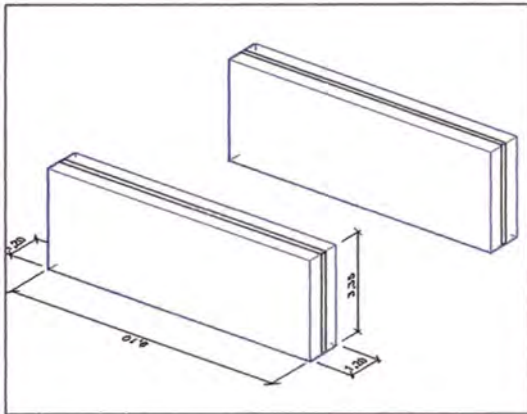
P06 y P07



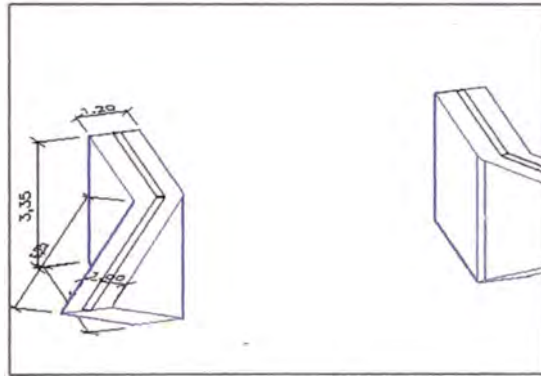
P08



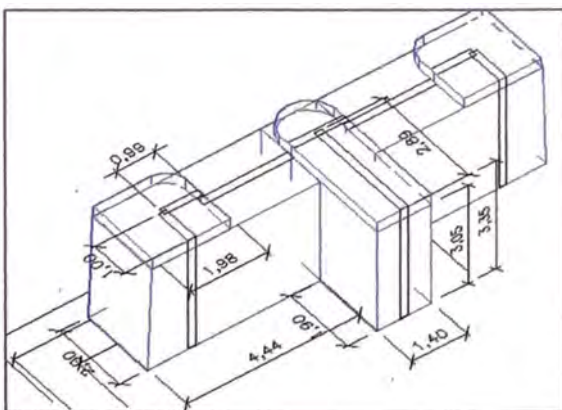
P09 y P10



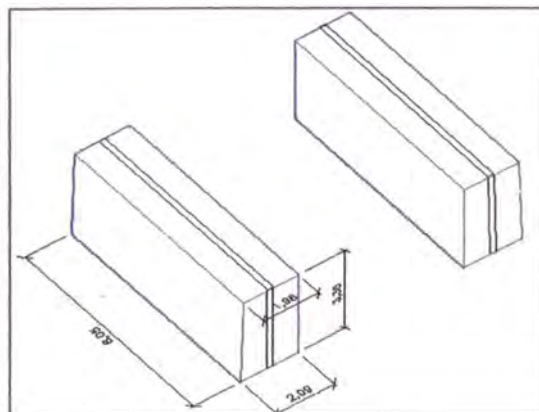
P11 y P12



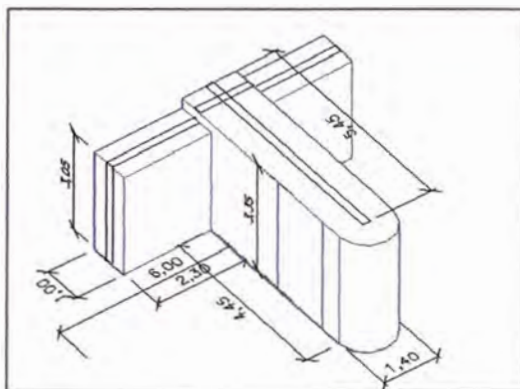
P13 y P14



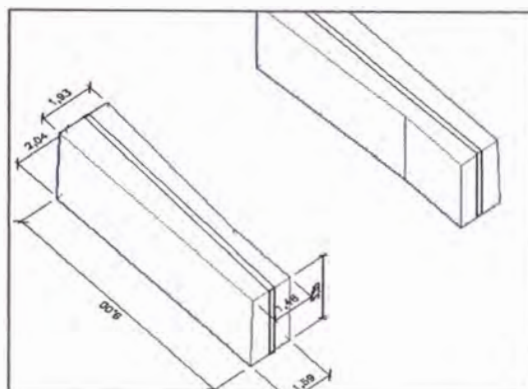
P15



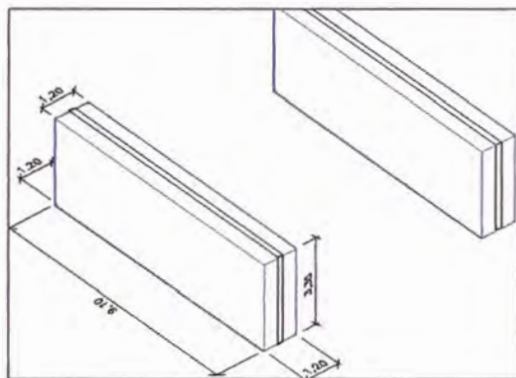
P16 y P17



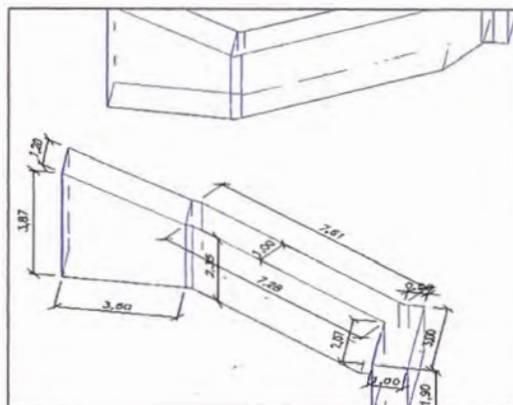
P18



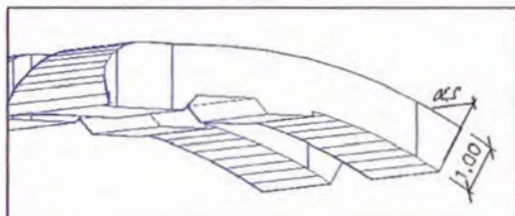
P19 y P20



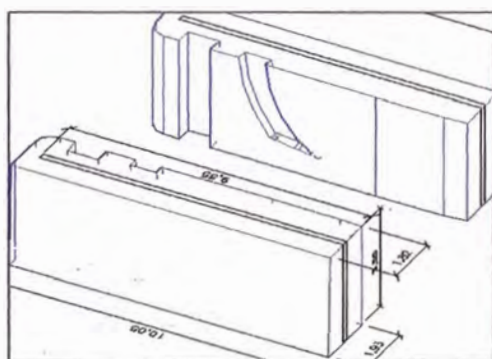
P21 y P22



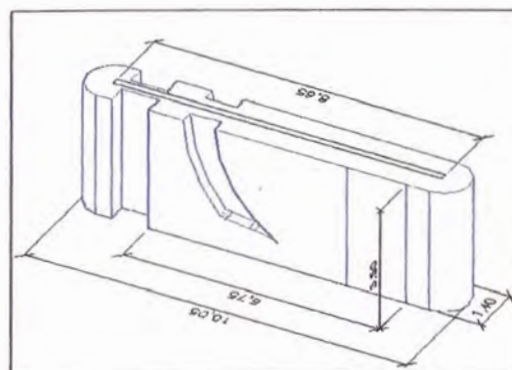
P23 y P24



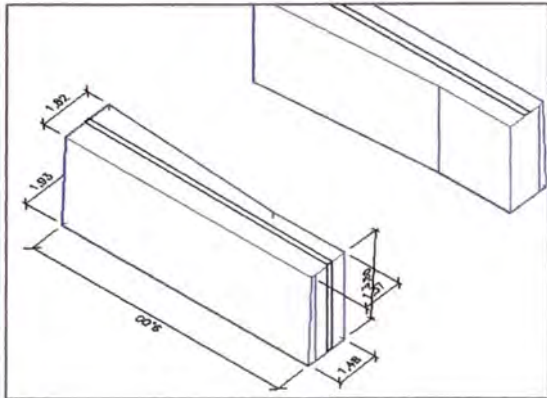
P25



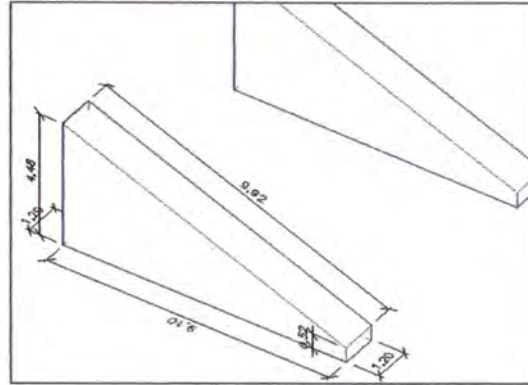
P26 y P28



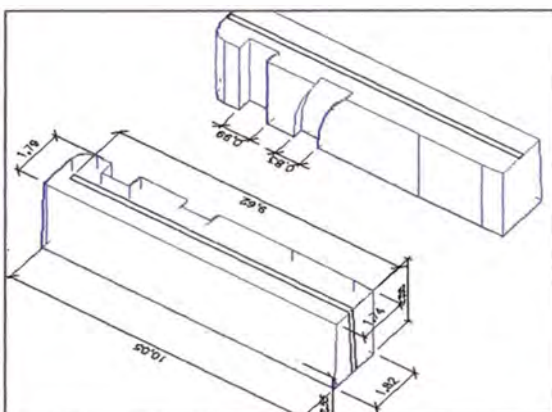
P27



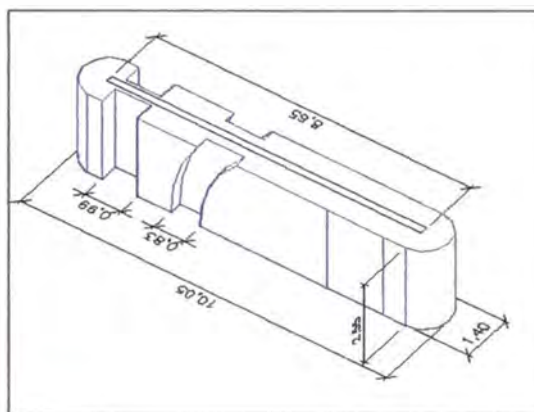
P29 y P30



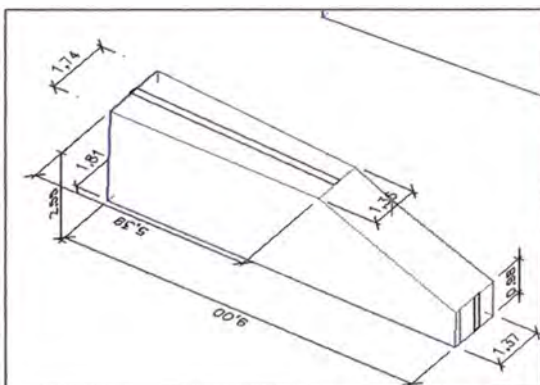
P31 y P32



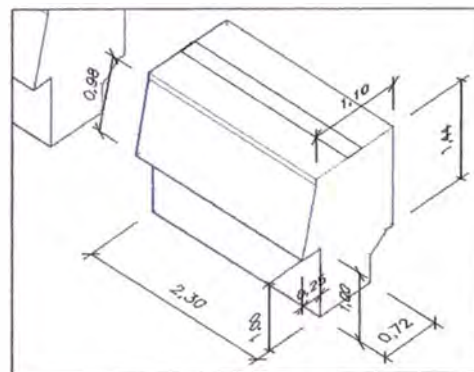
P33 y P35



P34



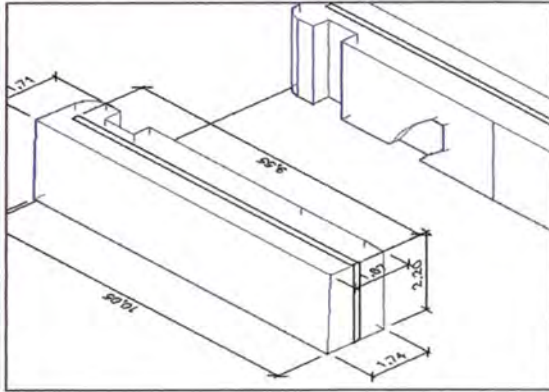
P36 y P37



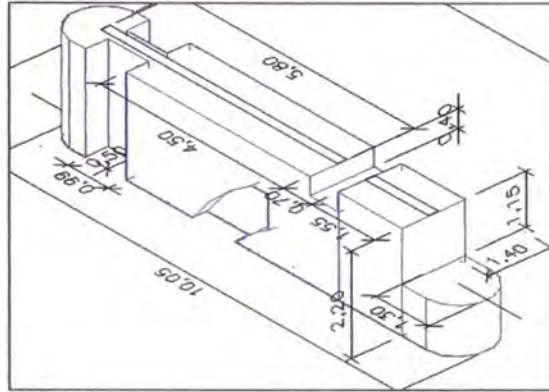
P38



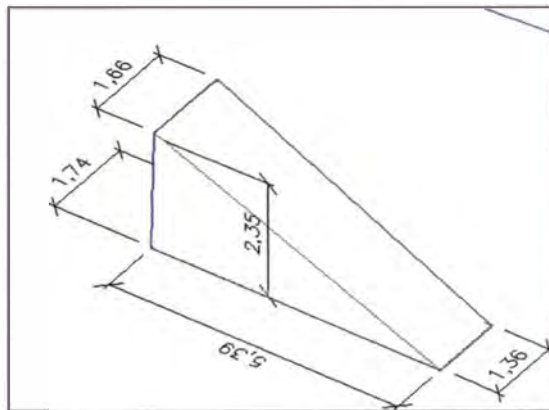
P39, P40 y P41



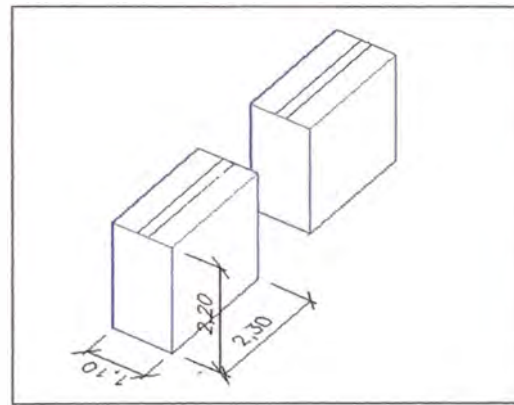
P42 y P44



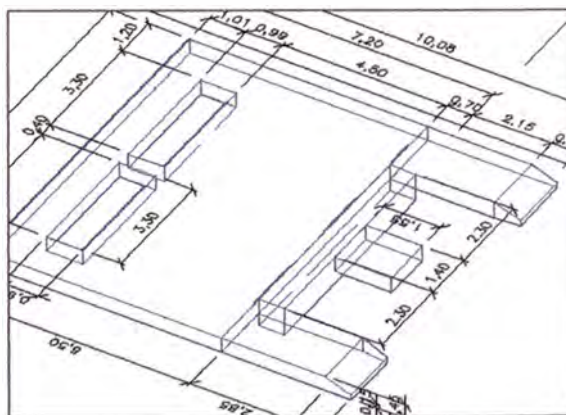
P43



P45 y P46



P47



P48

A-3.6 Secciones de excavación estructura de descarga

Excavacion masiva - Estructura Descarga

Sección	Area	distancia	Volumen
10	18.48		
12	44.5	2.00	62.98
14	90.15	2.00	134.65
16	124.46	2.00	214.61
18	173.83	2.00	298.29
20	173.83	2.00	347.66
22	171.75	2.00	345.58
24	173.89	2.00	345.64
26	187.7	2.00	361.59
28	170.89	2.00	358.59
30	171.2	2.00	342.09
32	171.06	2.00	342.26
34	171.56	2.00	342.62
36	170.16	2.00	341.72
38	180.54	2.00	350.70
40	163.83	2.00	344.37
42	158.21	2.00	322.04
44	158.1	2.00	316.31
46	162.81	2.00	320.91
48	178.48	2.00	341.29
50	182.55	2.00	361.03
52	174.58	2.00	357.13
54	173.56	2.00	348.14
56	142.45	2.00	316.01
58	119.99	2.00	262.44
60	118.81	2.00	238.80
62	97.4	2.00	216.21
64	32.14	2.00	129.54
66	23.8	2.00	55.94
68	19.9	2.00	43.70
70	16.41	2.00	36.31
75	9.97	5.00	65.95
80	7.15	5.00	42.80
85	4.54	5.00	29.23

