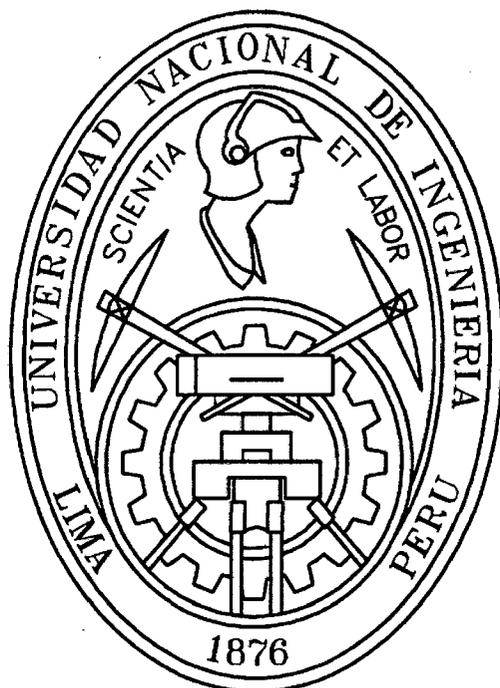


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DEL CONCRETO CON MINI-PLANTA  
INSTALADA EN OBRA (CASO APLICATIVO DE PRODUCCION DE PANELES  
PREFABRICADOS DE CONCRETO)**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**MIGUEL ANGEL TORRES MARINO**

Lima - Perú

2011

**Digitalizado por:**

Consortio Digital del  
Conocimiento MebLatam,  
Hemisferio y Dalse

*“A mis padres por brindarme el apoyo y siempre confiar en mí, a los profesores que marcaron mi carrera y a las personas que realmente me guiaron en el camino para desarrollar este trabajo”.*

## INDICE

<b>RESUMEN</b>	3
<b>LISTA DE TABLAS</b>	5
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	6
<b>INTRODUCCIÓN</b>	11
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES</b>	13
1.1. DEFINICIONES BÁSICAS SOBRE EL CONCRETO	13
1.2. PRODUCTIVIDAD Y GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO EN OBRA	24
1.3. ANTECEDENTES DEL USO DE MINI PLANTAS	41
1.4. INDUSTRIALIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN	43
<b>CAPÍTULO II: HERRAMIENTAS Y MÉTODOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD</b>	49
2.1. METODOLOGÍAS PARA EVALUAR LA PRODUCTIVIDAD EN EQUIPOS	49
2.1.1. La concepción tradicional de la Construcción	29
2.1.2. Productividad en la construcción	
2.2. HERRAMIENTAS PARA LA MEJORA DE LOS PROCESOS	57
2.3. METODOLOGÍA PARA SIMULACIÓN DE PROCESOS CYCLONE	62
2.4. HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD	71
2.5. JUST IN TIME EN LA PRODUCCIÓN DEL CONCRETO	78
2.6. MAPA DE BENEFICIOS COMO MODELO DE PROPUESTAS DE MEJORA	80
<b>CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA MINI PLANTA DE CONCRETO Y USO EN OBRA</b>	85
3.1. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO Y DATOS TÉCNICOS	85
3.2. INFORMACIÓN SOBRE LA REALIDAD DEL LUGAR DE TRABAJO Y EMPLEO DE PLANTA EN OBRA	91
3.3. INSTALACIÓN DE LA MINI- PLANTA	94
3.4. CONSUMO DE ENERGÍA DE PLANTA	104
<b>CAPÍTULO IV: CASO DE APLICACIÓN: PRODUCCIÓN DE PANELES DE CONCRETO PREFABRICADOS</b>	107
4.1. DESCRIPCIÓN DE LA FABRICACIÓN DE CONCRETO CON LA	112

MINI PLANTA PICCINI	
4.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA ELABORACIÓN DE PANELES PREFABRICADOS	119
4.2.1. Identificación y medición de actividades	
4.2.2. Evaluación de resultados	
4.2.3. Propuestas de mejora y control	
4.3. ANÁLISIS ECONÓMICO Y DE TIEMPOS	154
4.4. CONTROL DE CALIDAD	156
<b>CAPÍTULO V: VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO DE LA MINI PLANTA</b>	<b>157</b>
5.1. FACTORES DE ABASTECIMIENTO DE LA PLANTA	158
5.2. FACTORES PROPIOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA	159
5.3. FACTORES OPERATIVOS Y DE TRABAJO	161
5.4. FACTORES DE LOS EQUIPOS COMPLEMENTARIOS (GRÚAS, CARGADORES, ETC.)	165
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>166</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>169</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>171</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>173</b>

## RESUMEN

Una correcta elección entre el concreto premezclado en planta y el elaborado in situ, se fundamenta en las particularidades especiales de la obra en cuestión, en los aspectos técnicos y en los costos beneficios asociados con cada uno de ellos. En este contexto, existen situaciones de obra como la ubicación de difícil acceso o las cantidades muy variables de demanda durante el día, lo cual genera la dependencia constante con la empresa de premezclado. Esto conlleva a un sobre control para que el concreto se encuentre siempre listo en el momento preciso del vaciado. Es así que se hace factible la preparación del concreto in situ, siendo consciente con ello de aplicar un adecuado control de calidad, desde contar con los insumos calificados hasta la mano de obra preparada para tal fin.

Es razón del presente estudio justamente presentar una metodología de producción del concreto in situ, evaluando los principales factores que elevan su productividad, aminorando los costos de producción y en consecuencia promoviendo el modelo "Productor- Abastecedor" qué tantos beneficios puede traer si se conocen las ventajas y desventajas del método acorde con las condiciones de obra respectiva.

La tecnología empleada se trata de una mini planta mezcladora de brazos raspantes de 10 a 12 m<sup>3</sup>/h de capacidad (fabricante), cuya función como su nombre lo dice es preparar la mezcla, con un sistema de autoabastecimiento y dosificación de insumos (agregados y cemento) que reducen los tiempos de producción.

El proyecto en estudio consistió en la construcción de unos túneles de interconexión vial para la unión de dos distritos. Dos de sus componentes con obras de concreto armado, necesitaron abastecimiento de concreto en turnos diferenciados, requiriendo un manejo independiente de la producción del concreto. Las especificaciones técnicas señalaban la dosificación por peso de los insumos, sumado esto al comparativo costo beneficio es que se decidió contar con la planta concretera.

El estudio se aplica a una producción de paneles prefabricados de concreto in situ, el volumen conjunto de aproximadamente 1600 m<sup>3</sup> en total. Son paneles

prefabricados producidos dentro la misma obra y con la finalidad de tenerlos listos para el momento de su montaje.

Bajo los criterios de la fabricación de concreto en obra, se tiende una línea de producción in situ, como tal, la tesis estudia una posible optimización de la productividad con este tipo de sistema, aplicando técnicas de estudio como el Estudio del trabajo, para optimizar los procesos, Simulación Cyclone de procesos y diagramas estadísticos como el de Ishikawa para encontrar los factores que generan posibles bajas de la productividad.

Teniendo como base algunos principios de la metodología Lean Construction, el minimizar las pérdidas y tiempos muertos entre procesos (flujos) y mejorar así los procesos, se llegará a la conclusión de que reconociendo los verdaderos factores que afectan la productividad, sumados a su vez los relacionados a la tecnología del concreto, se puede hacer de la mini planta una opción valiosa para la fabricación del concreto.

El estudio permitió reconocer variables que afectan directamente el rendimiento de la mini planta para ciertas condiciones de obra sin generalizar, dejando abierta la posibilidad de estudio para otras condiciones de obra.

### LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.1. Resistencia por edades del concreto</b>	14
<b>Tabla 1.2 Frecuencias y métodos utilizados en los muestreos y ensayos de la obra en estudio</b>	21
<b>Tabla 1.3 Causas de la Variabilidad. (Vitteri, 2008).</b>	35
<b>Tabla 1.4. Características de los procesos constructivos (adaptación de Hopp &amp; Spearman, 2001).</b>	38
<b>Tabla 1.5. Clasificación de Tecnologías según Requerimiento de Obra – Universidad de Chile Facultad de Arq. Y Urbanismo.</b>	44
<b>Tabla 2.1. Lenguaje utilizado en un Diagrama de procesos. Fuente FIUBA- Argentina</b>	58
<b>Tabla 3.1. Datos técnicos de la Planta Piccini MF 400. Fuente: Manual de usuario de la mini-planta.</b>	85
<b>Tabla 3.2. Controles del tablero de mando. Fuente: Manual de usuario de la mini-planta.</b>	90
<b>Tabla 3.3. Presupuesto de Instalación de Mini planta Piccini MF 400 – Fuente de Costo: Constructivo de Jun-Jul- 2010 / Presupuesto de Obra.</b>	104
<b>Tabla 3.4. Presupuesto de desinstalación (estimado) de Mini planta Piccini MF 400 – Fuente: Constructivo de Jun-Jul- 2010 / Presupuesto de Obra.</b>	105
<b>Tabla 4.1. Referencia de las vigas de nivelación del MTR en ambos ejes.</b>	109
<b>Tabla 4.2. Principales actividades para Fabricación de paneles.</b>	111
<b>Tabla 4.3. Cantidades de Producción según Resistencia del concreto producidas por la Planta. Fuente: Oficina Técnica de la Obra</b>	114
<b>Tabla 4.4. Diseño 350 Kg/cm<sup>2</sup> rev.1, utilizado para los paneles, Fuente: Área de Calidad del Proyecto.</b>	114
<b>Tabla 4.5. Horario de producción de concreto en el mes de Junio – Fuente propia.</b>	116
<b>Tabla 4.6. Rendimientos del proceso de colocación de concreto.</b>	132
<b>Tabla 4.7. Resumen de causas implicadas en la baja productividad de la fabricación del concreto en obra.</b>	143
<b>Tabla 5.1. Relación de la tanda por ciclo a producir con la planta respecto al diseño de concreto a producir. Las resaltadas son cantidades estimadas.</b>	160

## LISTA DE FIGURAS

<b>Fig. 1.1.</b> Resultados de ensayos de tiempos de mezclado hechos en mezcladora de 4 yd <sup>3</sup> = 0.76m <sup>3</sup>	17
<b>Fig. 1.2.</b> Izquierda, Descarga del concreto hacia una faja transportadora. Derecha, Descarga del camión mezclador hacia la estructura.	18
<b>Fig. 1.3.</b> Procedimiento seguido para el control de la calidad en la producción de concreto.	22
<b>Fig. 1.4.</b> Mini -planta de concreto instalada en obra.	24
<b>Fig. 1.5.</b> Esquema de un procedimiento Adaptado por Serpell (1993).	26
<b>Fig. 1.6.</b> Factores que influyen en la productividad. (Accostupa, 2005).	32
<b>Fig. 1.7.</b> Ciclo de mejora continua de la productividad (Botero 2004)	33
<b>Fig. 1.8.</b> Esquema de trabajo de una planta concretera en obra.	34
<b>Fig. 1.9.</b> Esquema de proceso de producción (Koskela 2002).	35
<b>Fig. 1.10.</b> Diagrama que representa lotes de producción y de transferencia.	38
<b>Fig. 1.11.</b> Efecto de la variabilidad en una cadena de procesos (Vitteri, 2008).	40
<b>Fig. 1.12.</b> Obra: Condominio Alicerse/castor – Belo Horizonte/MG, Equipamento: Minimix 750 CIBI.	42
<b>Fig. 1.13.</b> Vista de la planta móvil y su panel de control para las operaciones del equipo.	43
<b>Fig. 1.14.</b> Producción manual de concreto.	44
<b>Fig. 1.15.</b> Un modelo de mini - planta usada en Colombia con producción de 8-10 m <sup>3</sup> /h – Fuente: Altrón Ingeniería.	45
<b>Fig. 1.16.</b> Planta Productora de Concreto Premezclado – Chile.	46
<b>Fig. 1.17.</b> Gráfica que indica cómo varía la mejora respecto del tiempo. Virgilio Guio.	46
<b>Fig. 1.18.</b> Gráfico de la evolución tecnológica de los procesos constructivos Virgilio Guío – Chile 2006.	48
<b>Fig. 2.1.</b> Ejemplo de conversión de HM en dinero 1 - para el caso en estudio los datos de Horas Trabajadas se obtienen directamente del SISME	51
<b>Fig. 2.2.</b> Ejemplo de IP de Equipos, los datos de los costos del equipo son	51

<sup>1</sup> Manual de Gestión de Proyectos - Graña y Montero S.A.

extraídos del SISME.	
<b>Fig. 2.3.</b> Dólares ganados/perdidos a la fecha y dólares ganados/perdidos proyectados	52
<b>Fig. 2.4</b> Medición de tiempos (ejemplo de formato, donde se distingue, mediante un código preestablecido, las actividades relacionadas al TP, TC y TNC).	56
<b>Fig. 2.5.</b> Descomposición del tiempo de fabricación de un producto – Publicación de la Universidad de Buenos Aires. <a href="http://materias.fi.uba.ar/7628/Produccion2Texto.pdf">http://materias.fi.uba.ar/7628/Produccion2Texto.pdf</a> .	60
<b>Fig. 2.6.</b> Contenido del trabajo debido al producto y al proceso - Publicación de la Universidad de Buenos Aires. <a href="http://materias.fi.uba.ar/7628/Produccion2Texto.pdf">http://materias.fi.uba.ar/7628/Produccion2Texto.pdf</a> .	61
<b>Fig. 2.7.</b> Tiempo Improductivo imputable a la dirección y a los trabajadores - Publicación de la Universidad de Buenos Aires. <a href="http://materias.fi.uba.ar/7628/Produccion2Texto.pdf">http://materias.fi.uba.ar/7628/Produccion2Texto.pdf</a>	62
<b>Fig. 2.8</b> Niveles jerárquicos en la gerencia de la construcción. (T. Vargas)	64
<b>Fig. 2.9.</b> Elementos básicos del sistema Cyclone (T. Vargas).	65
<b>Fig. 2.10.</b> Correspondencia entre diagrama de flechas y modelo Cyclone (Vargas).	66
<b>Fig. 2.11.</b> Equivalencia entre una red PERT y un modelo Cyclone.	67
<b>Fig. 2.12.</b> Procedimiento para el modelaje del sistema Cyclone (T. Vargas).	68
<b>Fig. 2.13.</b> Modelos típicos para entidades de flujo (T. Vargas)	69
<b>Fig. 2.14.</b> Ejemplo de Diagrama de Pareto para una distribución tiempos concernientes a trabajos no contributorios (trabajos no productivos). Mediciones que identificaban las principales causas de tiempos no contributorios en el proceso de Vaciado de concreto, como las esperas, ocio, descansos entre otros.	74
<b>Fig. 2.15.</b> Diagrama de Ishikawa, que muestra las causales de una baja productividad en la colocación del concreto.	76
<b>Fig. 2.16.</b> Secuencia de pasos desde los resultados del proyecto a los objetivos estratégicos	82
<b>Fig. 2.17.</b> Ejemplo de un mapa de beneficio orientado a las mejoras en la fabricación del concreto en obra (caso de estudio)	84
<b>Fig. 3.1.</b> Dimensiones de la planta Piccini MF 400. Fuente Manual de	86

Usuario de la Mini-planta.	
<b>Fig. 3.2.</b> Distribución en planta de las zonas de trabajo - Fuente: Central de Equipos.	87
<b>Fig. 3.3.</b> Tablero de mando de la planta. Fuente: Manual de usuario de la mini-planta.	90
<b>Fig. 3.4.</b> Distribución de obra, para la zona de prefabricados. Ubicación de la planta al pie del cerro Santa Rosa. Fuente: Oficina Técnica de Obra.	93
<b>Fig. 3.5.</b> Izquierda, Nivel altura del embudo de carga, mayor al nivel de descarga de la planta. Derecha, faja transportadora conectada a planta.	95
<b>Fig. 3.6.</b> Superior, posiciones del alimentador de cemento. Inferior, Ubicaciones estratégicas de la planta con respecto a la zona de equipos.	97
<b>Fig. 3.7.</b> Posición de difícil control del alimentador de cemento. Fuente: Informe de estado mecánico de la planta por operador.	98
<b>Fig. 3.8.</b> Cimentación Base para planta (parte Central).	99
<b>Fig. 3.9.</b> Losa para cimentación del alimentador de cemento.	99
<b>Fig. 3.10.</b> Izquierda, Izaje de la balanza y cuba mezcladora. Derecha, perno de anclaje embebido en la cimentación.	101
<b>Fig. 3.11.</b> Cronograma de tiempos previstos para la instalación de la mini planta.	103
<b>Fig. 4.1.</b> Secciones tipo de las vías de acceso en ambos sentidos en dirección al túnel.	108
<b>Fig. 4.2.</b> Dimensiones de los paneles a fabricar para el sistema de MTR. Fuente: Oficina Técnica de Obra.	110
<b>Fig. 4.3.</b> Distribución espacial de trabajo con la Planta PICCINI MF 400.	113
<b>Fig. 4.4.</b> Transporte de bolsas de cemento desde almacén hasta la zona de abastecimiento en planta.	115
<b>Fig. 4.5.</b> Diagrama de flujo de actividades de la planta PICCINI.	117
<b>Fig. 4.6.</b> Planta a brazos raspantes PICCINI MF400 instalada en obra.	120
<b>Fig. 4.7.</b> Izquierda, Carguío de cemento y preparación de aditivo, derecha, alimentador de cemento.	120
<b>Fig. 4.8.</b> Diagrama de Ishikawa que muestra los principales problemas para inicio de producción de la planta.	123
<b>Fig. 4.9.</b> Izquierda, Trabajos adicionales de acceso, derecha, llegada de agregados	125

<b>Fig. 4.10.</b> Zona sobre saturada de agregados.	126
<b>Fig. 4.11.</b> Accesorios del mini cargador para las actividades realizadas dentro del proceso de fabricación de concreto.	126
<b>Fig. 4.12.</b> Diagrama de Causa y Efecto para identificar las posibles causas que generan baja productividad en el proceso de fabricación del concreto.	127
<b>Fig. 4.13.</b> Tiempos no contributorios eliminables de utilizar un silo de almacenamiento de cemento.	128
<b>Fig. 4.14.</b> Materiales a la intemperie: Aditivo mezclado de forma manual.	128
<b>Fig. 4.15.</b> Espacio reducido para almacenar bolsas cemento.	130
<b>Fig. 4.16.</b> Falta de un sistema de drenaje o poza de lavado.	131
<b>Fig. 4.17.</b> Modelo Cyclone del Transporte y colocación del concreto.	132
<b>Fig. 4.18.</b> Diagrama de Ishikawa para la baja productividad en la colocación del concreto.	133
<b>Fig. 4.19.</b> Diagrama de Ishikawa para la baja productividad en el desencofrado de los paneles de concreto.	136
<b>Fig. 4.20.</b> Diagrama de Ishikawa para la baja productividad en la preparación del encofrado y la colocación del acero.	138
<b>Fig. 4.21.</b> Sobredimensionamiento, hasta 3 trabajadores para armar un encofrado de 1.5 x 1.5m de área.	140
<b>Fig. 4.22.</b> Interferencia de trabajos durante las actividades del encofrado.	141
<b>Fig. 4.23.</b> Distribución de tiempos para las actividades que realiza la mini planta.	144
<b>Fig. 4.24.</b> Izquierda, Distribución de tiempos de uno de los ayudantes. Derecha, diagrama de Pareto de las actividades que realiza.	145
<b>Fig. 4.25.</b> Distribución de tiempos de la cuadrilla de colocación de concreto.	145
<b>Fig. 4.26.</b> Carta balance para la cuadrilla de colocación de concreto.	146
<b>Fig. 4.27.</b> Distribución de tiempos de la cuadrilla encofrado y colocación de acero	147
<b>Fig. 4.28.</b> Carta Balance de la cuadrilla de encofrado de paneles.	148
<b>Fig. 4.29.</b> Distribución de tiempos de la cuadrilla de desencofrado.	148
<b>Fig. 4.30.</b> Bloque de madera divisor de agregados.	150
<b>Fig. 4.31.</b> Tarima de almacenamiento de Cemento para alimentar planta.	150

<b>Fig. 4.32.</b> Se busca volúmenes de producción manejables acorde con volúmenes requeridos, reduciendo los tiempos del re-transporte manual una vez vaciado.	151
<b>Fig. 4.33.</b> Doble actividad de medición tanto en los tubos como en la malla pre-armada con las clavijas en el taller.	152
<b>Fig. 4.34.</b> Tubos de fijación de malla amarrados con clavijas desde el almacén.	152
<b>Fig. 4.35.</b> Izquierda, transporte de paneles hecho únicamente por camión grúa. Derecha, Adición del transporte con telehandler.	153
<b>Fig. 4.36.</b> Costos de producción del concreto 350 Kg/cm <sup>2</sup> en función al ratio de producción.	154
<b>Fig. 4.37.</b> Izquierda, distribución de tiempos para la colocación del concreto desde mini-planta con mejoras implementadas. Derecha, colocación de concreto con mixer de concreto premezclado.	155
<b>Fig. 5.1.</b> Vista superior de la balanza de la mini planta, se señala la división de la balanza para el cemento.	160
<b>Fig. 5.2.</b> Inconveniente con el ingreso del cemento a la balanza. Desarme de la planta para desatascar el alimentador de cemento.	162
<b>Fig. 5.3.</b> Representación de tiempos óptimos del transporte del concreto a la zona de vaciado.	164

## INTRODUCCIÓN

La presente es una tesis de pre-grado desarrollada en el marco del convenio UNI-GyM, entre los meses de abril y septiembre del año 2010, la cual se titula "Productividad en la fabricación de concreto con mini-planta instalada en obra (Caso aplicativo de paneles prefabricados de concreto)", y muestra el proceso de producción del concreto en obra como una línea de producción más, siendo ésta una alternativa para la preparación del concreto en obra.

El trabajo presenta el estudio de la productividad de la fabricación del concreto in situ con una mini-planta mezcladora que se autoabastece de insumos (agregados, cemento, agua) y dosifica según diseño de mezcla. Así pues se analiza una posible optimización del sistema constructivo inmerso valiéndose de métodos de estudios para elevar la productividad de los procesos. Además, se muestran parámetros a controlar para obtener un buen rendimiento con esta tecnología de producción.

Cabe resaltar que en la obra donde se llevó a cabo la investigación, hubieron más de dos frentes de trabajo (vaciados de sardineles y veredas, shotcrete para sostenimiento de taludes y paneles prefabricados de concreto) abastecidos por la planta, sin embargo para el caso aplicativo se considerará uno de ellos; la elaboración de paneles prefabricados, en donde se ve claramente un sistema cíclico de procesos.

Para la realización de la presente tesis, se contó con el apoyo del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería (IIFIC-UNI), ya que se desarrolló mediante el convenio de Cooperación UNI-GyM. Es por esto que se tuvieron todas las facilidades del caso para poder recabar la información requerida. El plazo de ejecución de la investigación fue de seis meses, por lo que finalizado el plazo, el estudio se encontró totalmente desarrollado.

La tesis está dividida en cinco capítulos. Los dos primeros capítulos muestran el marco teórico, mientras que los tres últimos la investigación desarrollada. En el primer capítulo, se muestran definiciones básicas, respecto a

las cuales gira la investigación y por tanto, se considera deben quedar claras desde el principio. Se definen conceptos de tecnología del concreto, así como conceptos de pérdidas, productividad y variabilidad de procesos.

En el segundo capítulo, se muestran las herramientas y metodologías usadas para mejorar los procesos. Primero se presentan algunos métodos para evaluar y mejorar la productividad. Luego, se habla de las herramientas estadísticas usadas (filosofía Deming) así como del modelo de simulación Cyclone y el Estudio del trabajo. Finalmente, se comenta un poco sobre las metodologías establecidas bajo los conceptos de Lean Construction.

En el tercer capítulo, Se describen las principales características del equipo a utilizarse como planta mezcladora, tanto del aspecto técnico como productivo, se muestra información sobre la realidad del proyecto y el proceso de Instalación del equipo en obra.

En el cuarto capítulo, se muestra el caso aplicativo en la elaboración de paneles prefabricados, aquí se expone el estudio de la productividad al sistema constructivo en general, evaluando proceso por proceso, identificando las posibles causas de baja productividad y resaltando las buenas practicas del trabajo. Se presenta cuál fue el resultado de las optimizaciones y algunos comentarios sobre el aspecto económico y de calidad.

Finalmente, en el quinto y último capítulo, Se exponen los principales factores que influyen en el rendimiento de la mini planta, enfocados como variables que pueden controlar el rendimiento del equipo. Desde puntos de vista como los insumos de preparación del concreto hasta los equipos complementarios de la planta serán tomados en cuenta.

## CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

### 1.1.- DEFINICIONES BÁSICAS SOBRE EL CONCRETO

El término concreto premezclado, se aplica al concreto preparado en planta, en instalaciones fijas o móviles y transportadas hasta el lugar de utilización por camiones especiales denominados camiones mezcladores.