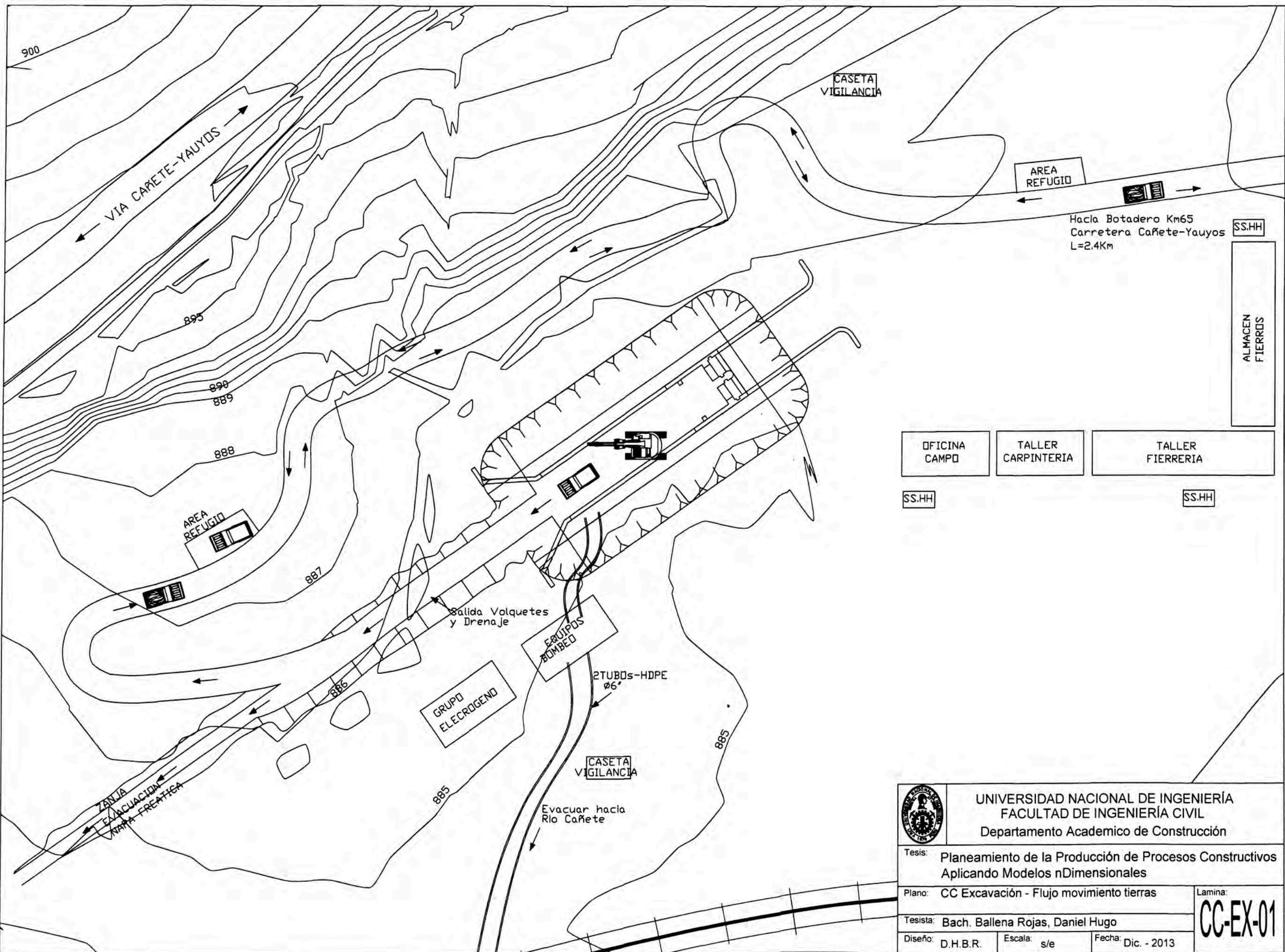
Volumen Banco **8,337.13**

A.1.7 Secciones de relleno en estructura de descarga

Relleno - Estructura Descarga					
Sección	Area		distancia	Volumen	
	Filtro	Material Z1		Filtro	Material Z1
14	-				
16	10.56	69.24	2.00	10.56	69.24
18	58.68	71.30	2.00	140.54	140.54
20	27.17	54.66	2.00	125.96	125.96
22	26.28	54.80	2.00	109.46	109.46
24	26.45	56.02	2.00	110.82	110.82
26	26.68	63.36	2.00	119.38	119.38
28	24.52	55.83	2.00	119.19	119.19
30	24.38	57.20	2.00	113.03	113.03
32	24.20	59.32	2.00	116.52	116.52
34	24.94	56.85	2.00	116.17	116.17
36	24.41	57.50	2.00	114.35	114.35
38	24.22	66.68	2.00	124.18	124.18
40	24.05	59.96	2.00	126.64	126.64
42	22.56	58.93	2.00	118.89	118.89
44	22.08	58.24	2.00	117.17	117.17
46	22.81	63.40	2.00	121.64	121.64
48	26.70	72.86	2.00	136.26	136.26
50	28.59	75.37	2.00	148.23	148.23
52	20.51	80.31	2.00	155.68	155.68
54	10.33	68.23	2.00	148.54	148.54
56	2.22	55.30	2.00	123.53	123.53
58	-	23.93	2.00	79.23	79.23
60	-	-	2.00	23.93	23.93
				2,619.89	2,678.57

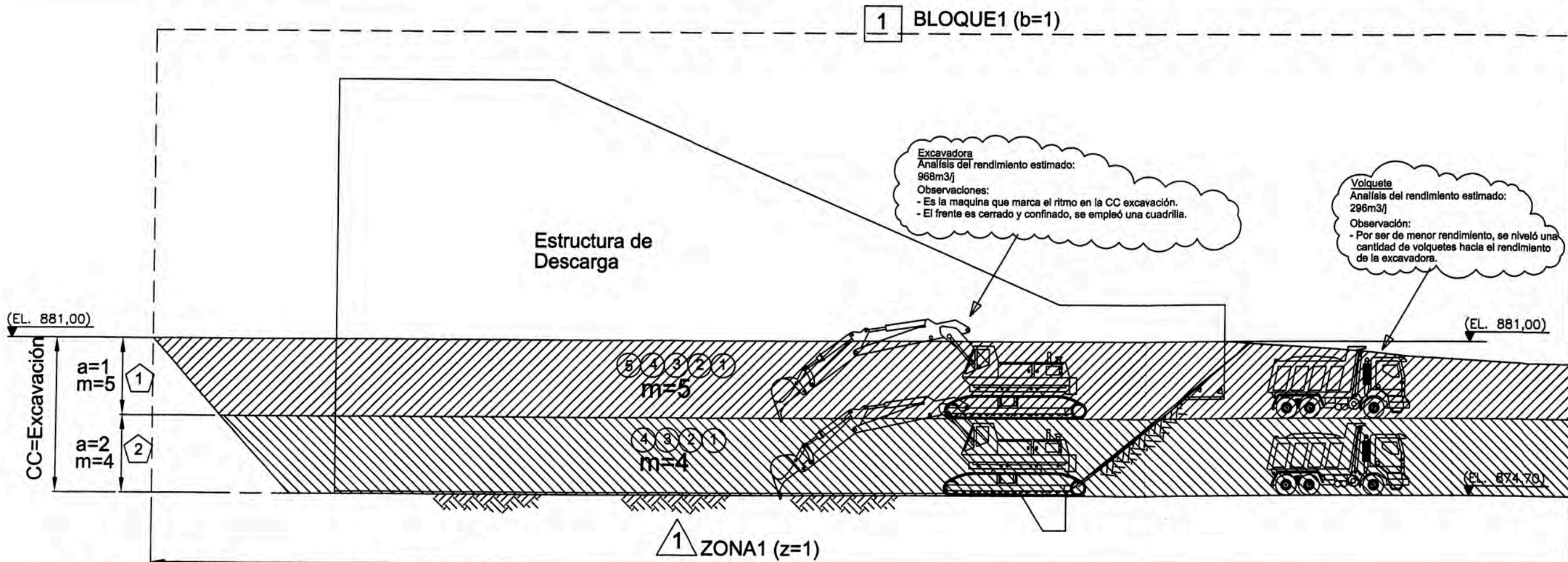
ANEXO 4

PLANOS DE APLICACIÓN



Hacia Botadero Km65
Carretera Cañete-Yauyos
L=2.4Km

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Departamento Académico de Construcción	
	Tesis: Planeamiento de la Producción de Procesos Constructivos Aplicando Modelos nDimensionales	
	Plano: CC Excavación - Flujo movimiento tierras	Lamina: CC-EX-01
	Tesista: Bach. Ballena Rojas, Daniel Hugo	Fecha: Dic. - 2013
Diseño: D.H.B.R.	Escala: s/e	



CADENA DE CONSTRUCCIÓN - EXCAVACIÓN

DIVISIÓN ESPACIAL

n	Descripción n	Unidad	m01	m02	m03	m04	m05	m06	m07	m08	m09	P
1	Excavación	m3	968.0	968.0	968.0	968.0	968.0	968.0	968.0	968.0	593.1	8,337.1
2	Eliminación	m3	1,210.0	1,210.0	1,210.0	1,210.0	1,210.0	1,210.0	1,210.0	1,210.0	741.4	10,421.4

NORMAL TECNOLÓGICA

n	Descripción n	Unidad	P	CUADRILLA UNITARIA REFERENCIAL								REDISEÑO DE CUADRILLA UNITARIA								
				Composición cuadrilla						S	D	N	S	D	Composición cuadrilla					
				PEO	OFI	OPE	VOL	CAR	RET						EXC	PEO	OFI	OPE	VOL	EXC
1	Excavación	m3	8,337.1	2		1				1	968	9	1	968.0	9	2		1		1
2	Eliminación	m3	10,421.4	1		1	1				296	35	4	1,184.0	9	4		4		4

n	Descripción n	Unidad	K01	K02	K03	K04	K05	K06	K07	K08	K09
1	Excavación	m3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50
2	Eliminación	m3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Departamento Académico de Construcción

Tesis: Planeamiento de la Producción de Procesos Constructivos Aplicando Modelos nDimensionales

Plano: CC Excavación - División Espacial, Volúmenes Normal Tecnológica y Secuencia Espacial

Tesista: Bach. Ballena Rojas, Daniel Hugo

Diseño: D.H.B.R.

Escala: s/e

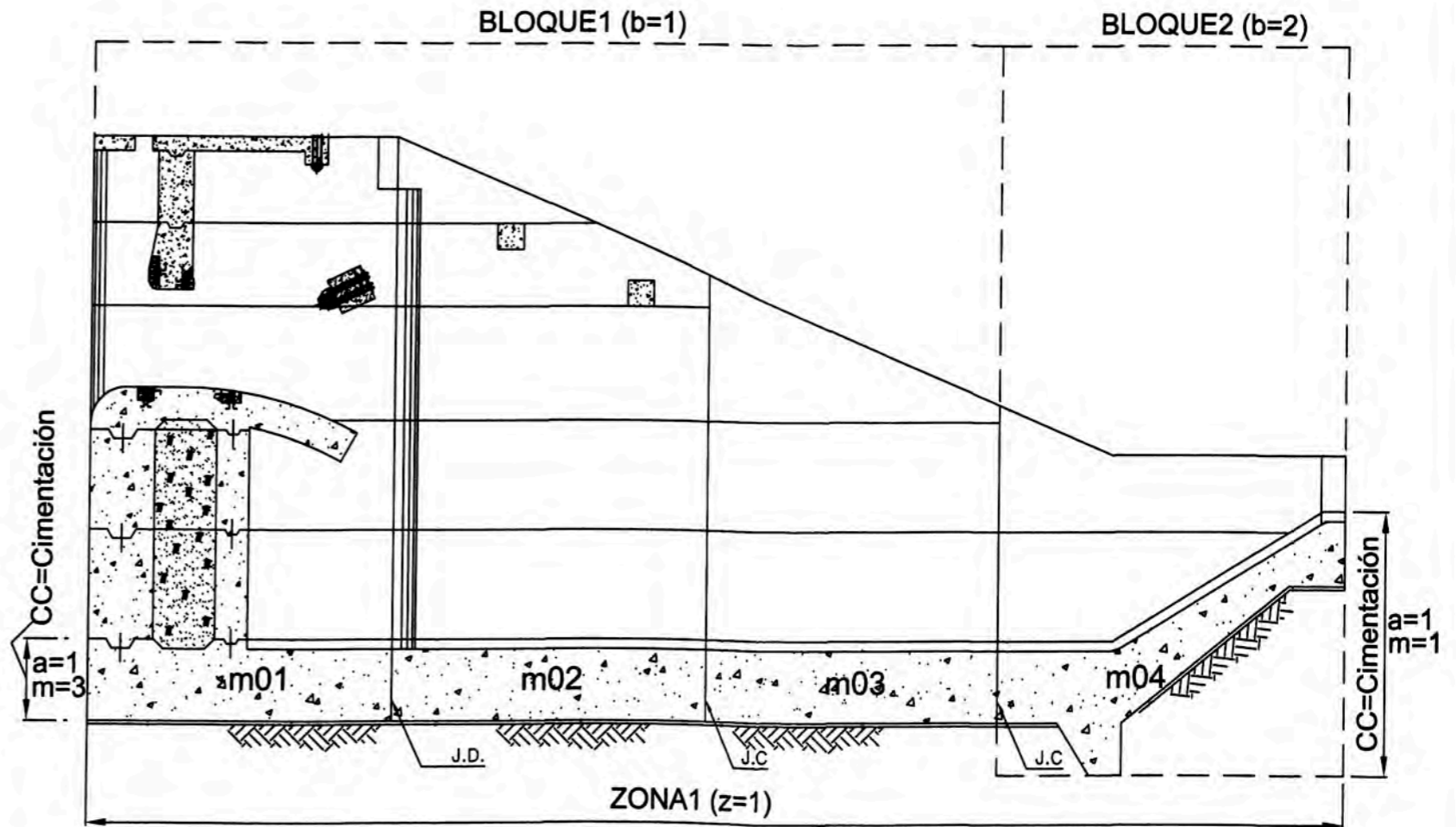
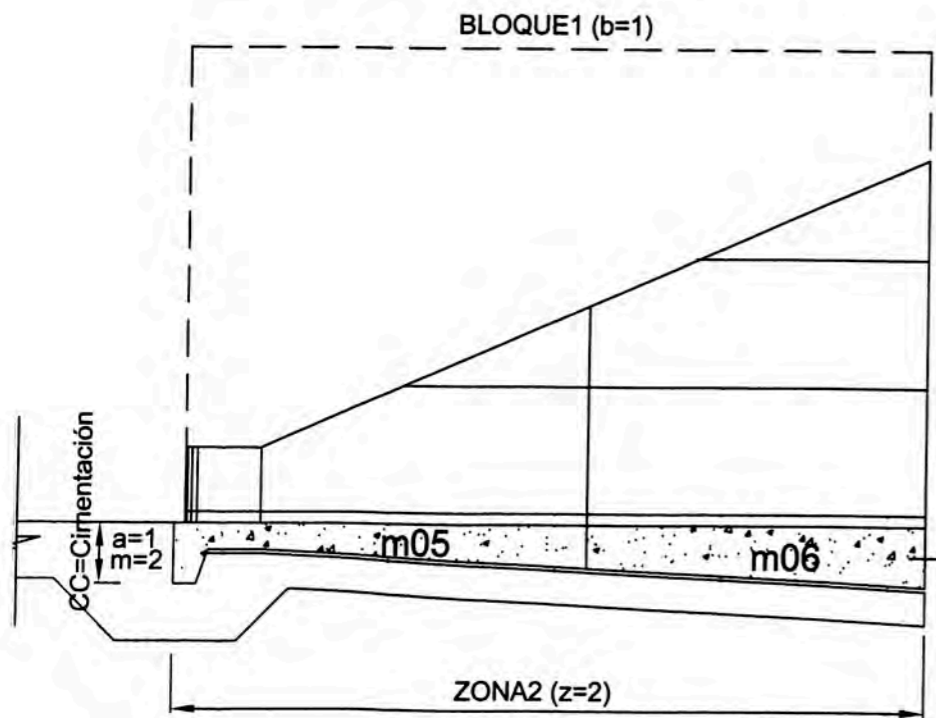
Fecha: Dic. - 2013