Sin embargo, el concreto preparado in situ con una mini planta puede ser tanto premezclado o mezclado en su totalidad por la planta, siendo entregado listo para su utilización. Permitiendo esto: (1) ahorros en tiempo de espera, (2) control de la calidad del concreto, con ajustes en el diseño, (3) Reducción en los costos de producción, entre otros.

Si bien es cierto, parte del estudio muestra las ventajas y limitaciones mediante la evaluación de la productividad de fabricación del concreto in situ, se deben tener en cuenta limitantes tecnológicas con respecto al concreto, que a diferencia de otros materiales, es perecible con el tiempo, es decir existe un tiempo predeterminado en el cual es posible trabajarlo.

De esta manera surgen nuevos objetivos de estudio como la productividad, calidad y economía en dichos procesos que son objeto del presente trabajo. Es adecuado desde este punto de vista manejar algunos conceptos que faciliten el entendimiento de ésta investigación.

#### - Definición de concreto

El concreto es un material artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, agregados y agua. El cemento y el agua forman una pasta que rodea a los áridos, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto.

Los agregados compuestos de partículas duras, de forma y tamaño estable, habitualmente se dividen en dos fracciones: Piedra y arena. Los agregados, el cemento y el agua se mezclan juntos para constituir una masa plástica y trabajable, que permite ser moldeada en la forma que se desee. El cemento y el

agua se combinan químicamente por un proceso denominado hidratación, del cual resulta el fraguado del concreto y su endurecimiento gradual; este endurecimiento puede continuar indefinidamente bajo condiciones favorables de humedad y de temperatura, con un incremento de la capacidad resistente del concreto. Se supone y acepta que el concreto ha alcanzado su resistencia de trabajo a los 28 días, y es por eso que normalmente las exigencias de resistencia se especifican y verifican a esa edad. En realidad, en condiciones favorables, la resistencia del concreto sigue incrementando a medida que aumenta su edad, aproximadamente en los valores indicados a continuación en promedio.

EDAD	Resistencia (%)
28 días	100
90 días	110 – 120
1 año	120 – 135

Tabla 1.1.- Resistencia por edades del concreto <sup>1</sup>

Una de las características naturales del concreto, considerada de mucha relevancia en la obra en estudio, fue la economía y la facilidad en la adquisición de los materiales que se emplean en su fabricación.

#### - Criterios de Diseño

La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica del concreto, conocida usualmente como diseño de la mezcla, puede ser definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado fresco tenga trabajabilidad y consistencia adecuada; y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos.

La selección de los diferentes materiales que componen la mezcla del concreto y de la proporción de cada uno de ellos debe ser siempre el resultado de un acuerdo razonable entre la economía y el cumplimiento de los requisitos que debe satisfacer el concreto al estado fresco y al endurecido.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> [www.mioruro.com/libros](http://www.mioruro.com/libros)

<sup>2</sup> Producción del concreto premezclado y su comercialización - tesis de titulación - Luis Contreras Gutierrez - 1996

Los factores que determinan la composición de la mezcla de concreto son:

- (a) Las propiedades del concreto endurecido fijadas por el diseñador de la estructura.
- (b) Las propiedades del concreto fresco fijadas por el tipo de construcción y las técnicas de puesta en obra.
- (c) El grado de control de calidad.

#### - Dosificaciones del concreto

Es el cálculo de las proporciones en peso de los componentes del concreto en Kg/m<sup>3</sup> para el pesaje en la balanza, cumpliendo con las especificaciones del proyecto estando acorde con las actualizaciones de los diseños.

Las dosificaciones en planta, generalmente se realizan en peso, puesto que son más precisas que las realizadas en volumen, además estas plantas cuentan con máquinas inscriptoras que registran con exactitud el peso del cemento, de los áridos y su grado de humedad. Estos hechos permiten optimizar el uso especialmente del cemento y obtener un concreto confiable de acuerdo a lo solicitado por el proyecto.

La máxima tolerancia para la colocación de los materiales componentes del Concreto son: Agua, cementos y aditivos  $\pm 1\%$ , Agregado Fino  $\pm 2\%$ , agregado grueso hasta 38mm  $\pm 2\%$  y agregado grueso mayor de 38mm  $\pm 3\%$  según el **ASTM C94<sup>3</sup>** y en la variación de la relación agua-cemento (a/c) de  $\pm 0.02$ .

#### - Transporte y colocación del concreto

**Mezclado:** Es la operación de batir los materiales de insumo. Para tal actividad se debe utilizar el equipo y métodos que sean capaces de mezclar eficazmente los materiales del concreto que tengan el mayor tamaño de agregado especificado, para producir mezclas uniformes con un revenimiento<sup>4</sup> que sea práctico para el trabajo.

---

<sup>3</sup> ASTM C 94, Stanford Specification for Ready Mixed concrete ASTM. West Conshohocken, PA.

<sup>4</sup> Medida de la trabajabilidad o capacidad de la mezcla fresca para acomodarse dentro del molde o encofrado, llamada también asentamiento.

Para la operación de mezclado, el agua deberá ingresar antes que el cemento y los agregados y continuará fluyendo hasta que transcurra la cuarta parte del tiempo de mezclado.

Es preferible que el cemento se cargue junto con los otros agregados, pero debe entrar después de que aproximadamente el 10% del agregado haya entrado en la mezcladora.

El material de una tanda no deberá comenzar a ingresar a la mezcladora antes de que la totalidad de la anterior haya sido descargada.

El cemento deberá ser mezclado en cantidades para empleo inmediato. Si el fraguado del concreto ya se ha iniciado en la mezcladora no deberá ser remezclado ni utilizado.

Tiempo de mezclado: El tiempo de mezclado es el medido a partir del momento en que todos los ingredientes estén dentro de la mezcladora.

El tiempo de mezclado debe basarse en la capacidad de la mezcladora para producir un concreto uniforme, para tal fin se debe seguir las indicaciones del fabricante de la mezcladora, algunas especificaciones usuales son las de 1 minuto por yarda cúbica ( $0.76 \text{ m}^3$ ) más  $1/4$  de minuto por cada yarda adicional de capacidad (ver Fig.1.1)<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Transporte y colocación del concreto - Manuscritos del Ing. Julio Rivera Feijó.

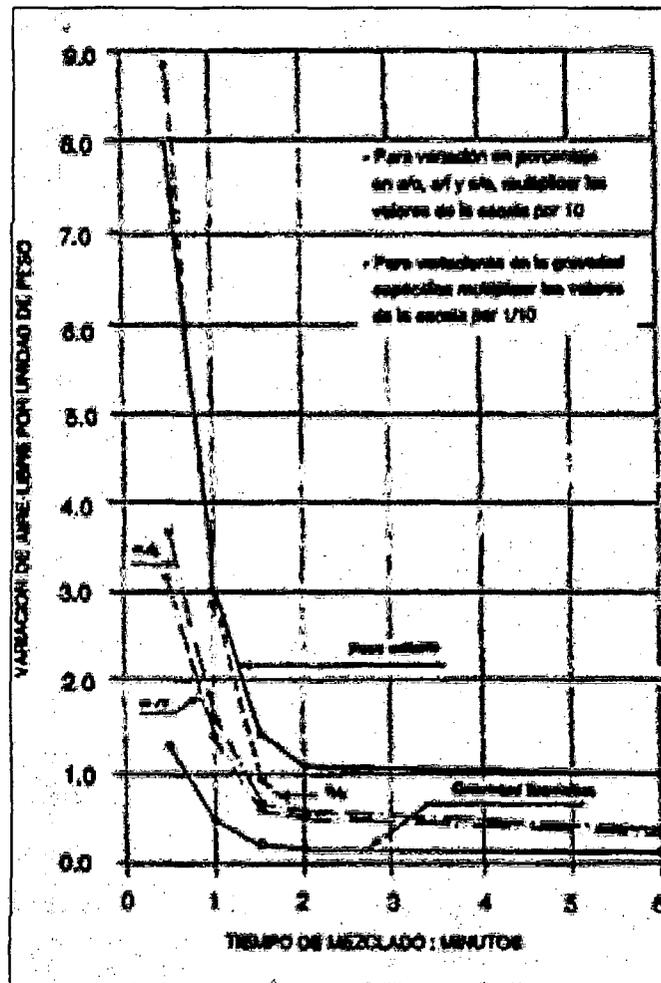


Fig. 1.1.- Resultados de ensayos de tiempos de mezclado hechos en mezcladora de  $4 \text{ yd}^3 = 3.0 \text{ m}^3$ <sup>6</sup>

Aditivo: Son productos capaces de disolverse en agua, que se adicionan durante el mezclado en porcentajes no mayores de 5% de la masa del cemento, con el propósito de producir una modificación en el comportamiento del concreto en estado fresco y/o condiciones de trabajo.<sup>7</sup>

Los aditivos químicos deberán ser incorporados a la mezcladora en forma de solución, empleando de preferencia, equipo dispersante mecánico. La solución deberá ser considerada como parte del agua del mezclado.

<sup>6</sup> Transporte y colocación del concreto - Manuscritos del Ing. Julio Rivera Feijó.

<sup>7</sup>[http://www.asocem.org.pe/SCMRoot/bva/f\\_doc/concreto/aditivos/MGC19\\_aditivos\\_concreto.pdf](http://www.asocem.org.pe/SCMRoot/bva/f_doc/concreto/aditivos/MGC19_aditivos_concreto.pdf)

Cuando se usen dos o más aditivos, estos deberán ser colocados separadamente.

En la obra en estudio se utilizaron hasta 6 aditivos distintos, debiendo poseer una señalización de clasificación adecuada al momento de utilizarlos

**Transporte:** Es la actividad de trasladar la mezcla del concreto o dosificación en seco para su posterior mezclado desde la zona de descarga de la planta hasta el punto de vaciado. El concreto puede ser transportado por diversos equipos y métodos, todos ellos deben prevenir la segregación y pérdida de materiales garantizando una adecuada calidad del concreto.

- **Mezclado y Transporte en Camiones de Tambor Giratorio.-** Algunas especificaciones limitan el tiempo de mezclado a un máximo de 1.5 horas a partir del momento en que el cemento haya entrado en el tambor y hasta que termine la descarga. El ACI recomienda que el mezclado debe prolongarse por los menos 90 segundos después de que todos los materiales estén dentro del tambor mezclador y no poner límites, mientras no se exceda el agua de mezclado especificada, no se agregue agua de reemplazo o mientras el concreto conserve propiedades físicas plásticas satisfactorias, consistencia y homogeneidad para su colocación y consolidación, esta manera es preferida cuando el concreto tiene temperatura fresca o cuando no hace calor.

**CONCRETO MEZCLADO EN CAMIÓN.-** El mezclador se carga y este gira a velocidad recomendada por el fabricante, posteriormente a la carga total el camión debe mezclar los componentes empleando entre 70 y 100 revoluciones. El volumen absoluto total de todos los ingredientes no debe exceder el 63% de la capacidad del tambor.

**CONCRETO DOSIFICADO EN SECO.-** Los materiales secos se transportan a la obra en el tambor y el agua de mezclado se lleva por separado. El agua se agrega a presión y el mezclado se completa con las usuales 70 y 100 revoluciones. En general se logran mayores tiempos de espera. Sin embargo, la humedad libre de los agregados provoca algo de hidratación en el cemento.

- **Transporte de Concreto Mezclado en Planta:** En este caso el camión o equipo de transporte solo sirve como unidad despachadora. Si fuera el caso de un camión mezclador, este gira a velocidad de carga durante la carga y luego se reduce a velocidad de agitación o se detiene después de completar la carga.

El tiempo transcurrido para la descarga del concreto es también de 1.5 horas y el volumen transportado puede ser hasta el 80% de la capacidad del tambor.

**Descarga:** Es el proceso mediante el cual el concreto mezclado se descarga sobre los camiones mezcladores, fajas transportadoras o directamente en los moldes encofradores de una estructura. En la Fig.1.2 se puede apreciar dos formas de descarga de la mezcla dosificada de concreto. Según el ACI -304 la máxima altura permitida para colocación del concreto es de 1.50 m. No se presentaron problemas en la obra en estudio por dicha condición.



**Fig. 1.2.-** Izquierda, Descarga del concreto hacia una faja transportadora. Derecha, Descarga del camión mezclador hacia la estructura

**Colocación:** Esta actividad se lleva a cabo en la medida que el concreto pueda mantenerse en estado plástico y libre de juntas frías, y consiste en el acomodo de la mezcla dentro de los moldes estructurales. Para este proceso el concreto debe colocarse en capas horizontales que no excedan los 50 cm. de espesor. Para construcciones monolíticas, cada capa debe colocarse cuando la capa subyacente todavía responda a la vibración, y las capas deben ser lo

suficientemente poco profundas como para permitir su unión entre sí, mediante una vibración apropiada.