Lamina:
CC-EX-02

SECUENCIA ESPACIAL

- △ Secuencia Espacial de la zona z
- ◇ Secuencia Espacial del nivel a, dentro de bloque b
- Secuencia Espacial del bloque b, dentro de zona z
- Secuencia Espacial de unidades m, dentro de nivel a

Nota: "o", es el identificador de secuencia espacial u orden de desarrollo elegido según restricciones constructivas.



CADENA DE CONSTRUCCIÓN - CIMENTACIÓN

DIVISIÓN ESPACIAL

CC=Cimentación	División Espacial			
	z=1		z=2	
	a \ b	b=1	b=2	b=1
	a=1	m=3	m=1	m=2
	--	--	--	--
	--	--	--	--

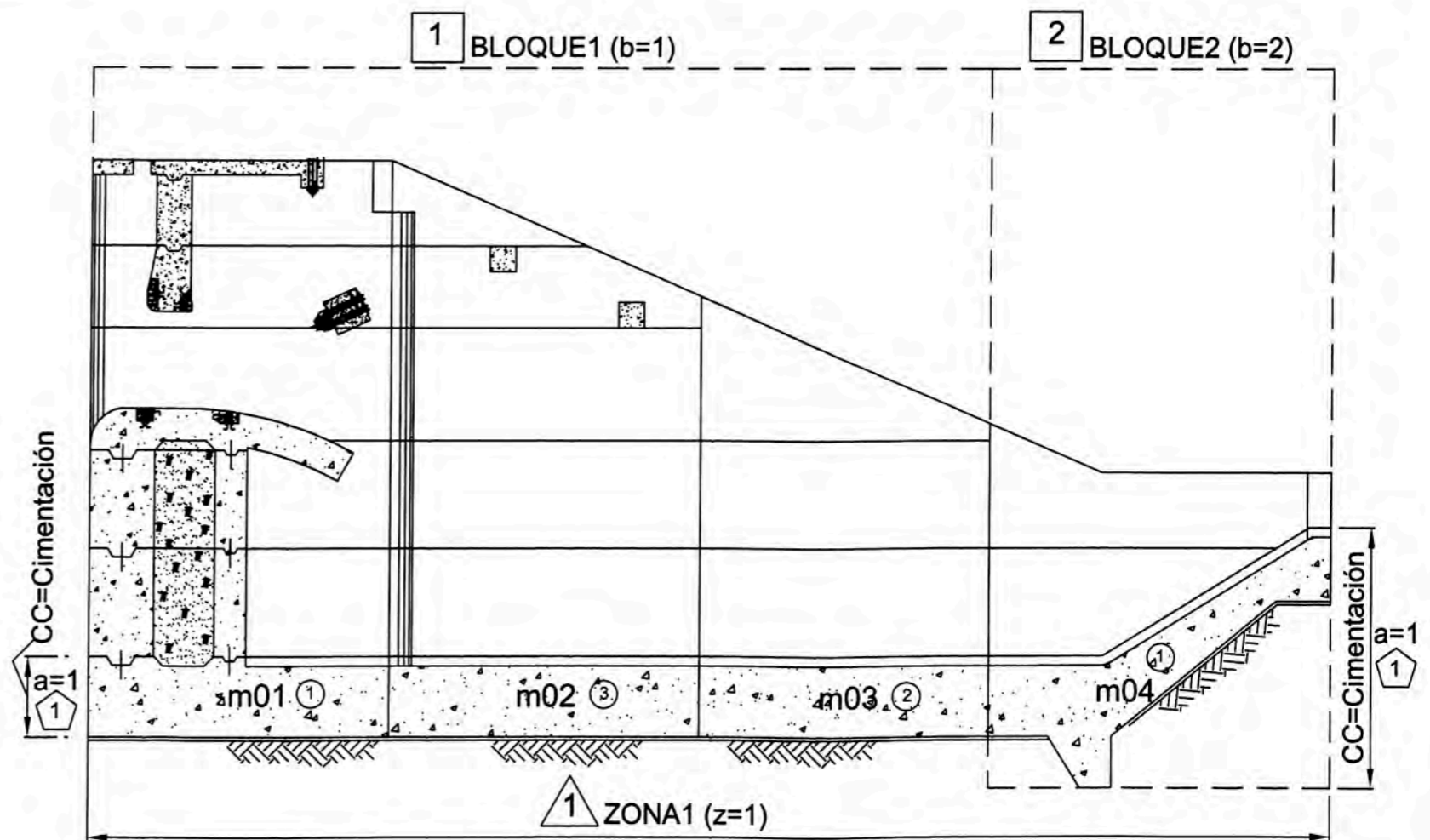
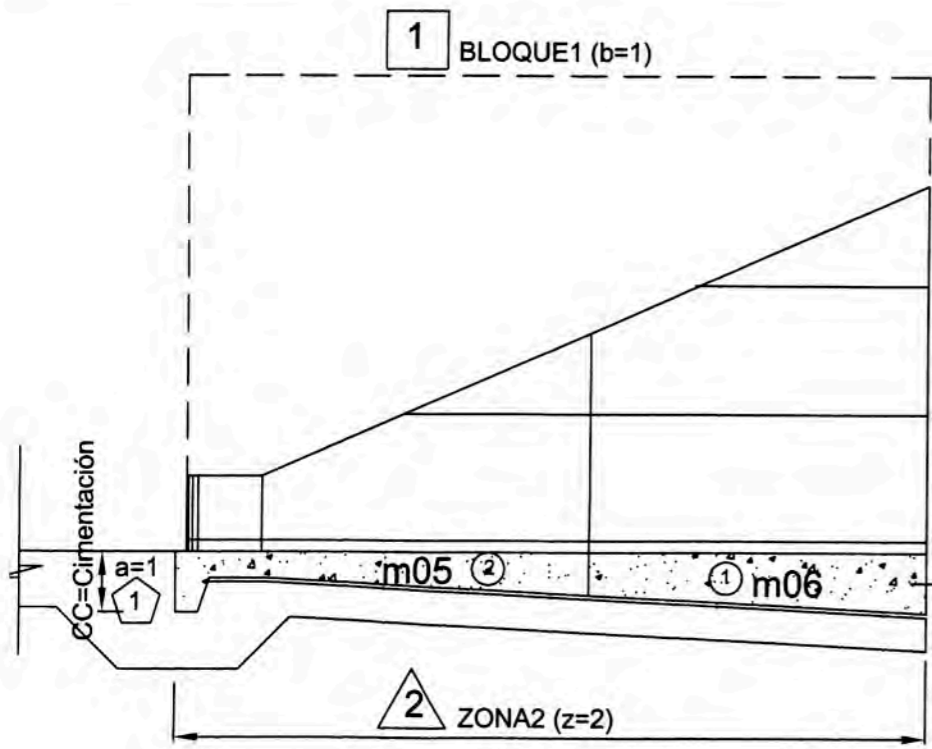
VOLUMEN DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN m

n	Descripción n	Unidad	m01	m02	m03	m04	m05	m06	P
1	Acero de refuerzo	Kg	30,857.0	26,532.6	23,886.3	35,943.5	15,911.4	13,594.6	146,725.5
2	Encofrado metalico	m2	148.6	93.2	84.2	132.5	53.8	61.4	573.7
3	Juntas water stop	m	57.6	29.0	29.2	29.3	29.1	27.7	201.9
4	Concreto estructural	m3	251.6	216.3	194.7	293.0	129.7	110.8	1,196.2
5	Desencofrado	m2	148.6	93.2	84.2	132.5	53.8	61.4	573.7

Nota:

Una elección de las variables de divisiones espaciales, dependerá de las restricciones constructivas, de rendimiento o limitaciones por el entorno adyacente al objeto u otros.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Departamento Academico de Construcción	
	Tesis: Planeamiento de la Producción de Procesos Constructivos Aplicando Modelos nDimensionales	
	Plano: CC Cimentación - División Espacial y Volumenes	Lamina: CC-CI-01
	Tesisista: Bach. Ballena Rojas, Daniel Hugo	
	Diseño: D.H.B.R.	Escala: 1/200



**CADENA DE CONSTRUCCIÓN - CIMENTACIÓN
NORMAL TECNOLÓGICA**

n	Descripción n	Unidad	P	CUADRILLA UNITARIA REFERENCIAL					REDISEÑO DE CUADRILLA UNITARIA											
				Composición cuadrilla			S	D	N	S	D	Composición cuadrilla								
				PEO	OFI	OPE						PEO	OFI	OPE	K01	K02	K03	K04	K05	K06
1	Acero de refuerzo	Kg	146,725.5	1	2	2	600	245	8	4,800.0	31	8	16	16	7.00	6.00	5.00	8.00	3.50	3.00
2	Encofrado metalico	m2	573.7	1	2	2	25	23	2	50.0	11	2	4	4	3.00	2.00	2.00	3.00	1.00	1.00
3	Juntas water stop	m	201.9	1	1	1	10	20	2	20.0	10	2	2	2	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.50
4	Concreto estructural	m3	1,196.2	1	1	2	60	20	3	180.0	7	3	3	6	1.50	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00
5	Desencofrado	m2	573.7	2	1	2	40	14	2	80.0	7	4	2	4	2.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00

SECUENCIA ESPACIAL

- △ Secuencia Espacial de la zona z
- Secuencia Espacial del bloque b, en la zona z
- ◇ Secuencia Espacial del nivel a, en el bloque b
- Secuencia Espacial de unidades m, en el nivel a

Nota:

"o" Es el identificador de secuencia espacial u orden de desarrollo, elegido según restricciones constructivas.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Departamento Academico de Construcción

Tesis: Planeamiento de la Producción de Procesos Constructivos Aplicando Modelos nDimensionales

Plano: CC Cimentación - Normal Tecnológica y Secuencia Espacial

Tesista: Bach. Ballena Rojas, Daniel Hugo

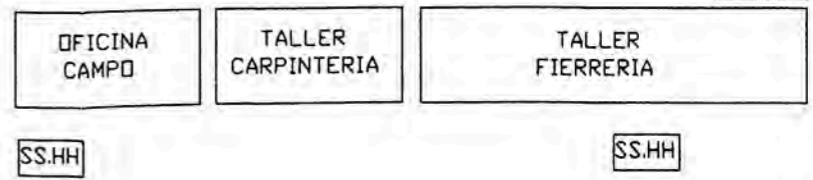
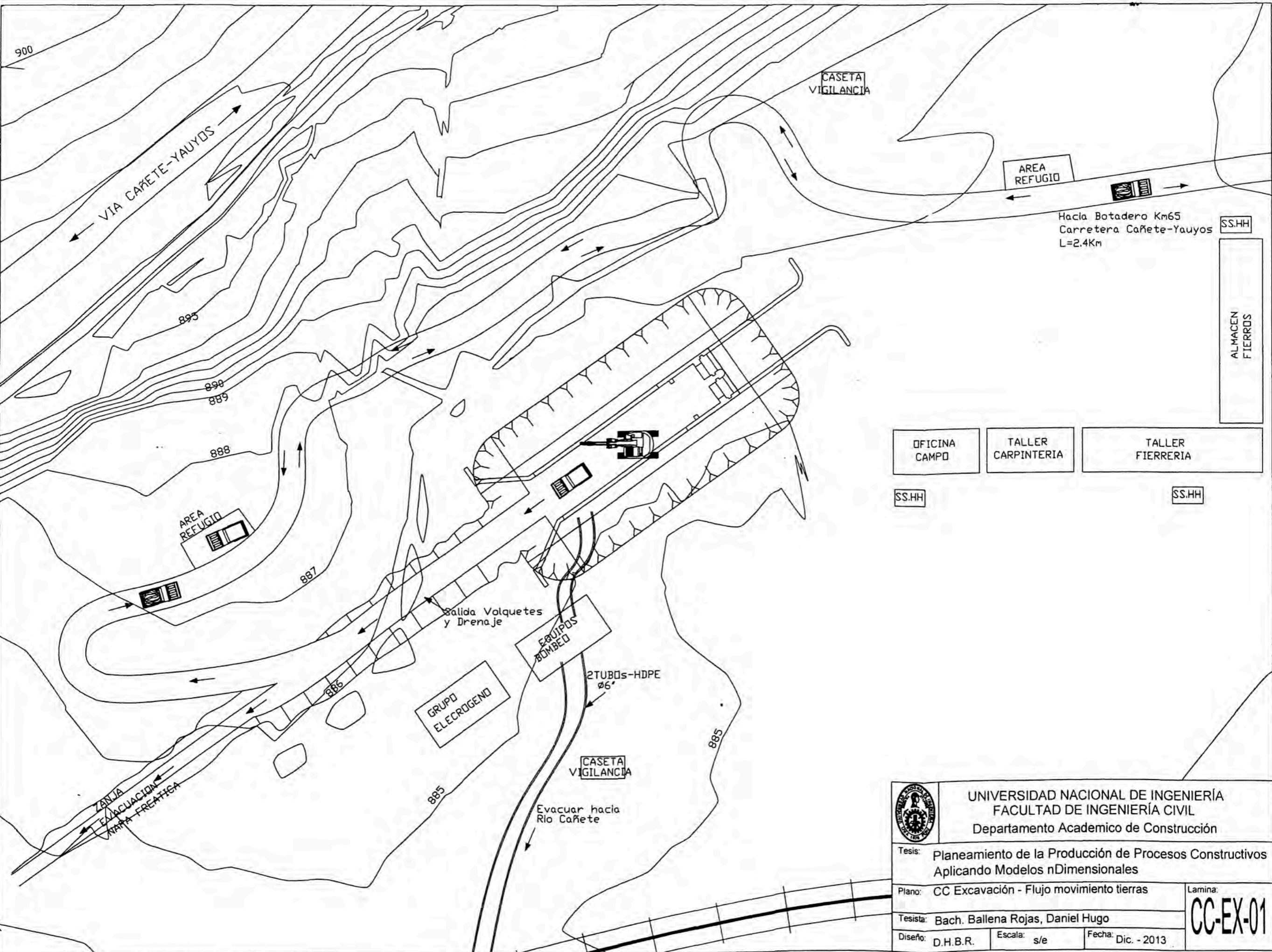
Diseño: D.H.B.R.

Escala: 1/200

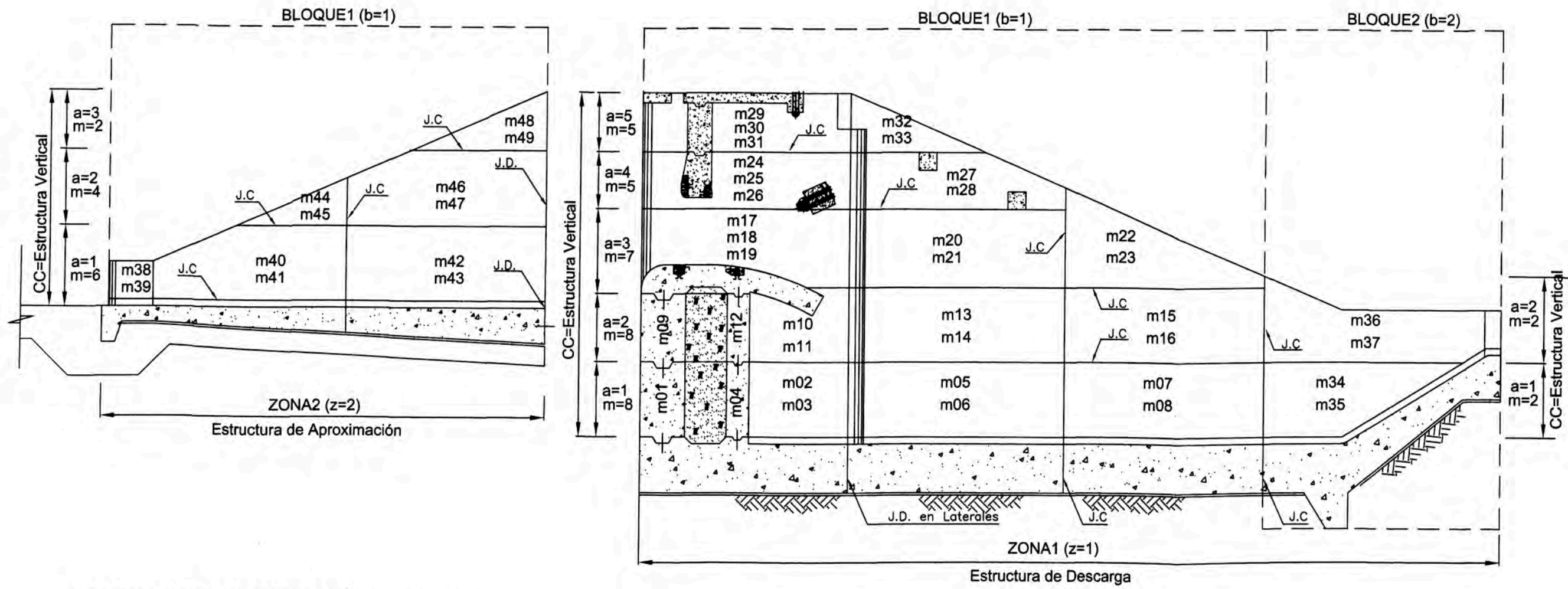
Fecha: Dic. - 2013

Lamina:

CC-CI-02



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Departamento Académico de Construcción	
	Tesis: Planeamiento de la Producción de Procesos Constructivos Aplicando Modelos nDimensionales	
Plano: CC Excavación - Flujo movimiento tierras		Lamina: CC-EX-01
Tesista: Bach. Ballena Rojas, Daniel Hugo		
Diseño: D.H.B.R.	Escala: s/e	Fecha: Dic. - 2013



CADENA DE CONSTRUCCIÓN - ESTRUCTURA VERTICAL

DIVISIÓN ESPACIAL

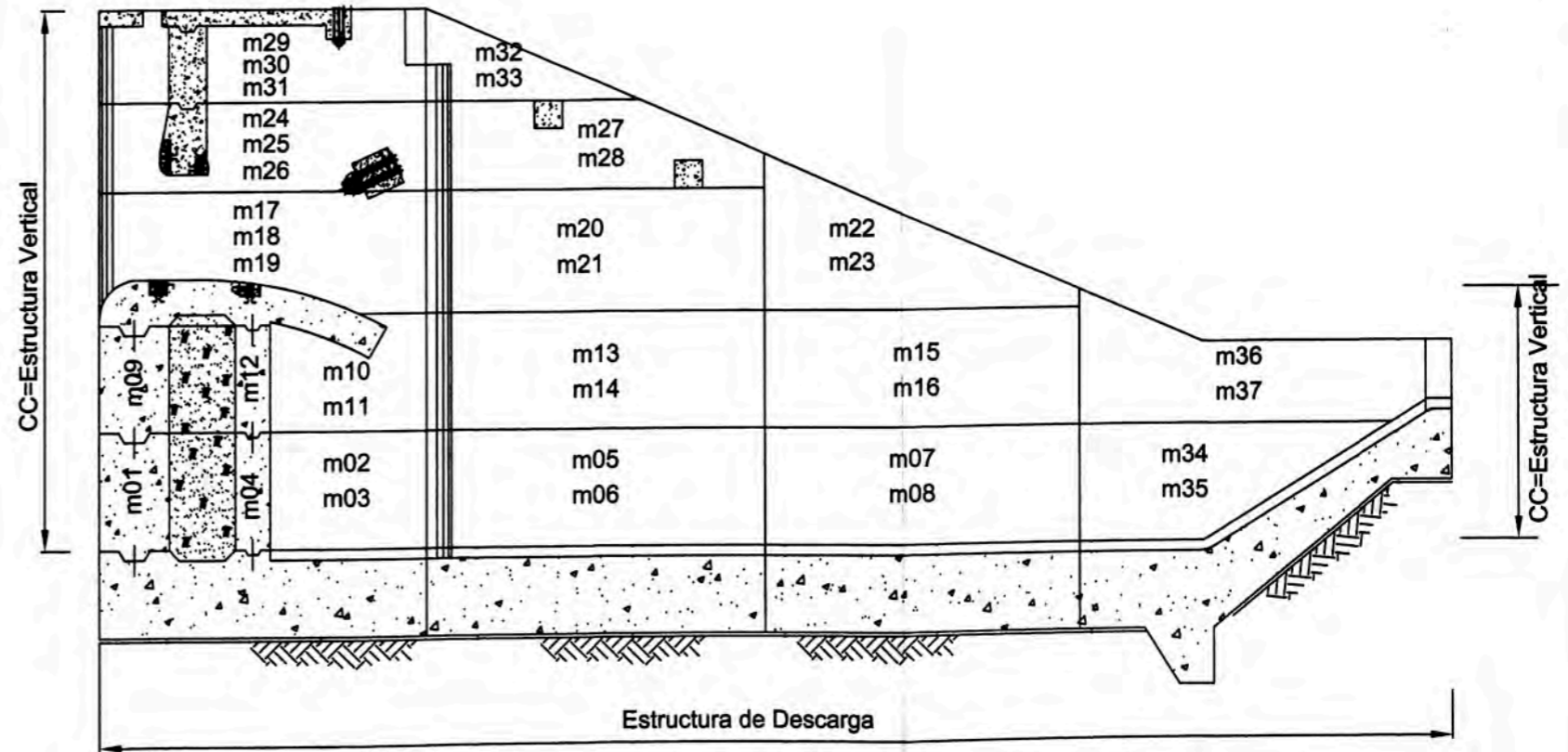
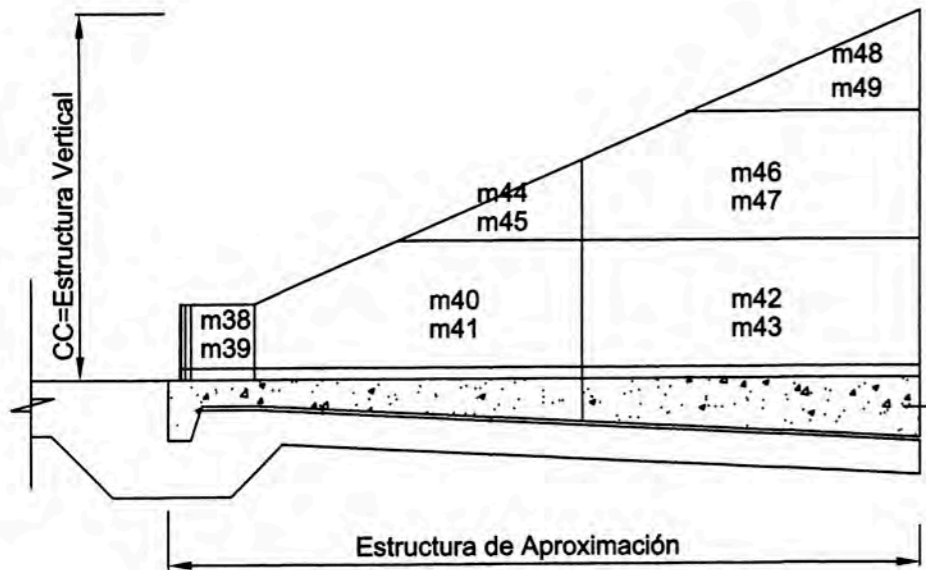
CC=Estructura Vertical	División Espacial		
	z=1		
	a \ b	b=1	b=2
a=1	m=8	m=2	
a=2	m=8	m=2	
a=3	m=7	--	
a=4	m=5	--	
a=5	m=5	--	

CC=Estructura Vertical	Div. Espacial	
	z=2	
	a \ b	b=1
a=1	m=6	
a=2	m=4	
a=3	m=2	

Nota:
Una elección de las variables de divisiones espaciales, dependerá de las restricciones constructivas, de rendimiento o limitaciones por el entorno adyacente al objeto u otros.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Departamento Académico de Construcción		
	Tesis: Planeamiento de la Producción de Procesos Constructivos Aplicando Modelos nDimensionales		
	Plano: CC Estructura Vertical - División Espacial	Lamina:	
	Tesisista: Bach. Ballena Rojas, Daniel Hugo		
	Diseño: D.H.B.R.	Escala: 1/200	Fecha: Dic. - 2013

CC-EV-01



CADENA DE CONSTRUCCIÓN - ESTRUCTURA VERTICAL

VOLUMEN EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN m

n	Descripción n	Unidad	m01	m02	m03	m04	m05	m06	m07	m08	m09	m10	m11	m12	m13	m14	m15	m16	m17	m18	m19	m20	m21	m22	m23
1	Acero de refuerzo	Kg	9,578.1	7,095.2	7,095.2	5,341.4	6,684.8	6,684.8	4,487.1	4,487.1	9,089.3	6,747.8	6,747.8	5,172.2	6,280.1	6,280.1	4,487.1	4,487.1	8,196.7	5,697.7	8,196.7	6,130.4	6,130.4	3,348.6	3,348.6
2	Encofrado metalico	m2	105.8	66.4	66.4	78.9	74.0	74.0	70.2	70.2	89.9	76.7	76.7	78.9	73.2	73.2	71.4	71.4	104.3	186.0	104.3	75.1	75.1	46.1	46.1
3	Juntas water stop	m	23.8	12.5	12.5	17.7	12.4	12.4	12.5	12.5	22.9	11.4	11.4	17.6	12.4	12.4	12.5	12.5	13.1	8.7	13.1	12.5	12.5	27.3	27.3
4	Concreto estructural	m3	78.1	57.9	57.9	43.6	54.5	54.5	36.6	36.6	74.1	55.0	55.0	42.2	51.2	51.2	36.6	36.6	66.8	46.5	66.8	50.0	50.0	46.1	46.1
5	Desencofrado	m2	105.8	66.4	66.4	78.9	74.0	74.0	70.2	70.2	89.9	76.7	76.7	78.9	73.2	73.2	71.4	71.4	104.3	186.0	104.3	75.1	75.1	46.1	46.1

n	Descripción n	Unidad	m24	m25	m26	m27	m28	m29	m30	m31	m32	m33	m34	m35	m36	m37	m38	m39	m40	m41	m42	m43	m44
1	Acero de refuerzo	Kg	5,666.2	4,156.9	5,666.2	3,741.1	3,741.1	4,686.4	3,281.2	4,686.4	1,237.6	1,237.6	3,103.5	3,103.5	4,399.7	4,399.7	584.3	584.3	2,872.5	2,872.5	5,284.2	5,284.2	640.1
2	Encofrado metalico	m2	75.7	77.1	75.7	45.6	45.6	65.8	62.8	65.8	12.7	12.7	50.8	50.8	69.7	69.7	16.9	16.9	55.5	55.5	70.4	70.4	10.4
3	Juntas water stop	m	12.2	8.7	12.2	6.4	6.4	11.8	7.4	11.8			9.9	9.9					4.9	4.9	12.4	12.4	
4	Concreto estructural	m3	46.2	33.9	46.2	30.5	30.5	38.2	26.8	38.2	10.1	10.1	25.3	25.3	35.9	35.9	4.8	4.8	23.4	23.4	43.1	43.1	5.2
5	Desencofrado	m2	75.7	77.1	75.7	45.6	45.6	65.8	62.8	65.8	12.7	12.7	50.8	50.8	69.7	69.7	16.9	16.9	55.5	55.5	70.4	70.4	10.4

n	Descripción n	Unidad	m45	m46	m47	m48	m49	P
1	Acero de refuerzo	Kg	640.1	5,102.6	5,102.6	1,531.6	1,531.6	226,931.4
2	Encofrado metalico	m2	10.4	64.3	64.3	16.2	16.2	3,102.0
3	Juntas water stop	m		8.2	8.2			435.9
4	Concreto estructural	m3	5.2	41.6	41.6	12.5	12.5	1,850.1
5	Desencofrado	m2	10.4	64.3	64.3	16.2	16.2	3,102.0