Se puede suscitar la segregación del concreto durante la colocación del mismo lo cual se debe evitar.

Deberá transcurrir cierto tiempo después del vaciado de elementos estructurales como columnas y muros esperándose al menos hasta que el concreto de ellos pase del estado plástico al sólido antes de vaciar los elementos horizontales que apoyan en ellos.

#### - Tipos de Concreto premezclado usados en la Obra de estudio

**Concreto Normal:** Es aquel que se elabora con agregados pétreos densos, para alcanzar una masa volumétrica seca entre los 2200 a 2400 kg/m<sup>3</sup> (Según las normas ACI, valor que depende de la combinación y fuente de agregados utilizados en la producción de concreto) una vez compactado. Utilizado para la Elaboración de Paneles Prefabricados, actividad que servirá de aplicación en el estudio, para observar la producción de la Planta.

**Concreto Lanzado:** Es aquel que mediante la fuerza controlada de aire a presión a través de una boquilla, se proyecta sobre una superficie a fin de obtener una capa de recubrimiento compacta, homogénea y resistente. El agua de la mezcla se puede incorporar en el momento del mezclado de los agregados pétreos con el cemento portland y el aditivo, o bien se pueden mezclar estos materiales en seco, incorporándoles directamente el agua en la boquilla al momento de la colocación.

Este tipo de concreto fue utilizado para el sostenimiento del túnel, en el proyecto donde se realizó la investigación, sin embargo este proceso no entra en el marco de estudio de esta investigación.

#### - Control de Calidad

Tanto en la planta de producción como en obra debe haber un programa de control de calidad del concreto.

Se debe supervisar todas las operaciones del proceso desde la selección de los materiales, dosificación, mezclado, transporte y puesta en obra del concreto.

La toma de muestras de los agregados constituye una operación fundamental en el proceso de control de calidad de producción del concreto. El muestreo puede producirse en el yacimiento, en la planta de beneficio o al pie de obra según su razón de ser.

El control de calidad y uniformidad del concreto se realiza principalmente: (a) al estado fresco mediante ensayos de asentamiento, contenido de aire, peso unitario y temperatura; y (b) al estado endurecido mediante ensayos de resistencia mecánicas y módulo de elasticidad.

Realizar un control permanente y adecuado del concreto utilizado en obra, e interpretar correctamente los resultados obtenidos en los ensayos del mismo, considera además las limitaciones y desviaciones estadísticamente permitidas.

Una inspección adecuada de las operaciones en obra, de la calidad y de uniformidad del concreto producido implica la certificación permanente del empleo de materiales que cumplen con las especificaciones; la correcta dosificación de los mismos; control permanente de todas las operaciones del proceso de puesta en obra; y una cuidadosa supervisión y ejecución de los procesos de muestreo y ensayos de concreto.

La Fig. 1.3 grafica la secuencia de ensayos realizados tanto al concreto como a sus respectivos componentes para la obra en estudio. La Tabla 1.2 muestra algunos detalles del control de calidad aplicado, evaluando cuidadosamente las producciones del concreto en cada diseño.

MATERIAL	PROPIEDAD O CARACTERÍSTICA	CATEGORÍA	MÉTODO DE ENSAYOS	FRECUENCIA MÍNIMA	PUNTO DE MUESTREO
HORMIGÓN DE CEMENTO PÓRTLAND	Revenimiento	---	AASHTO T-119	1 por descarga	En sitio de descarga
	Contenido de aire	---	AASHTO T-152 ó T-196	1 por día	En sitio de descarga
	Peso unitario	---	AASHTOT-121	1 por día	En sitio de descarga
	Temperatura	---	Termómetro	1 por descarga	En sitio de descarga
	Confección de especímenes	---	AASHTO T-23	1 muestra (4 especímenes) por cada 2.000 m <sup>2</sup> pero no menos de 1 por día	En sitio de descarga
	Resistencia a la compresión	II	AASHTO T-22		
	Resistencia a la flexotracción	II	AASHTO T-97		
PAVIMENTO DE HORMIGÓN	Espesor de pavimento	II	AASHTO T-24	1 núcleo cada 2.000 m <sup>2</sup>	En sitio después del período de cura

Tabla 1.2.- Frecuencias y métodos utilizados en los muestreos y ensayos de la obra en estudio <sup>8</sup>

<sup>8</sup> Especificaciones técnicas del proyecto en estudio.

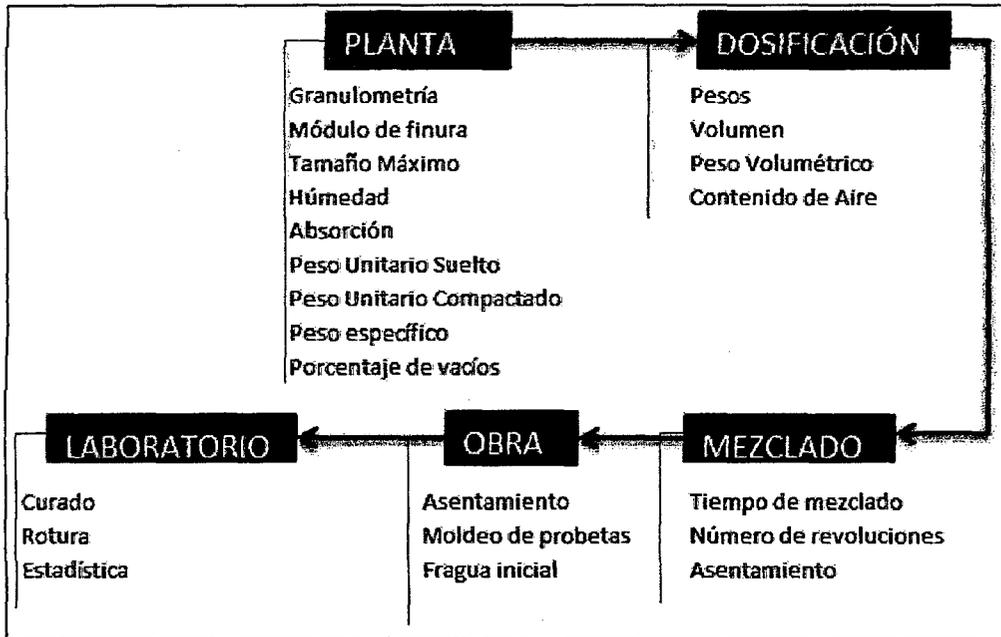


Fig. 1.3. - Procedimiento seguido para el control de la calidad en la producción de concreto.

#### - Definición y Descripción de una planta dosificadora de Concreto Premezclado.

Es un conjunto de máquinas y equipos que de manera automática o semiautomática (con la ayuda del hombre) realizan las actividades principales para la fabricación del concreto.

Industrialmente es manejado bajo un sistema de computadora que no sólo proporciona cálculos muy precisos, indicando la cantidad exacta de cada componente, sino que también controla el proceso de mezcla permitiendo manejar parámetros como la calidad y consistencia del producto.

El carguío de las materiales de insumo, se realiza directamente a un camión mezclador en el cual se lleva a cabo el proceso de mezclado para luego proceder a utilizar el concreto producido.

Las partes que componen una planta de concreto premezclado son:

- Zona para acopio de agregados.
- Tolva de agregados alimentada por una pala cargadora.
- Cinta balanza para pesar los áridos.
- Silos de cemento.
- Sinfín de descarga de cemento de los silos.

- Una balanza para pesar el agua.
  - Un depósito de aditivos.
  - Una cinta de alimentación de tolva a camión mezclador
  - Depósito del agua.
  - Zona de Residuos de material
  - Zona de laboratorio y ensayos
  - Zona de posas de lavado de Camiones mezclador
- **Proceso de fabricación en la Planta Dosificadora de Concreto Premezclado**

El proceso de fabricación se lleva a efecto en las siguientes fases:

- Determinar el tipo de concreto a dosificar.
- Pesar los componentes según la dosificación elegida (agregados, cemento, agua, aditivos)
- Los componentes pre mezclados y amasados se descargan sobre la cinta que los transporta al camión mezclador.
- El camión mezclador es el que se encarga del mezclado y de la descarga al punto solicitado.

El operario que realiza estas tareas es el dosificador que permanece en la cabina de mando desde donde controla manual o automáticamente toda la operación. También controla los distintos elementos que componen la central: pesos, silos, tolvas, etc.

- **Mini plantas de concreto premezclado en obra**

Equipos que con los mismos principios de una planta Dosificadora de Concreto Premezclado ejecuta las principales actividades para la fabricación de concreto, con la diferencia de que esta no ocupa tanto área de trabajo, produce menores volúmenes, y se suma a las líneas de producción existentes en obra. Además, el proceso de mezclado se lleva a cabo en su totalidad, quedando listo para vaciar.

Entre las principales características se pueden resaltar:

- Posee cubas mezcladoras a régimen forzado con palas y paredes antidesgaste e intercambiables.
- Brazos raspantes o cangilones que realizan automáticamente la carga de los agregados.
- Simultaneidad en las operaciones de dosificación de agregados y mezcla por medio de mecanismos independientes.
- Alta velocidad de mezcla por medio de estrellas rotantes motorizadas.
- Dosificaciones con celdas electrónicas.
- Dimensiones compactas con silo a caballo.

Las más resaltantes ventajas en comparación con las plantas de concreto premezclado Industriales son:

- El autoabastecimiento de agregados sin necesidad de equipos secundarios (palas mecánicas, otros)
- El batido de los materiales puede realizarse a un 100%, listo para el vaciado (dosificadora y mezcladora).
- Es muy fácil de transportar e instalar pudiendo alcanzar lugares inaccesibles que se encuentren lo más cercano posible a la zona de vaciado.



Fig. 1.4.- Mini -planta de concreto instalada en obra

## 1.2.- PRODUCTIVIDAD Y GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO EN OBRA

Para poder entender la funcionalidad de la fabricación y utilización del concreto en el marco de la mejora de la productividad, y puesto que el estudio mostrará un caso aplicativo de la producción y abastecimiento del concreto en obra, será conveniente remarcar algunos conceptos, como:

- **Proceso:** Actividades o fases que se realizan de manera sucesivas, dejando listo el producto para su posterior entrega. En nuestro caso sería el concreto o los elementos a fabricar con ese concreto. Entonces, un conjunto de procesos conforman un sistema. Como característica de un proceso, se puede mencionar que son naturales, sucesivos, interdependientes e indispensables, con un alcance definido y a cargo de un responsable determinado<sup>9</sup>
- **Rendimiento:** En construcción, se define como rendimiento a la cantidad de obra de alguna actividad completamente ejecutada por una unidad de recurso utilizada, por ejemplo el rendimiento de producir concreto en obra es cuantificada en (m<sup>3</sup>/HM).
- **Productividad:** Genéricamente entendida como la relación entre los recursos utilizados para obtener un producto con la producción obtenida concerniente al producto. "También puede ser entendida como una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado"<sup>10</sup>. Cuanto menor sean los recursos utilizados para obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema o actividad. Debido a la importancia de este término para el correcto desarrollo de esta investigación, más adelante se verá con más énfasis.

---

<sup>9</sup> KOSKELA, Lauri. "Application of the New Production Philosophy to Construction". Technical Report #72. CIFE Stanford University. Estados Unidos, 1992.

<sup>10</sup> SERPELL BLEY, Alfredo. "Administración de Operaciones de Construcción". Primera Edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Chile, 1993.

- **Procedimiento:** Es un conjunto de pasos, que se apoya en el uso de distintas herramientas (como por ejemplo, diagrama de procesos) del conocimiento y experiencias acumuladas en un proceso<sup>11</sup>. Es decir, a diferencia de un proceso, existe una secuencia para desarrollar la actividad bajo estudio de manera óptima.

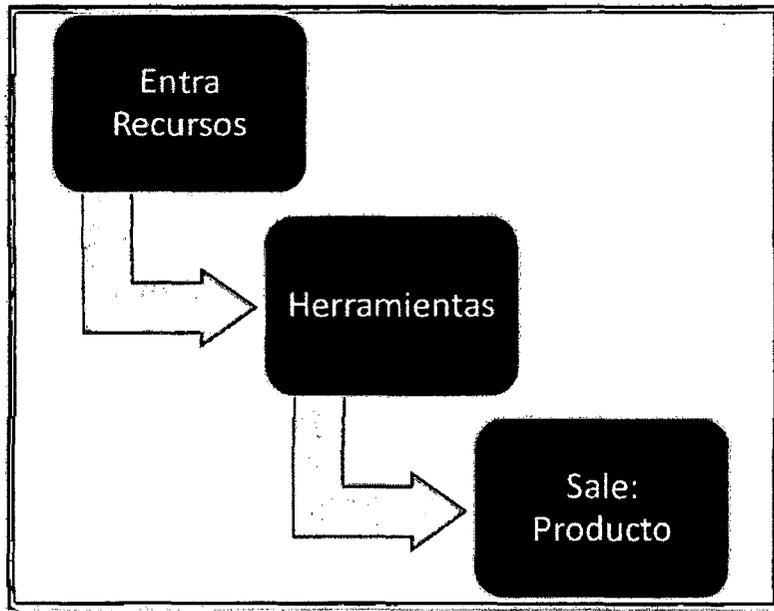


Fig. 1.5.- Esquema de un procedimiento Adaptado por Serpell (1993)

- **Estudio de tiempos:** “Es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida<sup>12</sup>”.
- Trabajo Productivo (TP): Aquel trabajo que aporta en forma directa al avance del proyecto; representado por actividades tales como; la colocación de ladrillos, pintado de muros y/o producir concreto, entre otros.

<sup>11</sup> Op. Cit.

<sup>12</sup> SERPELL BLEY, Alfredo. “Administración de Operaciones de Construcción”. Primera Edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Chile, 1993.

- Trabajo Contributorio (TC): Actividades de apoyo para la ejecución del trabajo productivo. Algunos ejemplos de estas actividades son: recibir o dar instrucciones, revisión de planos, aprovisionamiento de materiales, aseo en frentes de trabajo, transporte de materiales, etc.
  - Trabajo No Contributorio o No Productivo (TNC): Cualquier actividad que no corresponda a algunas de las categorías anteriores. Algunos ejemplos son desplazamientos sin objetivos específicos, esperas por sistema constructivo, etc.
- Estudio del Trabajo: "Se entiende por estudio del trabajo, genéricamente, ciertas técnicas, y en particular, el estudio de métodos y la medición del trabajo que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada con el fin de efectuar mejoras<sup>13n</sup>.

Comprende el Estudio de Métodos y el Estudio de Tiempos. Emplea herramientas como el Diagrama de Procesos, Diagrama de Montaje, Diagrama de Recorrido, Carta Balance, entre otros; los cuales serán explicados en capítulos posteriores.

- Desperdicio: De acuerdo a la nueva filosofía de la construcción, el desperdicio debería ser entendido como cualquier ineficiencia que resulta del uso de equipo, materiales, mano de obra o capitales en grandes cantidades que aquellas consideradas como necesarias en la construcción de alguna infraestructura. El desperdicio incluye tanto la incidencia en la pérdida de materiales como en la ejecución de trabajos innecesarios, los cuales generan un costo adicional pero no le añaden valor al producto (Koskela, 1992). Por lo tanto, el desperdicio debería ser definido como cualquier pérdida producida por actividades que generan directa o indirectamente costos pero no adicionan valor alguno al producto desde el punto de vista del cliente.

---

<sup>13</sup> ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. "Introducción al Estudio del Trabajo".

Imprenta del Journal de Geneve. Ginebra, Suiza, 1965

---

*Productividad en la Fabricación del Concreto con Mini-planta Instalada en Obra (Caso Aplicativo de Producción de Paneles de Concreto Prefabricados)*  
Torres Marino Miguel Angel

- **Just-in-time (justo a tiempo):** Es una filosofía de organización industrial iniciada por Taiichi Ohno en Japón en las plantas de ensamblaje de Toyota a principios de los años 70. El JIT elimina el desperdicio proveyendo repuestos solo cuando el proceso de ensamblaje lo requiere. El corazón del JIT descansa en el kanban, la palabra japonesa que significa tarjeta. Esta tarjeta kanban se envía al almacén para solicitar una cantidad estándar de piezas a medida que ellas van a ser utilizadas en el ensamble/proceso industrial. El JIT requiere la precisión, pues las piezas correctas deben llegar "justo a tiempo" la posición correcta (estación de trabajo en la planta de fabricación). Se utiliza sobre todo para procesos industriales repetitivos de grandes cantidades de producción.

Las áreas típicas de atención al momento de poner en práctica el JIT, incluyen:

- Reducción del inventario
- Más pequeños lotes y turnos de producción
- Control de calidad
- Reducción de la complejidad y transparencia
- Estructura de organización más plana y delegación
- Minimización del desperdicio

En el siguiente capítulo se detallará con mayor precisión la relación del JIT al proceso constructivo en estudio.

### **Efectividad, Eficiencia, Eficacia**

Normalmente estos términos se usan de manera inapropiada, ya que se consideran similares y por tanto se confunden entre sí. Para el presente trabajo se ha visto conveniente tomar las siguientes definiciones.

En el desarrollo de la tesis, se define la *efectividad* como la capacidad de conseguir los objetivos o metas trazadas sin importar cómo. En la industria de la construcción, por lo general estos objetivos están definidos mediante

"benchmarks" dentro de la programación de la obra; por ejemplo, fecha y en óptimos casos hora para el vaciado de una losa.

La *eficiencia*, está más relacionada al uso de los recursos; esto es, a la capacidad de organizarlos para de esta manera evitar pérdidas o malas utilizaciones. Un claro ejemplo de eficiencia se aprecia en la programación de los materiales en obra, ya que se busca que llegue la cantidad necesaria y suficiente porque si no se generaría un exceso de inventario, el cual es un tipo de pérdida ya que genera un gasto innecesario que finalmente no aporta valor agregado. Es por esto que un buen trabajo de logística permitirá que el material llegue oportunamente para ser usado en el frente de trabajo.

Finalmente, se puede decir que la *eficacia* es la combinación tanto de *efectividad* como de *eficiencia*; es decir, la capacidad de alcanzar los objetivos trazados mediante una adecuada utilización de los recursos, para de esta manera evitar pérdidas. Siguiendo con el ejemplo anteriormente citado, el vaciado de la losa se realizará de manera *eficaz* si es que se llega a realizar en la fecha y hora establecida en la programación, y sin desperdicio de horas hombre o de materiales.

Por lo tanto, lo que se busca en toda obra de acuerdo a la Nueva Filosofía de la Construcción es la eficacia.

### 1.2.1.- LA CONCEPCIÓN TRADICIONAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Recientes estudios han demostrado que la planificación representa aproximadamente sólo un 10% del costo total de un proyecto, sin embargo, regula la ejecución global de éste. Por lo tanto una mala planificación representa la causa principal de los problemas en la construcción, como la no disponibilidad o inadecuada disponibilidad de recursos y, por el contrario, una buena planificación es la clave para lograr una buena eficiencia y efectividad (Lira 1996).

Sin embargo, en general la planificación ha sido resumida a la creación de presupuestos, programas y otros documentos referentes a las etapas a ser ejecutadas durante un proyecto (Bernardes, 2001). Diversos autores apuntan a

que la ineficiencia de la planificación, radica básicamente en los siguientes puntos (Bernardes 2001):

- a. La planificación de producción normalmente está basada solamente en la experiencia de los administradores.
- b. El control está basado en general, en el intercambio de informaciones verbales entre el ingeniero con el jefe de obras, cubriendo solamente un corto plazo de ejecución sin ninguna relación con los plazos más largos cubiertos en los planes de ejecución de obras, dando como resultado, la ineficiencia en la utilización de los recursos.
- c. La planificación en otras áreas de la industria, se concentra en las unidades de producción, sin embargo en la industria de la construcción, se orienta más bien al control de las actividades. Un control orientado solo en las actividades, mide únicamente el desempeño global y cumplimiento de los contratos, no preocupándose de las unidades productivas o cuadrillas.
- d. Se olvida la incertidumbre inherente de los procesos productivos en los proyectos de construcción; esto se observa en planes de largo plazo muy detallados que llevan a realizar constantes cambios y actualizaciones no contempladas en los planes iniciales.
- e. En general, se aprecian fallas en la aplicación e implementación de software para planificación, adquiridos y utilizados sin antes haber identificado las necesidades reales de sus usuarios y directivos de la empresa. Sin esa identificación, estos programas computacionales generan una gran cantidad de datos apenas relevantes y/o innecesarios.

### **1.2.2.- PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN**

En términos simples, la productividad es la relación entre los recursos empleados y el trabajo producido en obra.

La productividad es un parámetro, el cuál se tiene que cuidar de manera continua y minuciosa. Sin embargo, en muchos casos no se tiene en cuenta, dejando que la obra simplemente se deje llevar.

#### **Tipos de Productividad**

Considerando los distintos tipos de recursos, y de acuerdo a la definición de productividad, está se puede clasificar en:

- **Productividad de los materiales (cantidad consumida/avance):** En la construcción es importante la buena utilización de los materiales, evitando todo tipo de pérdidas, por ejemplo agregados, cemento, etc.
- **Productividad de la mano de obra (hh/avance):** Es un factor crítico, ya que es el recurso que generalmente fija el ritmo de trabajo en la construcción y del cual depende en gran medida la productividad de los otros recursos, Siendo la mini-planta manejada por la acción del hombre, se tocará en cierta parte este tipo de productividad.
- **Productividad de la maquinaria (hm/avance):** Este factor es importante por el alto costo de los equipos, siendo por lo tanto muy importante evitar pérdidas en la utilización de este tipo de recursos. El presente estudio se relaciona con este tipo de productividad, por lo que la utilización de la planta se refiere; Sobre todo porque la planta realiza una actividad restrictiva para la cadena de procesos. Es donde se estudiará a fondo.

Además, se puede inferir de estas definiciones que, mientras menor sean los *indicadores* de productividad (h.recurso/avance), más productivo será el proceso bajo análisis.

La suma de todas estas productividades es conocida como **productividad de la gestión**, la cual es expresada en unidades monetarias invertidas (por ejemplo S./avance). En este caso, no se puede decir que un menor *indicador* denota una mejor productividad, ya que habría que comparar los S/. invertidos respecto a los S/. valorizados para el avance realizado. Manteniendo la variable avance fija (*Ceteris Paribus*<sup>14</sup>); si es que el primero es menor que el segundo, quiere decir que el *indicador* obtenido es mejor al previsto.

Si bien es cierto existen diferentes maneras de medir la productividad, las mediciones en el presente trabajo buscarán demostrar los beneficios, para las condiciones presentadas, que representa el uso de una planta que produce concreto in situ. Esto a través de una mejora en la producción, fluidez en las

---

<sup>14</sup> Término en latín usado en el análisis económico para variar un factor mientras que el resto de factores se mantiene constante.

actividades y finalmente reflejo de los beneficios económicos en la utilización de dicho equipo.

Teniendo en cuenta que en el tercer factor no solo se debe considerar el disminuir los *indicadores* de productividad (HM/avance), si no sobrellevar con ello un adecuado uso del equipo, para no disminuir la vida útil de su funcionalidad.



Fig. 1.6. Factores que influyen en la productividad. (Accostupa, 2005).

### Mejoramiento de la Productividad

Teniendo en cuenta los factores que inciden negativamente en la productividad, se deben adoptar acciones correctivas conducentes a la solución de los problemas identificados, como objetivo del mejoramiento de la productividad. Para realizar lo anterior, se recomienda seguir el ciclo del mejoramiento de la productividad, descrito en la siguiente figura:

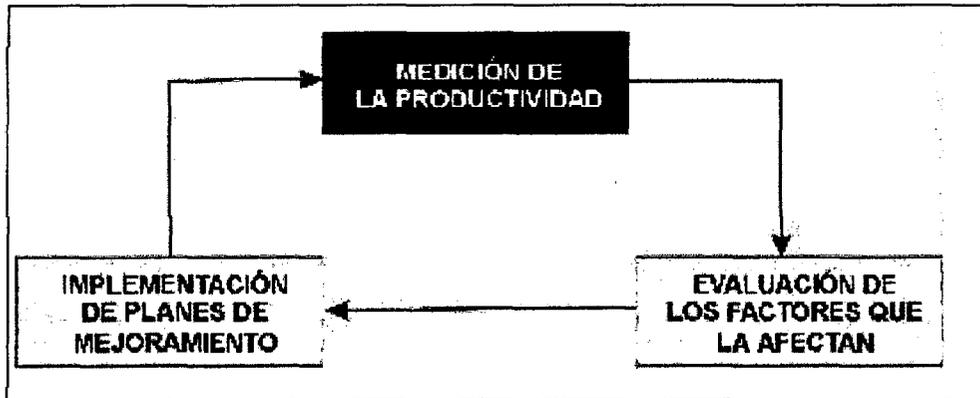


Fig. 1.7.- Ciclo de mejora continua de la productividad (Botero 2004).

Las diferentes etapas para el mejoramiento, requieren la realización de distintas actividades en el proyecto.