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Departamento Académico de Construcción

Tesis: Planeamiento de la Producción de Procesos Constructivos Aplicando Modelos nDimensionales

Plano: CC Estructura Vertical - Volumenes

Tesista: Bach. Ballena Rojas, Daniel Hugo

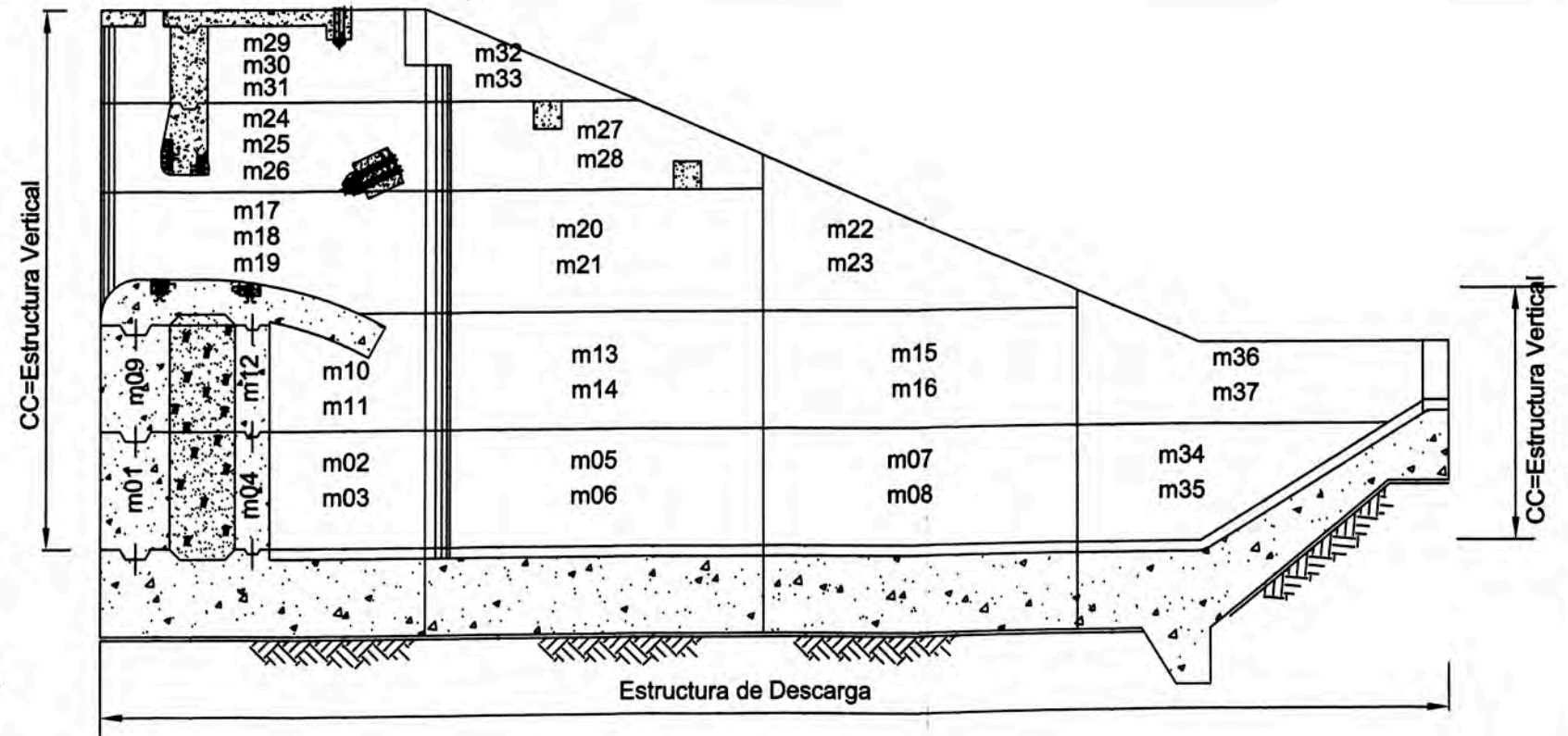
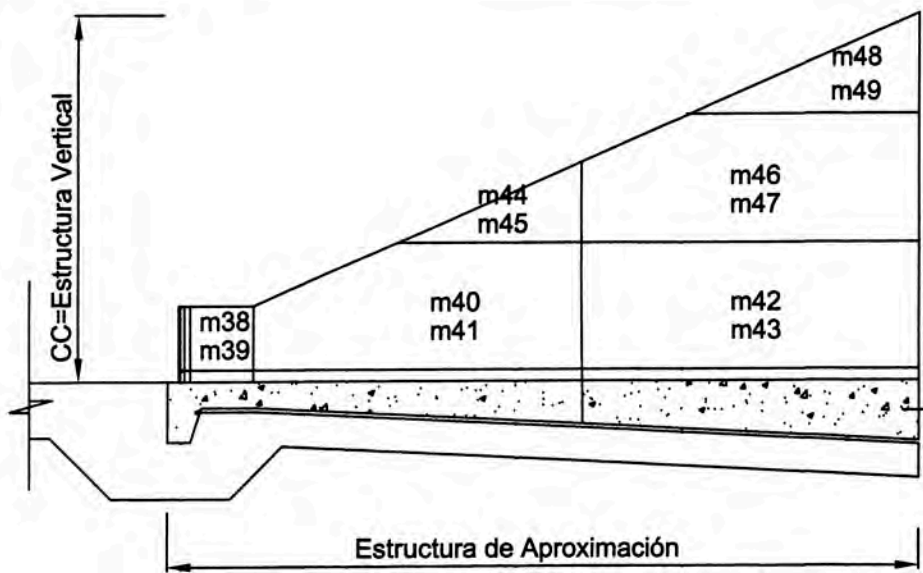
Diseño: D.H.B.R.

Escala: 1/200

Fecha: Dic. - 2013

Lamina:

CC-EV-02



**CADENA DE CONSTRUCCIÓN - ESTRUCTURA VERTICAL
NORMAL TECNOLÓGICA**

n	Descripción n	Unidad	P	CUADRILLA UNITARIA REFERENCIAL										REDISEÑO DE CUADRILLA UNITARIA															
				Composición cuadrilla						S	D	N	S	D	Composición cuadrilla						K1	K2	K3	K4	K5				
				PEO	OFI	OPE	VOL	CAR	RET						EXC	PEO	OFI	OPE	VOL	CAR						RET	EXC		
1	Acero de refuerzo	Kg	226,931.4	1	2	2					600	378	8	4,800.0	47	8	16	16							2.00	1.50	1.50	1.00	1.50
2	Encofrado metalico	m2	3,102.0	1	2	2					25	124	2	50.0	62	2	4	4							2.00	1.50	1.50	2.00	1.50
3	Juntas water stop	m	435.9	1	1	1					10	44	2	20.0	22	2	2	2							2.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4	Concreto estructural	m3	1,850.1	1	1	2					60	31	1	60.0	31	1	1	2							1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	Desencofrado	m2	3,102.0	2	1	2					40	78	2	80.0	39	4	2	4							1.50	1.00	1.00	1.00	1.00

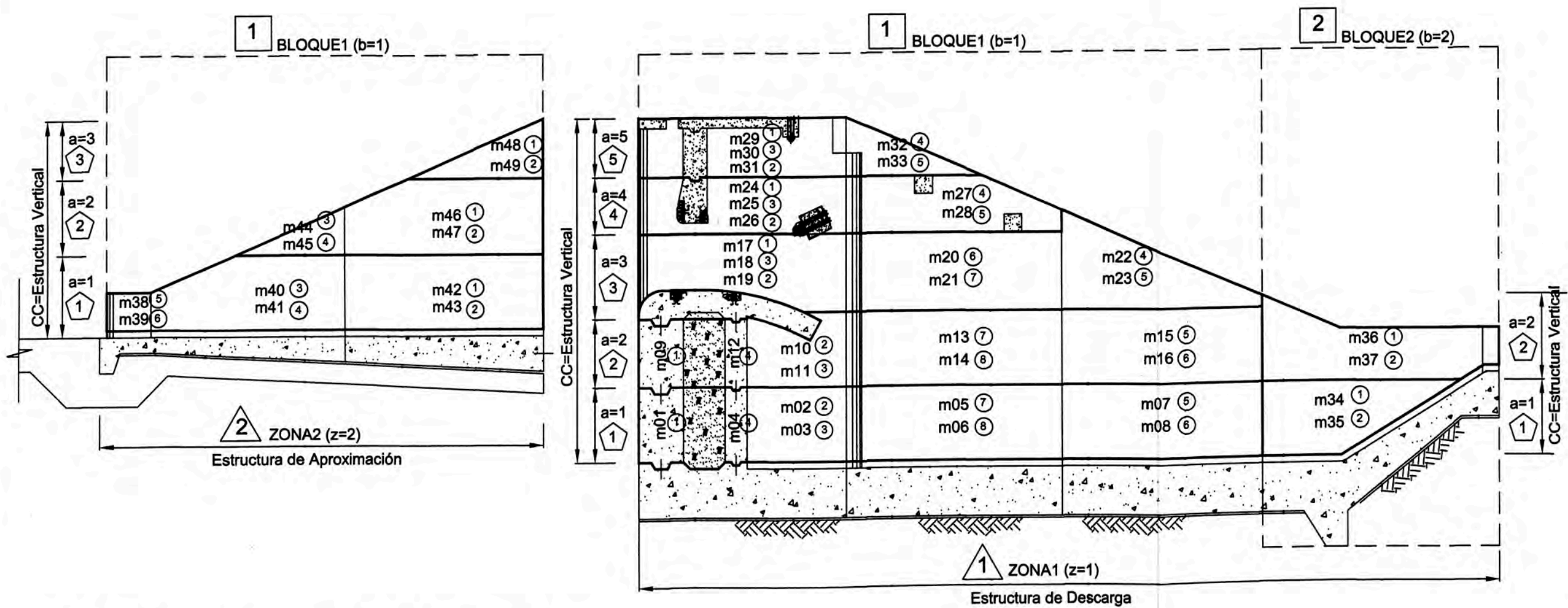
n	Descripción n	Unidad	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21	K22	K23	K24	K25	K26	K27	K28
1	Acero de refuerzo	Kg	1.50	1.00	1.00	2.00	1.50	1.50	1.00	1.50	1.50	1.00	1.00	2.50	1.50	2.50	2.00	2.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
2	Encofrado metalico	m2	1.50	1.50	1.50	2.00	2.00	2.00	2.00	1.50	1.50	1.50	1.50	3.00	4.00	3.00	2.00	2.00	1.50	1.50	2.50	2.50	2.50	2.00	2.00
3	Juntas water stop	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	-	-	1.00	0.50	1.00	0.50	0.50
4	Concreto estructural	m3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	0.50
5	Desencofrado	m2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	2.50	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

n	Descripción n	Unidad	K29	K30	K31	K32	K33	K34	K35	K36	K37	K38	K39	K40
1	Acero de refuerzo	Kg	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	1.00
2	Encofrado metalico	m2	2.50	2.50	2.50	1.50	1.50	1.00	1.00	1.50	1.50	0.50	0.50	1.00
3	Juntas water stop	m	1.00	1.00	1.00	-	-	0.50	0.50	-	-	-	-	0.50
4	Concreto estructural	m3	1.00	0.50	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50
5	Desencofrado	m2	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.75	0.75	1.00	1.00	0.30	0.30	0.70

n	Descripción n	Unidad	K41	K42	K43	K44	K45	K46	K47	K48	K49
1	Acero de refuerzo	Kg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.00	1.00
2	Encofrado metalico	m2	1.00	1.50	1.50	1.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00
3	Juntas water stop	m	0.50	1.00	1.00	-	-	0.50	0.50	-	-
4	Concreto estructural	m3	0.50	1.00	1.00	0.50	0.50	1.00	1.00	0.50	0.50
5	Desencofrado	m2	0.70	1.00	1.00	0.30	0.30	1.00	1.00	0.30	0.30

Nota:
 Por restricciones de altura (maniobrabilidad de andamios y seguridad) se adicióno los siguientes:
 -Se adicióno 0.5días a cada proceso de acero en cada unidad m, a partir del nivel a=3
 -Se adicióno 0.5días a cada encofrado del nivel a=3
 -Se adicióno 1días a cada encofrado del nivel a=4 y a=5

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Departamento Academico de Construcción	
	Tesis: Planeamiento de la Producción de Procesos Constructivos Aplicando Modelos nDimensionales	
	Plano: CC Estructura Vertical - Normal Tecnológica	Lamina: CC-EV-03
	Tesista: Bach. Ballena Rojas, Daniel Hugo	
	Diseño: D.H.B.R.	Escala: 1/200
Fecha: Dic. - 2013		



CADENA DE CONSTRUCCIÓN - ESTRUCTURA VERTICAL

SECUENCIA ESPACIAL

- △ Secuencia Espacial de la zona z
- Secuencia Espacial del bloque b, en la zona z
- ◇ Secuencia Espacial del nivel a, en el bloque b
- Secuencia Espacial de unidades m, en el nivel a

Nota:

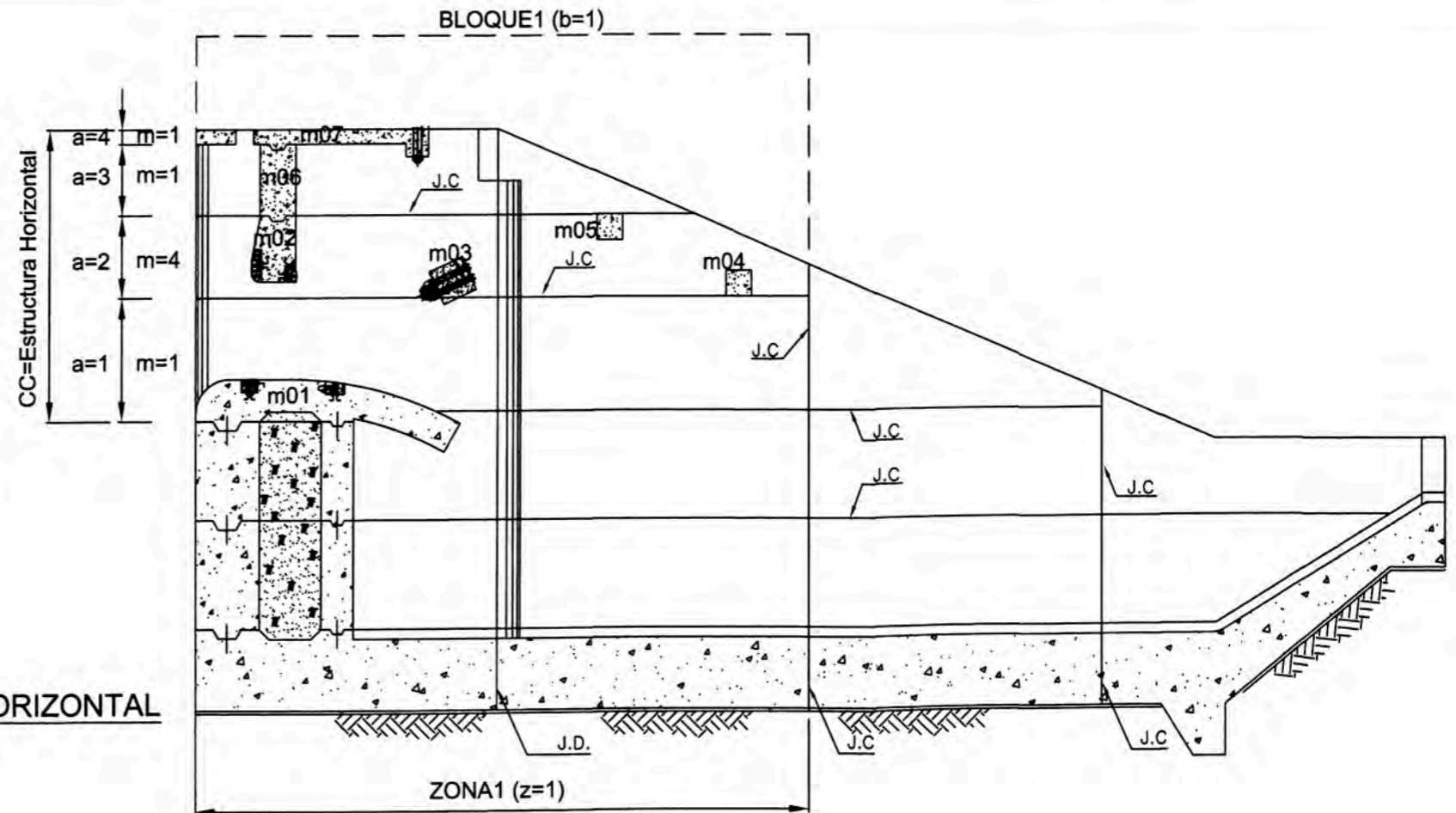
- Es el identificador de secuencia espacial u orden de desarrollo, elegido según restricciones constructivas.

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Departamento Académico de Construcción	
		Tesis: Planeamiento de la Producción de Procesos Constructivos Aplicando Modelos nDimensionales	
Plano: CC Estructura Vertical - Secuencia Espacial		Lamina:	
Tesisista: Bach. Ballena Rojas, Daniel Hugo		CC-EV-04	
Diseño: D.H.B.R.	Escala: 1/200		

CADENA DE CONSTRUCCIÓN - ESTRUCTURA HORIZONTAL

DIVISIÓN ESPACIAL

CC=Estructura Horizontal	División Espacial		
	z=1		
a \ b	b=1	--	
a=1	m=1	--	
a=2	m=4	--	
a=3	m=1	--	
a=4	m=1	--	



VOLUMEN DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN m

n	Descripción n	Unidad	m01	m02	m03	m04	m05	m06	m07	P
1	Acero de refuerzo	Kg	4,979.9	1,455.7	812.5	549.5	514.2	1,365.4	4,269.7	13,946.9
2	Encofrado metalico	m2	66.3	35.0	16.6	16.8	15.7	22.7	59.7	232.8
3	Juntas water stop	m		4.6				4.6		9.2
4	Colocación pernos y anclajes	Kg	50.0	70.0	100.0				60.0	280.0
5	Concreto estructural	m3	40.6	11.9	6.6	4.5	4.2	11.1	34.8	113.7
6	Desencofrado	m2	66.3	35.0	16.6	16.8	15.7	22.7	59.7	232.8

Nota:

Una elección de las variables de divisiones espaciales, dependerá de las restricciones constructivas, de rendimiento o limitaciones por el entorno adyacente al objeto u otros.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Departamento Académico de Construcción

Tesis: Planeamiento de la Producción de Procesos Constructivos Aplicando Modelos nDimensionales

Plano: CC Estructura Horizontal - División Espacial y Volúmenes

Tesista: Bach. Ballena Rojas, Daniel Hugo

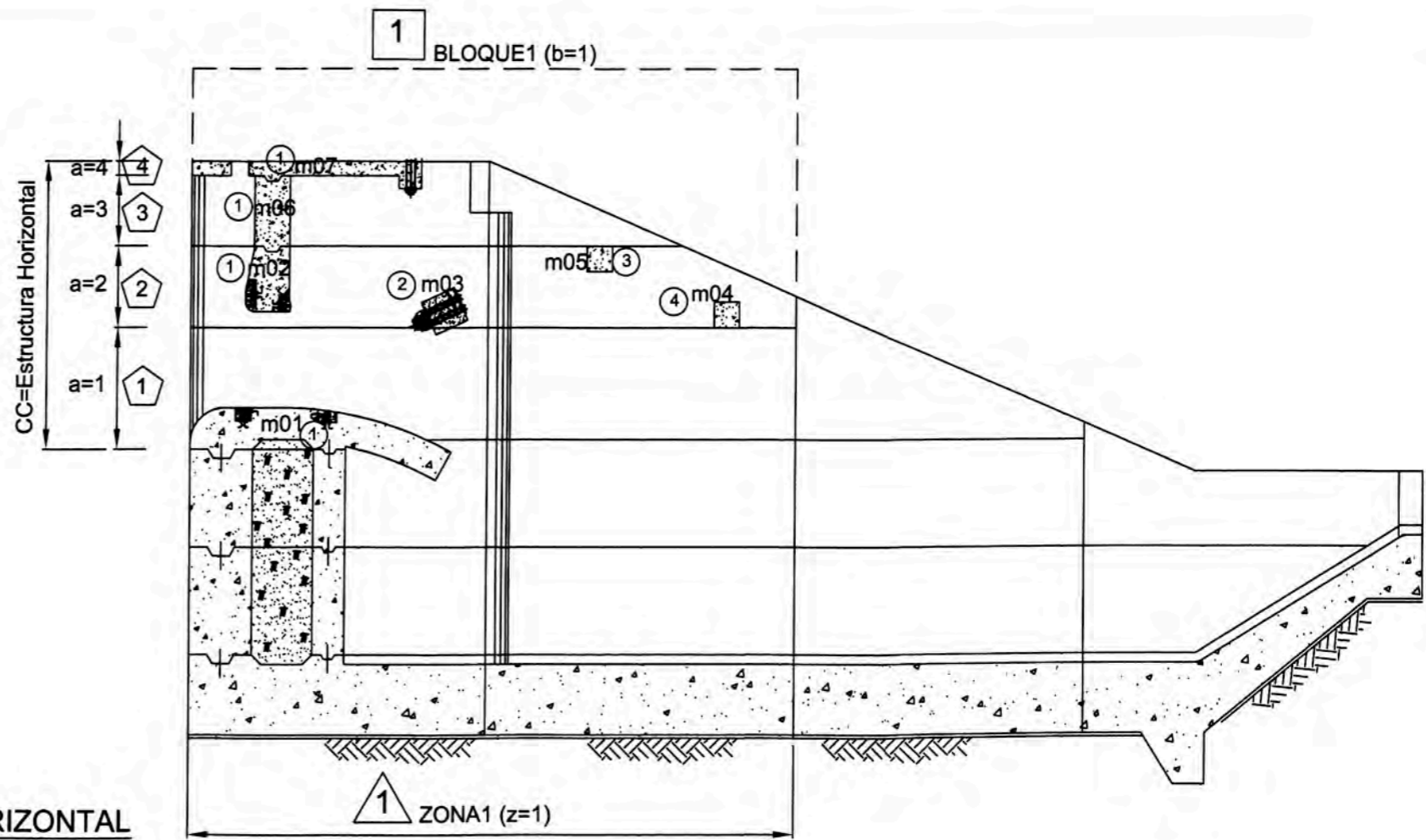
Diseño: D.H.B.R.

Escala: 1/200

Fecha: Dic. - 2013

Lamina:

CC-EH-01



CADENA DE CONSTRUCCIÓN - ESTRUCTURA HORIZONTAL

NORMAL TECNOLÓGICA

n	Descripción n	Unidad	P	CUADRILLA UNITARIA REFERENCIAL					REDISEÑO DE CUADRILLA UNITARIA												
				Composición cuadrilla			S	D	N	S	D	Composición cuadrilla			K01	K02	K03	K04	K05	K06	K07
				PEO	OFI	OPE						PEO	OFI	OPE							
1	Acero de refuerzo	Kg	13,946.9	1	2	2	600	23	8	4,800.0	3	8	16	16	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00	2.00	1.50
2	Encofrado metalico	m2	232.8	1	2	2	25	9	2	50.0	5	2	4	4	1.50	1.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
3	Juntas water stop	m	9.2	1	1	1	10	1	2	20.0	0	2	2	2	-	0.25	-	-	-	0.25	-
4	Colocación pernos y anclajes	Kg	280.0		1	2	80	4	1	80.0	4		1	2	1.00	1.00	1.00	-	-	-	1.00
5	Concreto estructural	m3	113.7	1	1	2	60	2	1	60.0	2	1	1	2	0.50	0.20	0.10	0.10	0.10	0.20	0.50
6	Desencofrado	m2	232.8	2	1	2	40	6	2	80.0	3	4	2	4	1.00	0.50	0.25	0.25	0.25	0.25	1.00

SECUENCIA ESPACIAL

- △ Secuencia Espacial de la zona z
- Secuencia Espacial del bloque b, en la zona z
- ◇ Secuencia Espacial del nivel a, en el bloque b
- Secuencia Espacial de unidades m, en el nivel a

Nota:

"o" Es el identificador de secuencia espacial u orden de desarrollo, elegido según restricciones constructivas.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Departamento Académico de Construcción

Tesis: Planeamiento de la Producción de Procesos Constructivos Aplicando Modelos nDimensionales

Plano: CC Estructura Horizontal - Normal Tecnológica y Secuencia Espacial

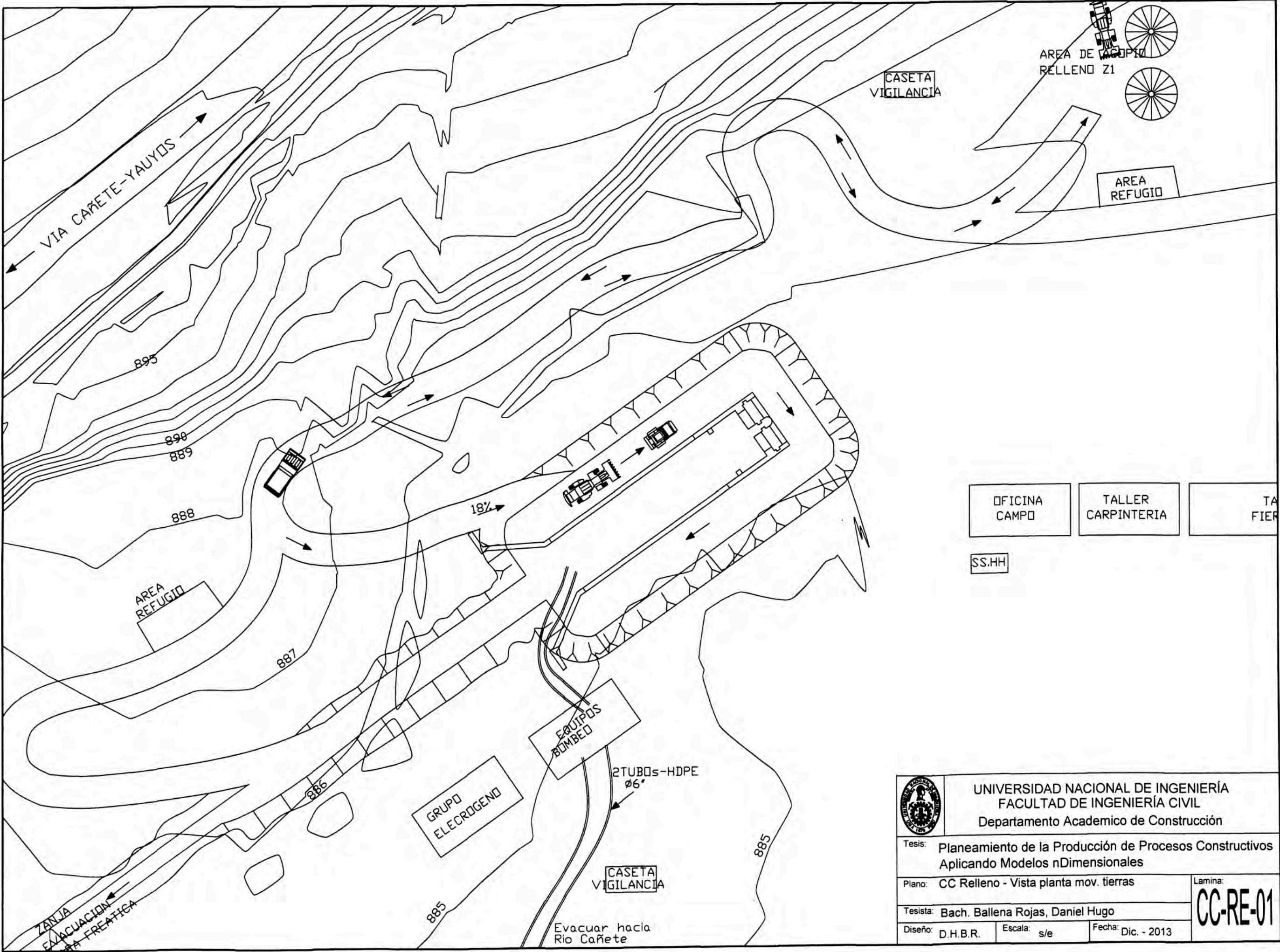
Tesista: Bach. Ballena Rojas, Daniel Hugo

Diseño: D.H.B.R.