- **Medición de la Productividad**, Realizada mediante la toma de datos y su posterior procesamiento y análisis estadístico. Para ello se utilizan formatos diseñados para tal fin, denominados formulario de muestreo general del trabajo, los cuales se explicarán con más detalles en el capítulo II.
- **Evaluación de la Productividad**, Se utilizan los datos obtenidos para diagnosticar la situación de la obra identificando los problemas. De esta forma se puede determinar el plan de acción a seguir una vez evaluadas las diferentes alternativas.
- **Implementación de planes de mejoramiento**, Se formulan estrategias y acciones de mejoramiento, con seguimiento permanente para evaluar la eficacia y los resultados obtenidos

El sistema implementado responde a una identificación de todos los detalles encontrados en obra, correspondientes a las actividades del proceso, en este sentido para el tema en estudio se debe partir de un modelo de trabajo que un primer aspecto podría reflejarse de la siguiente manera:

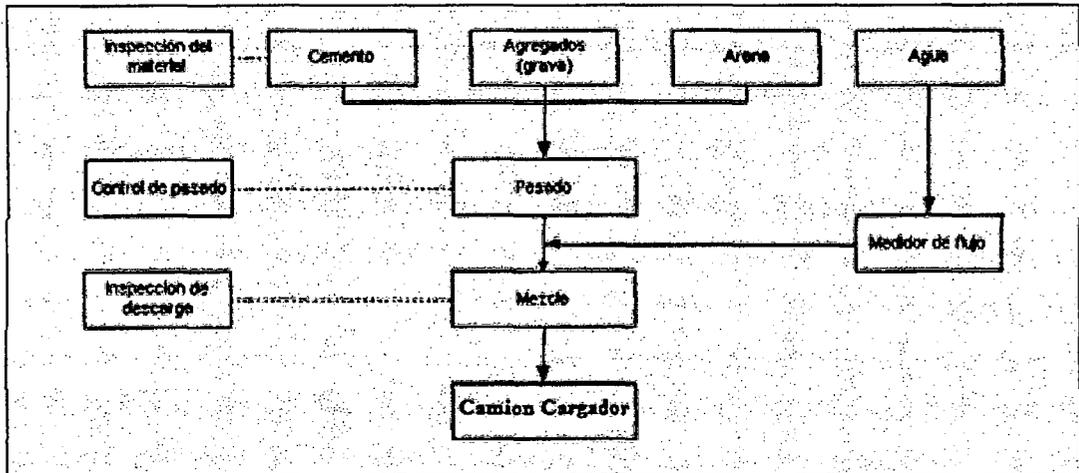


Fig. 1.8.- Esquema de trabajo de una planta concretadora en obra

## Lean Construction Y Mejoramiento de La Productividad

En 1992, Lauri Koskela, académico Finlandés presentó el estudio "Application of the new production philosophy to construction", en el cual analiza el impacto de los nuevos enfoques de producción en la industria de la construcción. Dicho estudio identifica, que las nuevas tendencias comparten un fundamento común: el concebir la producción y sus operaciones como procesos. De acuerdo con Koskela, la nueva filosofía de producción puede ser definida como un flujo de materiales y/o información desde la materia prima hasta el producto final. En este flujo el material es procesado (conversiones), inspeccionado, se encuentra en espera o es transportado. Estas actividades son diferentes entre sí. Los procesos representan las conversiones en la producción, mientras que los transportes, esperas e inspecciones son los flujos de la producción (figura 2)

En resumen, el nuevo concepto de producción (Lean Production), establece que el proceso productivo se compone de conversiones y flujos a diferencia del sistema tradicional de producción en el que solo se consideran los primeros

Se denominan conversiones a todas las actividades de transformación que convierten los materiales y la información en productos, pensando en los requerimientos del cliente, por lo tanto en el proceso de producción son las actividades que agregan valor.

Las pérdidas por el contrario, se consideran todas las actividades que no agregan valor pero que consumen tiempo, recursos y espacio, generando costos en el proceso de producción (actividades de flujos).

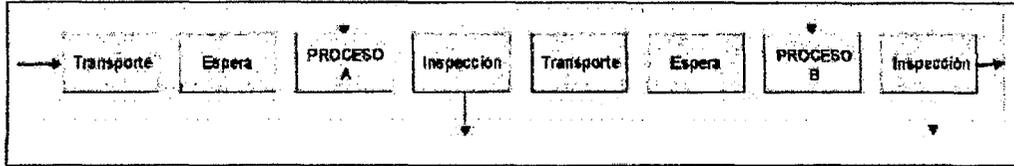


Fig. 1.9.- Esquema de proceso de producción<sup>15</sup> (Koskela 2002).

### Variabilidad

La variabilidad, se define como todo lo que aleja a nuestro sistema de producción de un comportamiento regular y predecible. En otras palabras, considerando a un sistema como un conjunto de recursos que interaccionan entre sí (es decir, la interacción entre el recurso humano, los materiales, herramientas y maquinarias para realizar un proceso), la variabilidad se define finalmente como *todo aquello que impide que nuestros procedimientos se lleven a cabo de manera previsible*.

Las fuentes de variabilidad más comunes son:

Tabla 1.3.- Causas de la Variabilidad. (Vitteri, 2008).

CAUSA	EXPLICACIÓN
Cambios en ingeniería	Por ejemplo, cuando existen incongruencias entre los planos de arquitectura, estructuras e instalaciones (sanitarias y eléctricas).
Cambios del cliente	En lo referente a instalaciones eléctricas y sanitarias mayormente (ubicación de puntos) Finalmente son adicionales que la Oficina Técnica de la obra debe de procesar.
Diferentes tipos de productos en el proyecto	Por eso se dice que se debe de industrializar la construcción, es decir, buscar productos tipo, que sean similares.

<sup>15</sup> Los cuadros sombreados representan las actividades de flujos que no agregan valor, en contraste con las conversiones.

Disponibilidad de la mano de obra	Ya que ellos son los que finalmente realizan la tarea. Se presentan problemas en caso de ausentismo, y además la variabilidad propia que genera cada trabajador.
Fallas mecánicas	En caso los procesos dependan de alguna máquina (por ejemplo, grúa).
Falta de materiales	Esto debido a una mala coordinación del departamento de logística (almacén).
Retrabajos	Debido a un inadecuado manejo de los recursos y deficiente control de calidad.
Ritmo de trabajo del operador	Ya que no es constante a lo largo de su jornada laboral.
Trabajos defectuosos	Los cuales se originan por un deficiente control de calidad.
Transporte de materiales	Si es que los materiales no son almacenados y distribuidos de una manera ordenada y similar alrededor de toda la obra, se generan distintos tiempos de acarreo de material, lo cual hace que no se puedan predecir estos tiempos.
Falta de información	La cual origina retrasos, tiempos muertos durante la construcción de la obra.

**- Importancia de la variabilidad**

Es de importancia conocer la variabilidad que se presenta en los diversos procesos en la industria de la construcción porque de esta manera, se pueden corregir los problemas presentados para, finalmente, conseguir que la obra fluya de manera predecible y estable.

En otras palabras, para que la producción fluya de manera previsible, se requieren ciclos de procesos repetitivos idénticos, es decir, trabajar bajo un tren de producción. Para poder conseguir esto, se debe minimizar la variabilidad en los procesos, y la que se generan entre éstos. De esta manera, se podrá saber a cabalidad el tiempo que demanda el realizar determinado proceso, y será más fácil poder cumplir con los plazos de producción estimados.

## - Clasificación

Para poder saber qué tipo de variabilidad se puede minimizar, primero debe ser clasificada. Es así como se agrupa en:

- a. **Variabilidad Natural:** Es la variabilidad inherente al proceso. La variabilidad natural está muy relacionada con las operaciones llevadas a cabo por personas, es decir, la mayoría de las actividades de la construcción. Al ser inherente a las acciones humanas, no se puede eliminar. Sin embargo, su influencia en la variación de costos y tiempos de entrega en los proyectos no es determinante, en realidad es mínima. Además, al conocerla y cuantificarla se puede aislar.
- b. **Variabilidad Inducida:** De acuerdo a su origen, puede ser clasificada en:
  - Debida a paralizaciones imprevistas: Por ejemplo, fallas mecánicas, falta de materiales, carencia de un apropiado análisis de restricciones, etc.
  - Debida a paralizaciones previstas: Cuando se cambia de un frente de trabajo a otro, o de un lote de producción (sector) a otro. Es decir, son actividades inevitables de realizar ya que forman parte del programa de avance. Sin embargo, sobre este tipo de paralización se tiene un cierto control pues es el ingeniero quien determina el tamaño del lote de producción, el tamaño del lote de transferencia y la secuencia de los procesos.
  - Por retrabajos: Cuando se tienen problemas de calidad se incurre en actividades que no agregan valor: retrabajos. Esto implica volver a trabajar algo que ya ha sido procesado porque no cumple con las especificaciones necesarias. Los retrabajos van contra la capacidad real de un proceso de trabajo y disminuyen su productividad puesto que no existe productividad sin calidad.

- **Impacto en los Procesos Constructivos**

En los procesos constructivos, se pueden tener las situaciones de baja, moderada y alta variabilidad. La descripción se ilustra en la siguiente tabla.

Tabla 1.4. Características de los procesos constructivos (adaptación de Hopp & Spearman, 2001).

Descripción	GRADO DE VARIABILIDAD		
	Baja	Moderada	Alta
<b>Suministro de recursos y materiales</b>	A tiempo	A veces falta	Poco confiable
<b>Procesos antecesor (prerrequisito)</b>	A tiempo	Limita avance	Varios
<b>Cambios en Ingeniería</b>	No significativos	Existen	Son constantes
<b>Planificación</b>	Prevé dificultades	Imprevistos, pequeñas consultas	Consultas de diseño
<b>Trabajo</b>	Uniforme	Variable	Muy variable
<b>Modo de trabajo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redistribución de frentes de trabajo.</li> <li>• LP de corto tiempo.</li> <li>• Sistema de control <i>PULL</i>, es decir, analizando restricciones y realizando una planificación anticipada (LookAhead planning).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reacomodo de herramientas.</li> <li>• LP, más largos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fallas mecánicas constantes e impredecibles.</li> <li>• LP largos e impredecibles.</li> </ul>

\* LP: Lote de Producción.

Antes de continuar, se considera conveniente explicar brevemente qué es un lote de producción, qué es un lote de transferencia y qué es un buffer.

Un *lote de producción*, es aquel conjunto de productos que se pretende producir mediante un determinado proceso. Por lo tanto, depende de los recursos involucrados en el proceso, para el caso en estudio sería la producción de concreto diaria a abastecer.

Un *lote de transferencia* es el producto que entrega un proceso al siguiente inmediato. Por lo tanto, depende del cuello de botella, es decir, de la ruta de fabricación y del horizonte de tiempo. Se debe de reducir, pues así se disminuye el plazo de fabricación.

Finalmente, "los *Buffers* independizan a los procesos de su medio ambiente y de los procesos de que dependen (Koskela, 2000), permitiendo amortiguar el impacto negativo de la variabilidad sobre una cadena de procesos de producción. Por ejemplo, los inventarios de materiales en un proyecto de construcción representan *Buffers* pues permiten amortiguar las fluctuaciones en la entrega de materiales desde un proveedor externo. Esto asegura el trabajo para las unidades productivas del proyecto y evita su inactividad por falta de materiales. En el contexto de proyectos repetitivos se analizan los *Buffers* de WIP (Inventarios de Trabajo en Proceso). Estos *Buffers* pueden ser entendidos como avance físico entre actividades sucesivas de un proyecto repetitivo, y permiten perfilar el trabajo de las actividades de un proyecto ajustándose a las variaciones en las tasas de producción de actividades río arriba en la cadena de producción".<sup>16</sup>

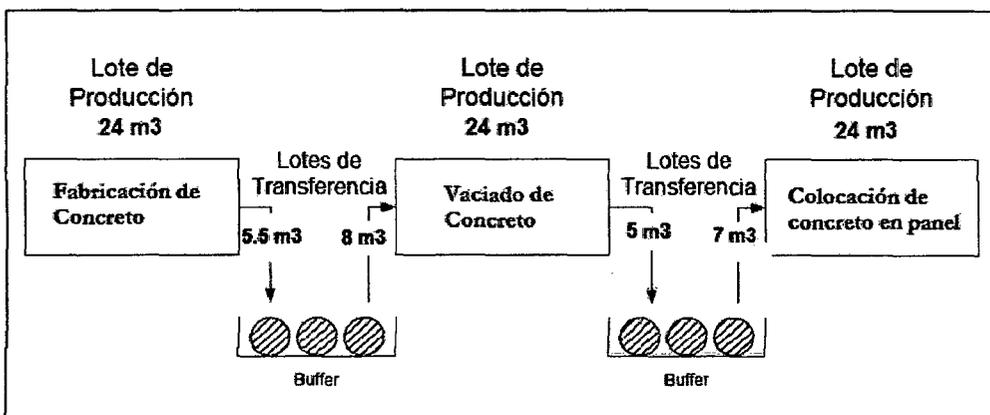


Fig. 1.10. Diagrama que representa lotes de producción y de transferencia

<sup>16</sup> GONZALEZ, Vicente. "Buffers de Programación: Una Estrategia Complementaria para Reducir la Variabilidad en los Procesos de Construcción". GEPUC. Chile, 2003.

Es así como, a continuación se pretende explicar el efecto dominó. Éste es el efecto de transferencia que genera la variabilidad, el cual dice que ésta va en aumento conforme más cerca se esté de los últimos procesos, que son los que usualmente agregan más valor al producto final desde el punto de vista del cliente.

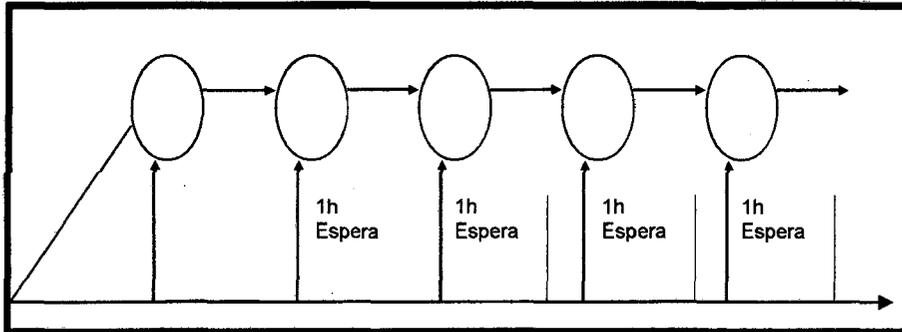


Fig. 1.11. Efecto de la variabilidad en una cadena de procesos (Vitteri, 2008).

La Fig. 1.11. muestra que una hora perdida en el cuello de botella (actividad que marca el ritmo de todo el proceso) es en realidad una hora perdida en cada uno de los procesos *corriente abajo* –es decir, los siguientes procesos en la secuencia constructiva- en la cadena de producción.

### 1.3.- ANTECEDENTES DEL USO DE MINI PLANTAS

Los materiales usados para fabricar concreto (agua, arena, grava, y cemento) son relativamente baratos, y fáciles de obtener. Sin embargo, las proporciones correctas de estos materiales necesarias para producir concreto de buena consistencia y resistencia no son obtenidos fácilmente debido a que estos varían considerablemente de acuerdo al tipo de estructura o requerimientos de obra. En consecuencia, las computadoras se convirtieron en equipos estándares de estas plantas modernas de concreto. Estas computadoras no sólo proporcionan cálculos exactos, indicando la cantidad exacta de cada componente, sino que también controlan la maquinaria automática que hace la mezcla asegurando una alta calidad y consistencia del producto.

La República de China ha estado envuelta en el desarrollo de las maquinarias y equipos utilizados en las plantas de concreto pre-mezclado por más de 20 años. Taiwán ha obtenido reconocimiento internacional por su habilidad en la planeación, diseño, manufactura e instalación de estas plantas de concreto, portátiles y estacionarias, en otros países.

En Brasil, es donde se han experimentado ya el uso de las Mini plantas Concreteras instaladas en obra teniendo gran éxito, presionados por la natural evolución del mercado principalmente en los últimos diez años, las industrias de prefabricados de concreto optaron por equiparse con plantas, pudiendo reducir substancialmente los costos productivos, mejorando la calidad y la productividad.

Alcanzado el control absoluto sobre los consumos de la materia prima y mano de obra en la producción, se logran resultados como:

- Producción de Concreto en el momento exacto de su requerimiento, atendiendo a las necesidades del cronograma de obra.
- Sustancial reducción de la deformación lenta del concreto a través de una mezcla más homogénea que eleva el módulo de elasticidad.
- La simultaneidad entre Las operaciones de dosaje, mezclados y descargas en el local donde se está haciendo el vaciado; con la necesidad del cronograma en tiempo real.

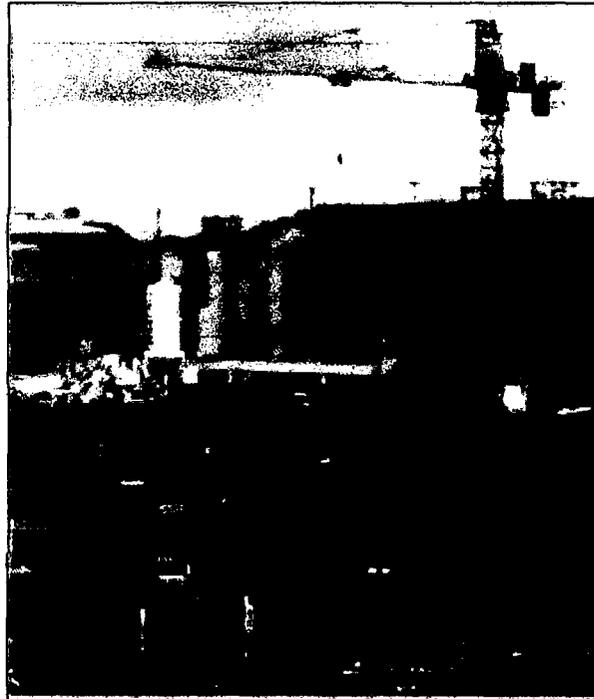


Fig. 1.12.- Obra: Condominio Alicerse/castor – Belo Horizonte/MG  
Equipamento: Minimix 750 CIBI

Otras experiencias se presentaron en Venezuela, para la construcción de la Obra del Metro de Caracas - Venezuela. La constructora Odebrecht responsable de la ejecución de un tramo vial del reconocido metro, optó por Instalar dos mini-plantas de concreto fabricadas en Brasil, Siendo estas las encargadas de toda la producción de lechadas (grouts) y concreto e inclusive para los prefabricados.

Entre otros modelos de mini plantas de concreto se encuentran las mini plantas móviles las cuales se utilizan en Estados Unidos

Esta planta puede mezclar hasta 12 metros cúbicos por hora. La arena y la grava se miden en peso volumétrico en la Tolva. Un contador de agua provee medidas exactas para un control preciso.

Se añade el cemento en la correa con el rompedor de bolsas Standard o directamente en la correa con un silo. La planta mezcla tan rápido como se puedan añadir materiales.

Posee un motor y sistema hidráulico diseñados para mezclar 2.5 metros cúbicos de materiales seco. El tambor diseñado con palas agresivas para mezclar el cemento. Esta máquina mezcla tan rápido como se añada agua.

En este equipo es posible instalar adicionalmente una balanza de peso en la tolva la cual permite medir con precisión la arena, grava y el cemento.

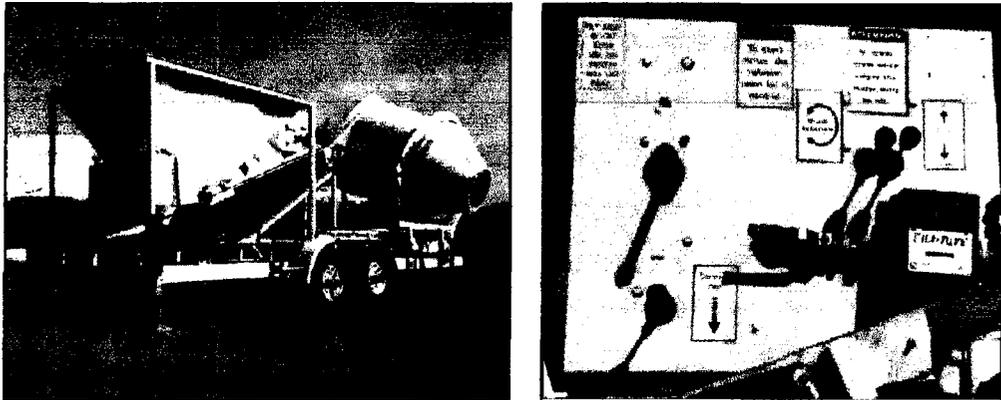


Fig. 1.13.- Vista de la planta móvil y el panel de control para las operaciones del equipo. Fuente DMI ASPHALT EQUIPMENTS-USA.

## 1.4.- INDUSTRIALIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

### 1.4.1.- TECNOLOGÍAS ACTUALES EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO

Si bien es cierto desde hace mucho tiempo atrás los avances tecnológicos no fueron ajenos al manejo industrial de los procesos constructivos, En ésta tesis de estudio se pretende demostrar la productividad que puede generarse al utilizar este tipo de equipos en la fabricación de concreto y la repercusión de su funcionamiento dentro de la misma obra, se muestran a continuación algunos métodos de producción del concreto; ya en un próximo capítulo se trataran las características específicas por las que se adoptó el uso de la mini-planta para la obra en estudio.

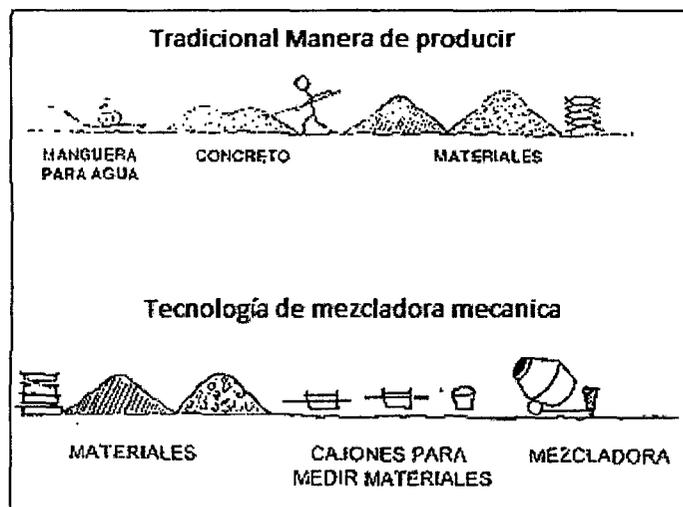
Una clasificación de la tecnología usada para la fabricación de concreto puede ser dependiente de la capacidad de producción, y el tipo de uso de la estructura a construir, tal y como muestra la tabla 1.5. Desde el punto de vista de requerimiento en obra se pueden clasificar estas distintas tecnologías.

	<b>Trompo</b>	<b>Mini-Planta</b>	<b>Planta concretera</b>
<b>Capacidad</b>	1 [m <sup>3</sup> /hora]	6 [m <sup>3</sup> /hora]	25 [m <sup>3</sup> /hora]
<b>Operación</b>	1 operario Manual: Pala	Manual: Carretilla dosificadora	3 operarios 1. Scrapista (grúa) 2. Operador peso 3. Operador camión tolva
<b>Uso</b>	Reparaciones Rellenos Parches	Casas Edificios 10 15 pisos Programación lenta	Edificios sobre 2.000 [m <sup>2</sup> ] Programación rápida

**Tabla 1.5.-** Clasificación de Tecnologías según Requerimiento de Obra – Universidad de Chile Facultad de Arq. Y Urbanismo

A continuación se explicará bajo que procesos se realizan los trabajos de fabricación de concreto con las tres tecnologías señaladas en la tabla 1.5:

- **Preparación Manual de Concreto.-** En este contexto se reconoce el término manual, como el realizado en las operaciones de dosificación y mezclado; hechas de forma artesanal. Para la dosificación se utilizan recipientes que puedan contener cantidades de material fácilmente medibles. Manualmente también las operaciones de mezclado o con un equipo mezclador de reducidas dimensiones, que proporciona una mezcla uniforme dependiendo del control que se le dé, y en pequeñas cantidades por cada ciclo de producción.



**Fig. 1.14.-** Producción manual de concreto

- **Elaboración Semi-industrializada.-** las operaciones de carguío, dosificación y mezclado se realizan mediante un equipo como la mini planta, que pertenece al caso de estudio, sin embargo los controles de regulación, para producir una mezcla de calidad, adecuándose a las normativas es realizada por un técnico especializado en concreto. las operaciones de la planta las realiza el operador, quien vigila el normal desarrollo de las operaciones y envía reportes de consumo diario mediante el panel de control que posee el equipo.



**Fig. 1.15.-** Un modelo de mini - planta usada en Colombia con producción de 8-10 m<sup>3</sup> /h – Fuente:

Altrón Ingeniería.