Escala: 1/200

Fecha: Dic. - 2013

Lamina:
CC-EH-02



OFICINA CAMPO	TALLER CARPINTERIA	TALLER FERRETERIA
------------------	-----------------------	----------------------

SS.HH



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Departamento Académico de Construcción

Tesis: Planeamiento de la Producción de Procesos Constructivos
Aplicando Modelos nDimensionales

Plano: CC Relleno - Vista planta mov. tierras Lamina: CC-RE-01

Tesista: Bach. Ballena Rojas, Daniel Hugo

Diseño: D.H.B.R. Escala: s/e Fecha: Dic. - 2013

Evacuar hacia
Rio Cafete

Id. Franja	e.(m)	Cota	Area(m2)	material esponjado	Vol. Transporte (m3)	n1: Colocación material		n2: Nivelación				n3: Compactación		t. ciclo (h.)	Grupo jornada
						t. colocación	t. retiro	t. esparcido	t. nivelación manual	t. riego	t. espera	t. compactado	t. ensayo		
1	0.15	874.85	170.0	1.20	30.6	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	4.80	-	0.72	
2	0.15	875.00	180.0	1.20	32.4	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	5.08	-	0.73	
3	0.15	875.15	189.1	1.20	34.0	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	5.34	15.00	0.98	
4	0.15	875.30	203.2	1.20	36.6	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	5.74	-	0.74	
5	0.15	875.45	217.3	1.20	39.1	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	6.13	-	0.74	
6	0.15	875.60	231.4	1.20	41.6	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	6.53	15.00	1.00	
7	0.15	875.75	245.4	1.20	44.2	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	6.93	-	0.76	
8	0.15	875.90	259.5	1.20	46.7	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	7.33	-	0.76	
9	0.15	876.05	273.6	1.20	49.2	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	7.72	15.00	1.02	
10	0.15	876.20	287.6	1.20	51.8	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	8.12	-	0.78	1.0
11	0.15	876.35	301.7	1.20	54.3	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	8.52	-	0.78	
12	0.15	876.50	315.8	1.20	56.8	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	8.92	15.00	1.04	
13	0.15	876.65	329.8	1.20	59.4	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	9.31	-	0.80	
14	0.15	876.80	343.9	1.20	61.9	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	9.71	-	0.80	
15	0.15	876.95	358.0	1.20	64.4	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	10.11	15.00	1.06	
16	0.15	877.10	372.1	1.20	67.0	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	10.50	-	0.82	
17	0.15	877.25	386.1	1.20	69.5	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	10.90	-	0.82	
18	0.15	877.40	400.2	1.20	72.0	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	11.30	15.00	1.08	
19	0.15	877.55	414.3	1.20	74.6	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	11.70	-	0.84	1.0
20	0.15	877.70	428.3	1.20	77.1	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	12.09	-	0.84	
21	0.15	877.85	442.4	1.20	79.6	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	12.49	15.00	1.10	
22	0.15	878.00	456.5	1.20	82.2	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	12.89	-	0.86	
23	0.15	878.15	470.5	1.20	84.7	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	13.29	-	0.86	
24	0.15	878.30	484.6	1.20	87.2	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	13.68	15.00	1.12	
25	0.15	878.45	498.7	1.20	89.8	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	14.08	-	0.88	
26	0.15	878.60	512.8	1.20	92.3	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	14.48	-	0.88	
27	0.15	878.75	526.8	1.20	94.8	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	14.87	15.00	1.14	
28	0.15	878.90	540.9	1.20	97.4	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	15.27	-	0.90	1.0
29	0.15	879.05	555.0	1.20	99.9	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	15.67	-	0.90	
30	0.15	879.20	569.0	1.20	102.4	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	16.07	15.00	1.16	
31	0.15	879.35	583.1	1.20	105.0	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	16.46	-	0.92	
32	0.15	879.50	597.2	1.20	107.5	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	16.86	-	0.92	
33	0.15	879.65	611.2	1.20	110.0	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	17.26	15.00	1.18	
34	0.15	879.80	625.3	1.20	112.6	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	17.66	-	0.94	
35	0.15	879.95	639.4	1.20	115.1	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	18.05	-	0.94	
36	0.15	880.10	653.5	1.20	117.6	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	18.45	15.00	1.20	1.0
37	0.15	880.25	667.5	1.20	120.2	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	18.85	-	0.96	
38	0.15	880.40	681.6	1.20	122.7	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	19.24	-	0.96	
39	0.15	880.55	695.7	1.20	125.2	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	19.64	15.00	1.22	
40	0.15	880.70	709.7	1.20	127.8	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	20.04	-	0.98	
41	0.15	880.85	723.8	1.20	130.3	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	20.44	-	0.98	
42	0.15	881.00	737.9	1.20	132.8	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	20.83	15.00	1.24	
43	0.15	881.15	751.9	1.20	135.3	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	21.23	-	1.00	
44	0.15	881.30	766.0	1.20	137.9	5.0	1.5	10.0	15.0	5.0	2.0	21.63	-	1.00	1.0

3,673.5	220.0	440.0	660.0		88.0	576.2	41.3
m3.						h.	

CADENA DE CONSTRUCCIÓN - RELLENO

VOLUMEN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Departamento Académico de Construcción

Tesis: Planeamiento de la Producción de Procesos Constructivos Aplicando Modelos nDimensionales

Plano: CC Relleno - Volumenes

Lamina:

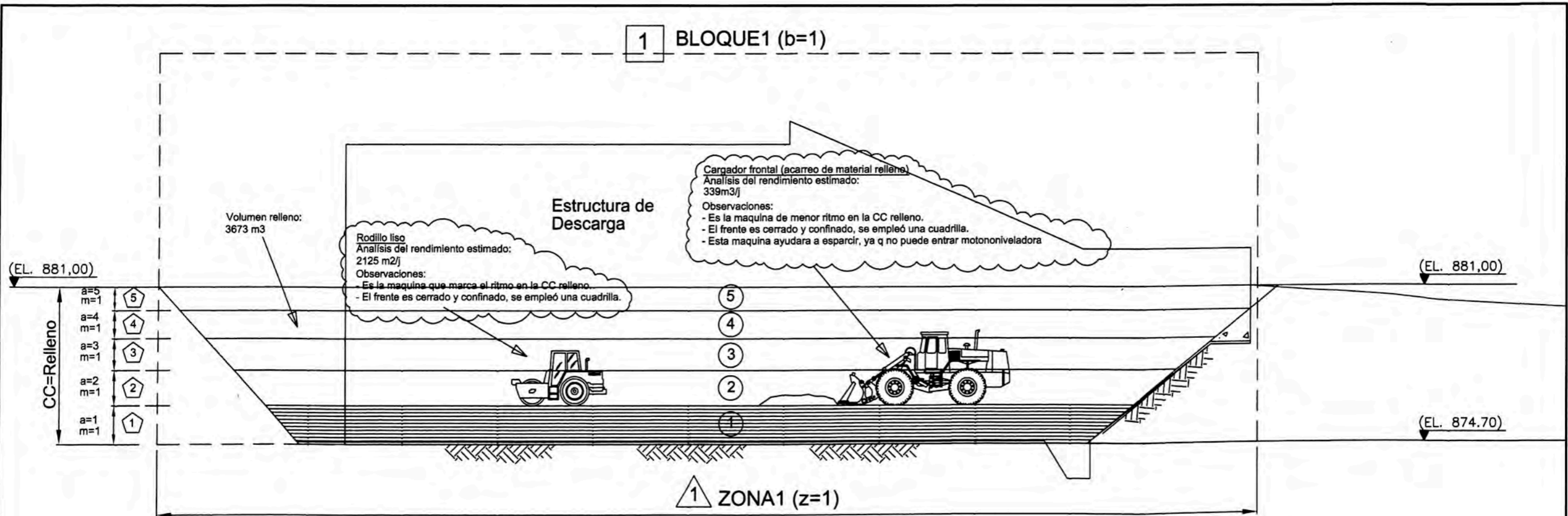
CC-RE-02

Tesista: Bach. Ballena Rojas, Daniel Hugo

Diseño: D.H.B.R.

Escala: s/e

Fecha: Dic. - 2013



CADENA DE CONSTRUCCIÓN - RELLENO

DIVISIÓN ESPACIAL

CC=Relleno	División Espacial		n	Descripción n	Unidad	m01	m02	m03	m04	m05	P
	a	b									
z=1	a=1	b=1	1	Colocación material	m3	406.3	579.9	785.1	870.1	1,032.1	3,673.5
			2	Nivelación	m3	406.3	579.9	785.1	870.1	1,032.1	3,673.5
			3	Compactación e=15cm	m3	406.3	579.9	785.1	870.1	1,032.1	3,673.5

NORMAL TECNOLÓGICA

n	Descripción n	Unidad	P	CUADRILLA UNITARIA REFERENCIAL					REDISEÑO DE CUADRILLA UNITARIA										
				Composición cuadrilla					N	Composición cuadrilla					K01	K02	K03	K04	K05
				PEO	OPE	VOL	CAR	ROD		PEO	OPE	VOL	CAR	ROD					
1	Colocación material	m3	3,673.5	1	2	1	1		1	1	2	1	1		0.13	0.12	0.11	0.11	0.10
2	Nivelación	m3	3,673.5	5	1		1		1	5	1		1		0.65	0.60	0.56	0.52	0.51
3	Compactación e=15cm	m3	3,673.5		1			1	1		1		1		0.22	0.28	0.33	0.37	0.38

SECUENCIA ESPACIAL

- △ Secuencia Espacial de la zona z
- ◊ Secuencia Espacial del nivel a, dentro de bloque b
- Secuencia Espacial del bloque b, dentro de zona z
- Secuencia Espacial de unidades m, dentro de nivel a

Nota: "o", es el identificador de secuencia espacial u orden de desarrollo elegido segun restricciones constructivas.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 Departamento Academico de Construcción

Tesis: Planeamiento de la Producción de Procesos Constructivos Aplicando Modelos nDimensionales

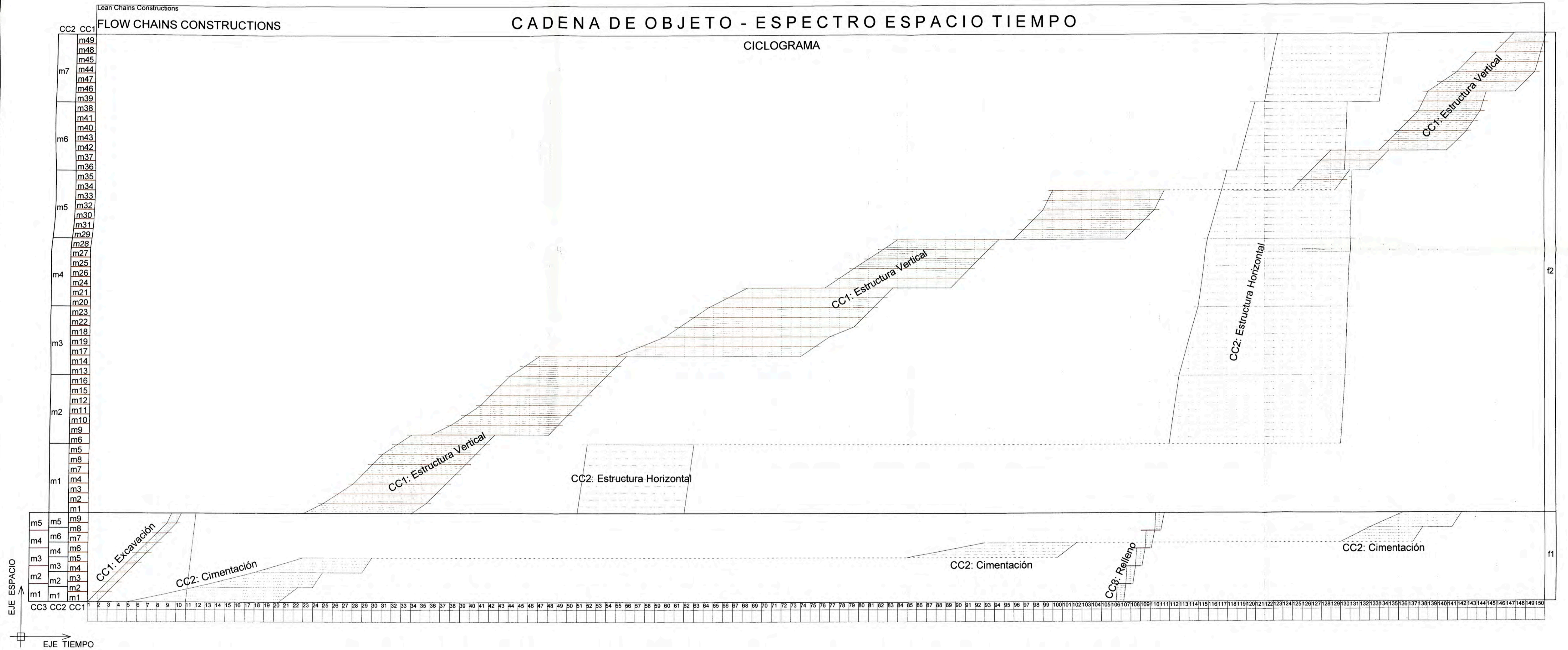
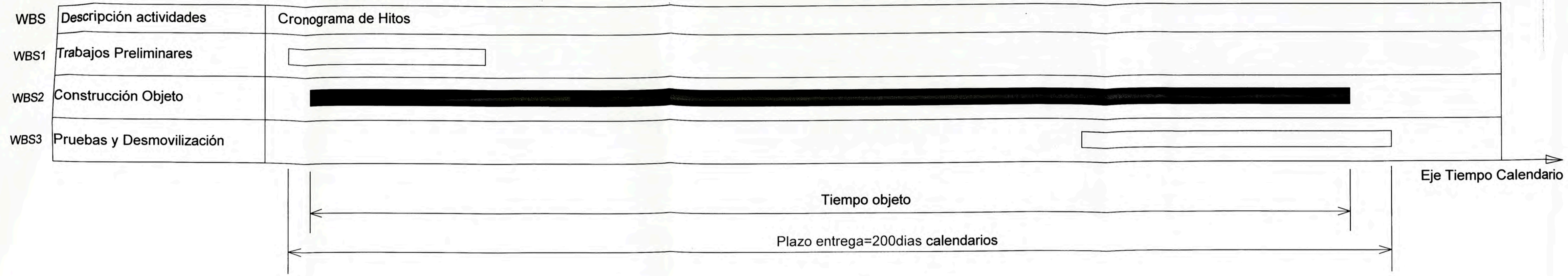
Plano: CC Relleno - División Espacial, Volumenes, Normal Tecnológica y Secuencia Espacial

Tesista: Bach. Ballena Rojas, Daniel Hugo

Diseño: D.H.B.R. Escala: s/e Fecha: Dic. - 2013

Lamina: **CC-RE-03**

CONSTRUCCIÓN DE OBJETO : ESTRUCTURA DE DESCARGA - OBRAS DE RESTITUCIÓN CENTRAL HIDROELÉCTRICA EL PLATANAL



Leyenda:

f1: fase1= Infraestructura
f2: fase2= Superestructura
CC: Cadena de Construcción
m: Unidad de producción

Calculos estimados de tiempo:

Tiempo productivo : 150 días

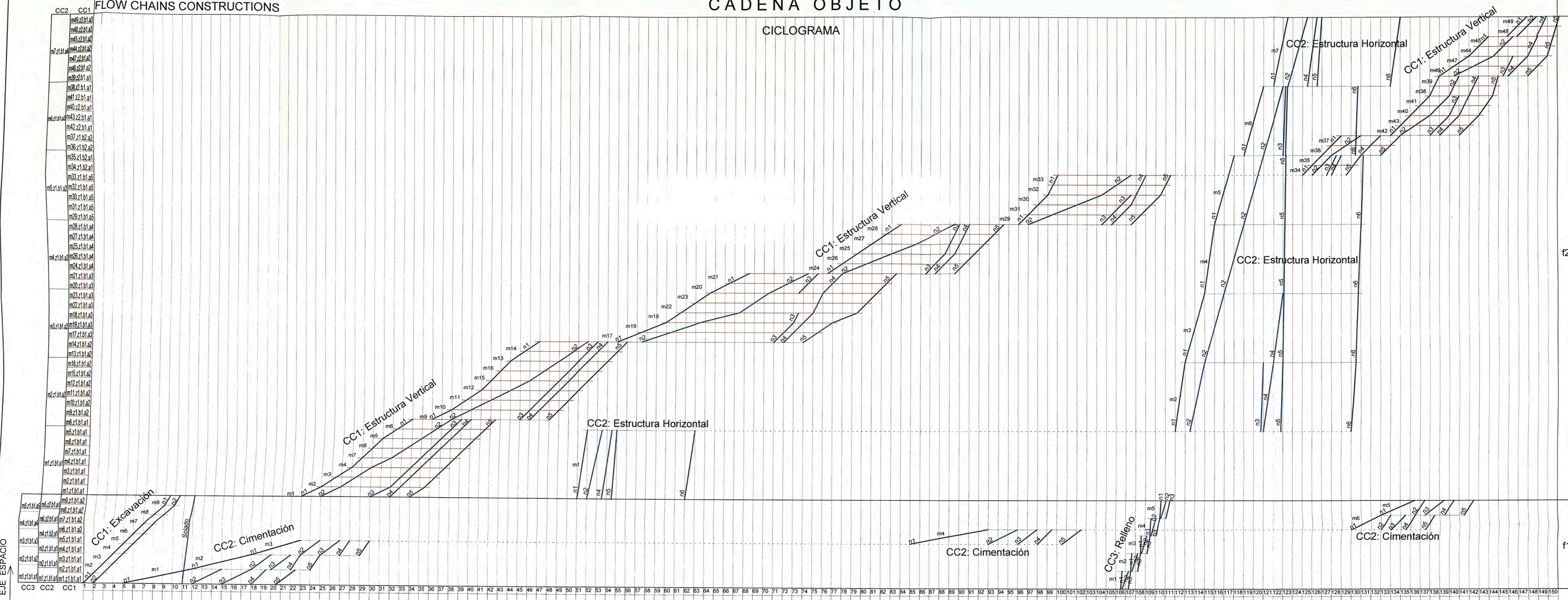
Tiempo calendario : 1.2 x 150días = 180 días calendario

Tiempo reserva : 15% x 150días ≈ 22 días

Tiempo objeto : Tiempo calendario + Tiempo reserva = (180+22)días = 202 días calendario.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Departamento Académico de Construcción	
Tesis: Planeamiento de la Producción de Procesos Constructivos Aplicando Modelos nDimensionales	
Plano: Cadena de Objeto - Espectro Espacio Tiempo	Lamina: CO-01
Tesisista: Bach. Ballena Rojas, Daniel Hugo	
Diseño: D.H.B.R.	Escala: s/e
Fecha: Dic. - 2013	

Referencia: Alternativa generada desde prototipo de software "DBINCI Lean Chains Constructions" Versión Beta 2013 Release 1. Perú.



LEYENDA

f1	Fase1 : Infraestructura
f2	Fase2: Superestructura

f1	CC1	Cadena de Construcción - Excavación
f1	CC2	Cadena de Construcción - Cimentación
f1	CC3	Cadena de Construcción - Rellenos
f2	CC1	Cadena de Construcción - Estructura Vertical
f2	CC2	Cadena de Construcción - Estructura Horizontal

f1	CC1	n1	Excavación masiva	m3.
		n2	Eliminación	m3.
	CC2	n1	Acero, habilitación y colocación	Kg.
		n2	Encofrado metalico	m2.
		n3	Juntas water stop	m.
CC3	n4	Colocación concreto premezclado	m3.	
	n5	Desencofrado	m2.	
	n1	Transporte y colocación de material	m3.	
f2	CC1	n2	Nivelación y refine	m3.
		n3	Compactación en capas e=15cm	m3.
		n1	Acero, habilitación y colocación	Kg.
	CC2	n2	Encofrado metalico	m2.
		n3	Juntas water stop	m.
n4		Colocación concreto premezclado	m3.	
CC2	n5	Desencofrado	m2.	
	n1	Acero, habilitación y colocación	Kg.	
	n2	Encofrado metalico	m2.	
CC2	n3	Juntas water stop	m.	
	n4	Colocación pernos y anclajes	Kg.	
	n5	Colocación concreto premezclado	m3.	
CC2	n6	Desencofrado	m2.	

cu1 Cuadrilla 1, del proceso n respectivo
 m: División m o unidad de producción m
 z: Identificación de Zona
 b: Identificación de Bloque
 a: Identificación de Nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 Departamento Académico de Construcción

Tesis: Planeamiento de la Producción de Procesos Constructivos Aplicando Modelos nDimensionales

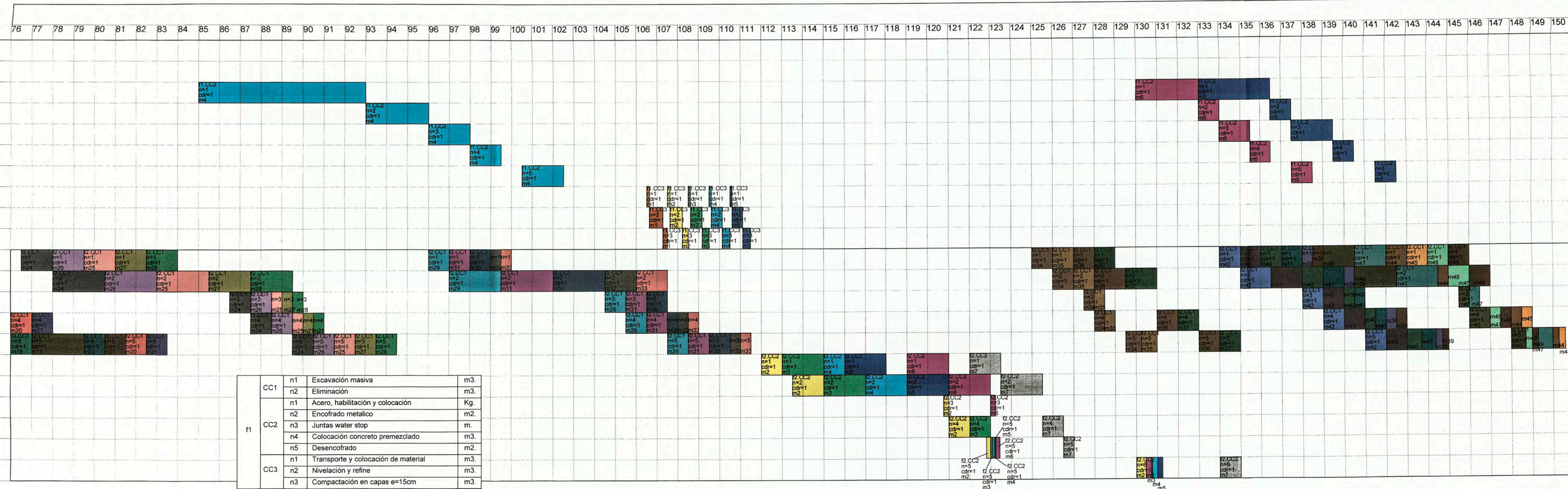
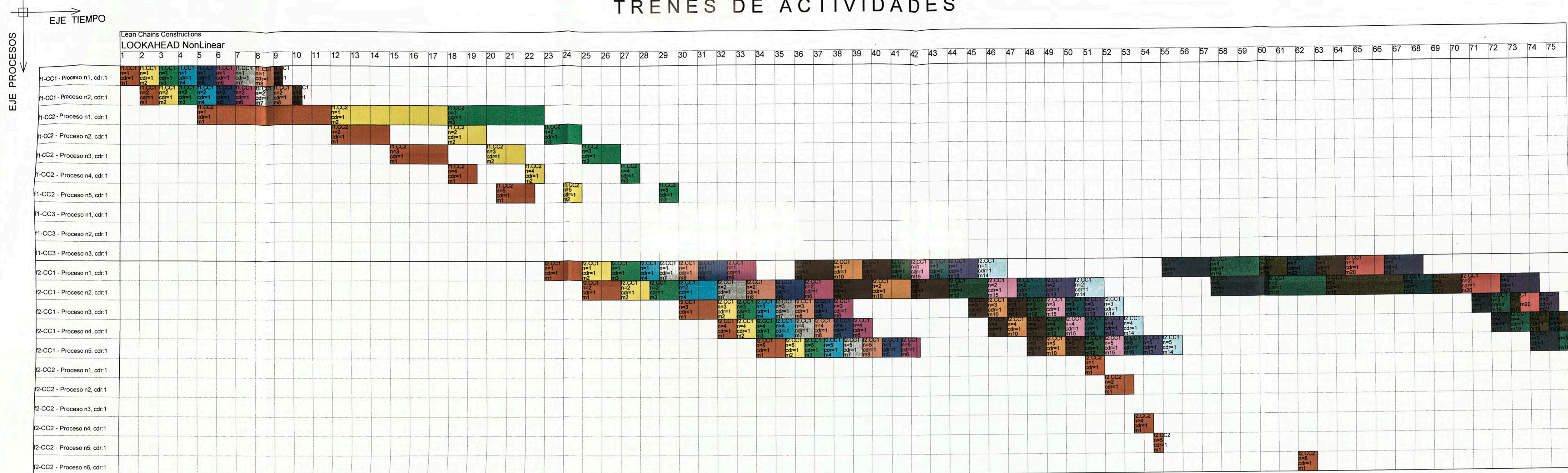
Plano: Cadena de Objeto - Cadenas de Construcción

Tesista: Bach. Ballena Rojas, Daniel Hugo

Diseño: D.H.B.R. Escala: s/e Fecha: Dic. - 2013

Lamina: CO-02

TRENES DE ACTIVIDADES



f1	CC1	n1	Excavación masiva	m3.
		n2	Eliminación	m3.
	CC2	n1	Acero, habilitación y colocación	Kg.
		n2	Encofrado metalico	m2.
		n3	Juntas water stop	m.
CC3	n4	Colocación concreto premezclado	m3.	
	n5	Desencofrado	m2.	
	n6	Desencofrado	m2.	
f2	CC1	n1	Transporte y colocación de material	m3.
		n2	Nivelación y refino	m3.
	CC2	n3	Compactación en capas e=15cm	m3.
		n4	Acero, habilitación y colocación	Kg.
		n5	Encofrado metalico	m2.
CC3	n6	Juntas water stop	m.	
	n7	Colocación concreto premezclado	m3.	
	n8	Desencofrado	m2.	

LEYENDA

f: Fase

CC: Cadena de Construcción.

m: División m o unidad de producción m.

n: Proceso.

cdr: Cuadrilla

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Departamento Academico de Construcción

Tesis: Planeamiento de la Producción de Procesos Constructivos Aplicando Modelos nDimensionales

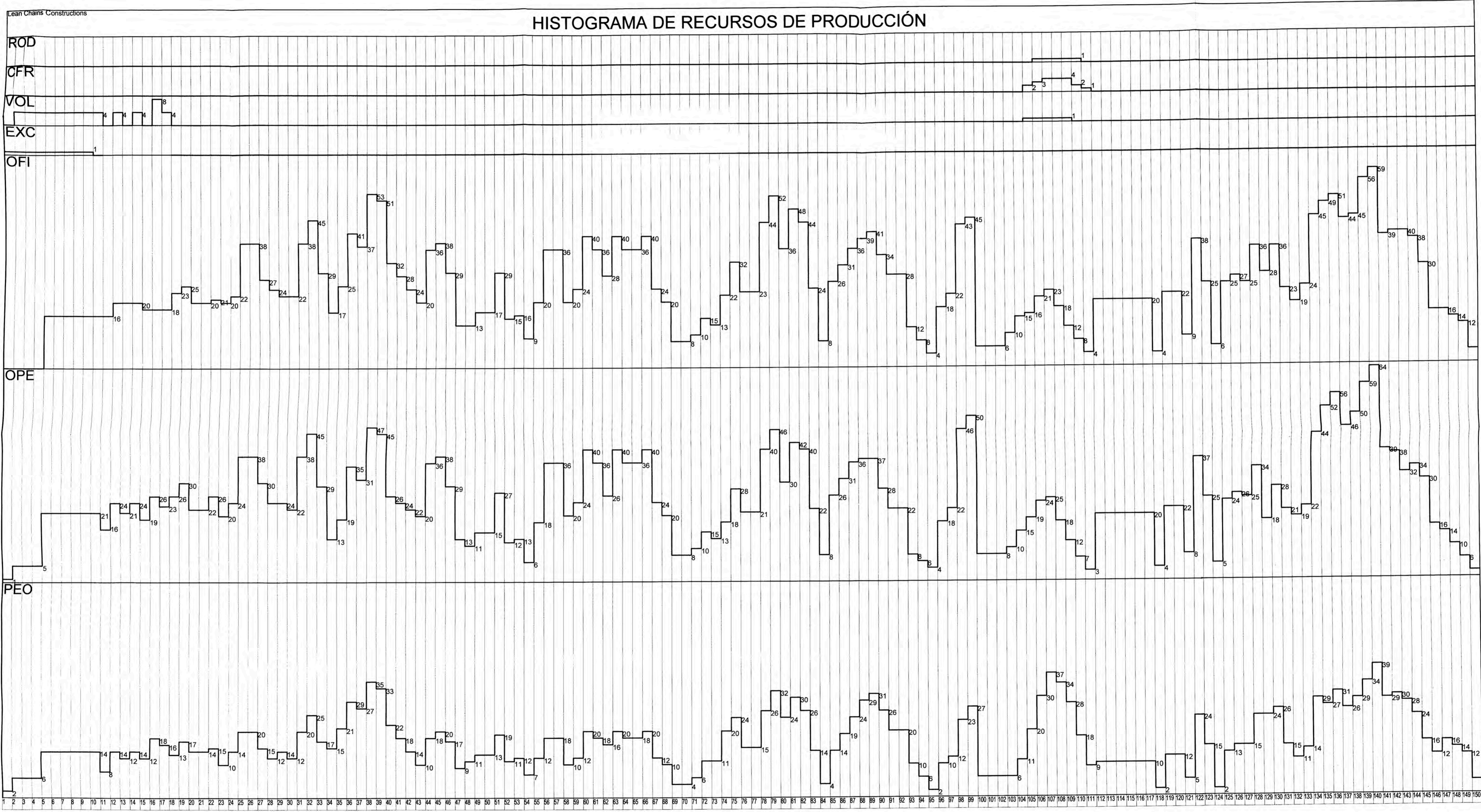
Plano: Cadena de Objeto - Trenes de Actividades

Tesista: Bach. Ballena Rojas, Daniel Hugo

Diseño: D.H.B.R. Escala: s/e Fecha: Dic. - 2013

Lamina: CO-03

Referencia: Alternativa generada desde prototipo de software "DBINCI Lean Chains Constructions" Versión Beta 2013 Release 1. Perú.



Referencia: Alternativa generada desde prototipo de software "DBINCI Lean Chains Constructions" Versión Beta 2013 Release 1. Perú.