- **Elaboración automatizada.-** Procesos Industriales a gran escala que se realizan con plantas industriales, automatizadas y computarizadas que pueden realizar los trabajos de dosificación y mezclado en conjunto o simplemente realizar las operaciones de dosificación en planta y el mezclado en un camión mezclador que a su vez transporta el concreto a la zona de vaciado. Por la cantidad masiva de producción que realizan, estas plantas poseen zonas clasificadas de trabajo, las que ya se explicaron anteriormente en la descripción de la planta de concreto. Generalmente son requeridas para producciones de vaciados rápidos y en mayor cantidad. Es posible controlar aquí otros inconvenientes en el

trabajo con las plantas de concreto como la contaminación ambiental y el orden y la limpieza en las áreas de producción.

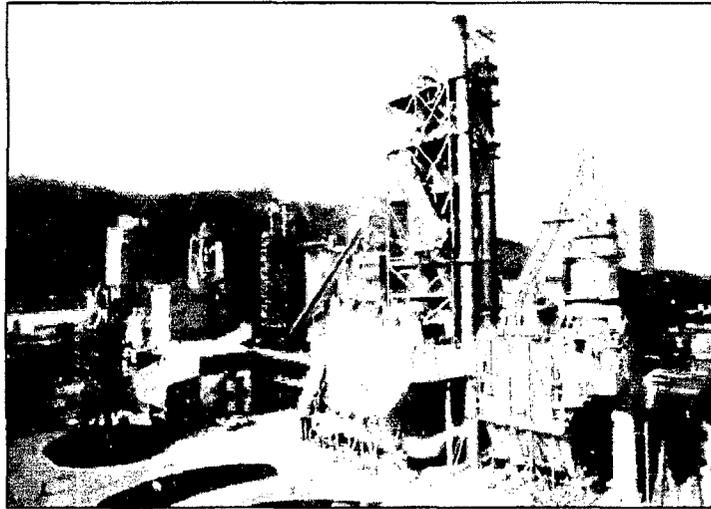


Fig. 1.16.- Planta Productora de Concreto Premezclado - Chile

#### 1.4.2.- RELACIÓN ENTRE TECNOLOGÍA Y PRODUCTIVIDAD

Una mejora tecnológica permite que la productividad aumente, ya que esta facilita el trabajo, haciendo que la cantidad de recursos necesarios para ejecutar una determinada obra disminuya. Por lo tanto, para que la productividad aumente en función de la tecnología, debe de pasar un cierto tiempo, tal y como se muestra en la siguiente gráfica.

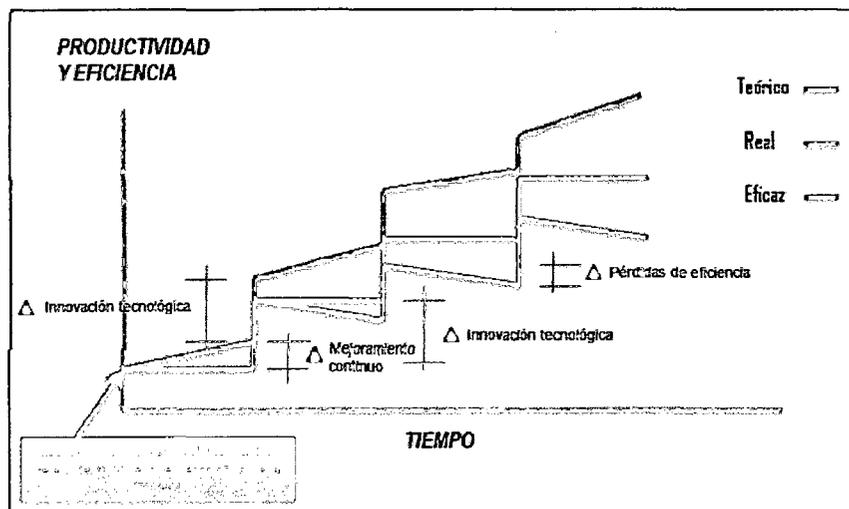


Fig.1.17.- Gráfica que indica cómo varía la mejora respecto del tiempo. Virgilio Guio

Además, una mejora tecnológica permite lograr un mayor volumen de obra en menor tiempo, así como un perfeccionamiento en lo que a la obtención de la calidad se refiere.

En el texto de Drewin<sup>17</sup>, se menciona la siguiente pregunta:

“¿Estamos calculando la productividad combinada de todos los recursos recibidos o estamos calculando la productividad parcial, de un solo recurso?”

Si bien la idea es calcular el ratio de productividad para todos los recursos de la obra, una manera de llevar un mejor control es analizando cada recurso independientemente. Sin embargo, es de suma importancia el tener en cuenta cómo es que estos recursos se relacionan entre sí; es decir, nunca hay que dejar de ver a la obra como un todo.

Lo mismo se puede decir de los procesos y actividades que se realizan en la obra. Finalmente, es la conjunción de éstos lo que hace que toda la obra avance de manera constante, por lo que un adecuado control para poder hallar los ratios de productividad en cada uno de los procesos es de suma importancia para poder cumplir, finalmente, con los plazos establecidos.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que, de acuerdo a la nueva filosofía de la producción, los procesos son actividades formadas por un sistema de actividades de flujo y de producción.

---

<sup>17</sup> E.J Drewin. "Construction Productivity". Cap I. N.Y 1992.

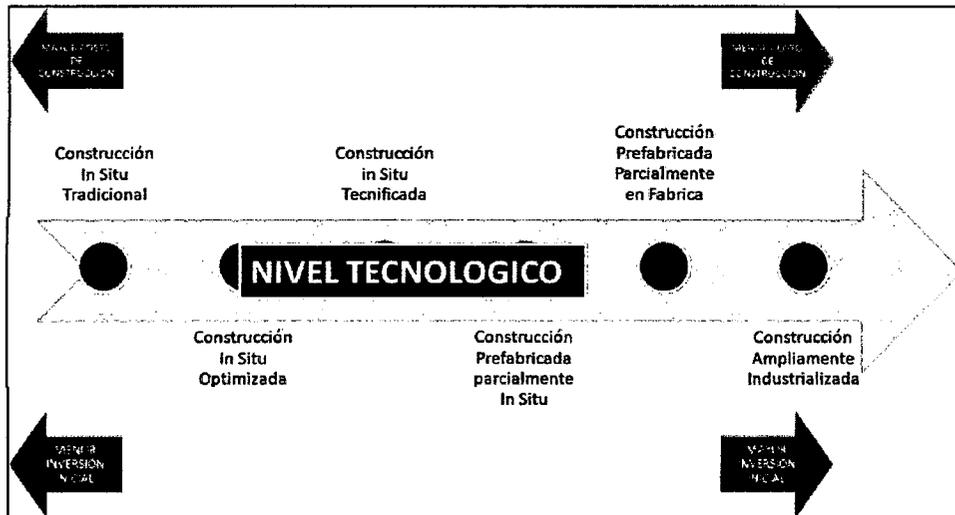


Fig. 1.18.- Gráfico de la evolución tecnológica de los procesos constructivos Virgilio Guío – Chile  
2006

Por otro lado y tal como se muestra en la Fig. 1.18 un avance tecnológico siempre estará ligado a un contexto económico encasillado, en el que la tendencia de los procesos industrializados dependiendo del lugar de fabricación puede resultar en una alta o baja inversión con un bajo y mayor costo de producción respectivamente.

## CAPITULO 2: HERRAMIENTAS Y METODOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD

En el presente Capítulo se procederá a explicar los conceptos sobre los métodos de estudio aplicados en esta investigación. El análisis de estudio sobre la productividad del trabajo merece un adecuado tratamiento mediante técnicas y métodos que reflejen tanto el trabajo real como la mejora en la productividad.

Cabe resaltar que, así como la gran mayoría de metodologías que buscan mejoras en la productividad, y prosiguiendo con el ciclo de mejora continua de la productividad presentado en la Fig. 1.7 del Capítulo I, las siguientes herramientas son utilizadas en gran parte en el área de procesos Industriales, aplicados a la Ingeniería Civil.

Se hace mención explícita que la información teórica mostrada toma parte de los manuales de gestión de proyectos de la empresa Graña y Montero, recopilados como parte del convenio de cooperación. Así mismo se explica el modelo de Simulación Cyclone bajo la perspectiva y el estudio del Dr. Teofilo Vargas<sup>1</sup> a quien se le agradece enormemente los aportes.

### 2.1.- METODOLOGÍAS PARA EVALUAR LA PRODUCTIVIDAD EN EQUIPOS

#### 2.1.1.- HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

Una de las formas de poder medir la productividad es mediante el IP (Informe de Productividad), cuya finalidad es mostrar la eficiencia obtenida en la ejecución. Se establece el *Informe de Productividad (IP)* como herramienta de control de la Productividad, garantizando un reporte veraz y oportuno, que permita un adecuado análisis y toma de acción.

Es preciso empezar definiendo el significado de IP de equipos:

- **IP de equipos:** Mide la eficiencia de una cuadrilla o pull de equipos en el consumo de los recursos de Equipos al ejecutar sus trabajos. La cantidad de recursos consumida se mide en horas máquina (HM). Sin embargo, no

---

<sup>1</sup> Ingeniero Civil. Doctor en Ingeniería. Profesor universitario. Experto nacional e internacional en Planificación Regional, Proyectos, Informática, Gestión de la Calidad, Gestión basada en valores

se puede usar la HM como unidad de medida de la Productividad, ya que generalmente el pull de equipos está conformado por equipos diferentes entre sí (distintos en función, en potencia, en consumo de combustible, etc.). Para medir la Productividad del pull de equipos se traducen las HM a su costo en dinero, siendo ésta la unidad utilizada para medir la Productividad de los equipos. Por ejemplo, dólares consumidos por metro cúbico de excavación masiva (\$/m<sup>3</sup>) o soles consumidos por metro cuadrado de preparación de terreno (S/. /m<sup>2</sup>)<sup>2</sup>.

El IP de equipos compara los *ratios*<sup>3</sup> de dinero, reales y previstos, para cada partida de control; obteniendo el estado de Productividad de equipos del Proyecto, que se mide en dinero ganado o perdido a la fecha. Con base en el análisis de los resultados obtenidos se puede proyectar un *ratio* para el saldo de Proyecto, obteniendo el valor de dinero ganado o perdido del saldo. Con la suma de ambos se obtiene el total de dinero ganado o perdido proyectado para el fin de Proyecto.

La Fig.2.2 presenta un ejemplo de IP de equipos, en el que:

- Los avances y las HM reales se obtienen directamente de las mediciones diarias y los tareas de los trabajadores.
- Las HM de los diversos equipos deben ser convertidas en dinero, a fin de obtener una unidad de medida homogénea de la Productividad de toda la cuadrilla de equipos.
- Para ello se usan las tarifas del Presupuesto Meta a fin de obtener un *ratio* en dinero compatible con el *ratio* meta. Para el ejemplo que se muestra en la Fig.2.1, se ha utilizado como unidad monetaria el Dólar Americano (US\$).

---

<sup>2</sup> Manual de Gestión de Proyectos – Graña y Montero S.A.

<sup>3</sup> Indicador que representa la relación entre el recurso consumido y el avance ejecutado o esperado.

		"Colocación y compactación de material de relleno"				
Partida:		100,000 m <sup>3</sup>				
Metrado:		61,006/3007				
Código:		32/04/3007				
Fin:		1320,08 m <sup>3</sup> /ca				
RENO:		1,50				
Costo unitario por m <sup>3</sup> :		1,50				
DESCRIPCIÓN DEL RECURSO		UNIDAD	Cantidad	Costo	Partida \$	
Materia de obra						
Capota Del	HM	1,88	4,40	0,82		
Para	HM	4,38	2,36	0,27		
Quadrado Pared	HM	2,58	2,29	0,89		
Equipos						
				24,99	0,25	
				31,56	0,27	
				93,01	0,31	
				8,250	0,25	
				24,943	0,25	

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	SEMANA	PU
			3	
HM REALES PARA ESTE AVANCE	Camión Cisterna	HM	24	24.99
	Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado	HM	98	31.56
	Tractor de Orugas	HM	49	93.01
HM REALES EN US\$	HM de Equipos en US\$	US\$	8,250	
	HM de Equipos en US\$ ACUM.	US\$	24.943	

**Costo real de las HM de la semana (US\$) = Σ(HM\*PU)**

Fig. 2.1.- Ejemplo de conversión de HM en dinero <sup>4</sup> - para el caso en estudio los datos de Horas Trabajadas se obtienen directamente del SISME <sup>5</sup>

- El valor del dinero acumulado previsto, se obtiene de multiplicar el *ratio* previsto y el metrado acumulado actual.
- Los *ratios* reales son el resultado del cociente entre el dinero consumido y el avance ejecutado.

IP EQ												
OBRA : YANACOCOA 05										% Avance: Partida N° 1		18.9%
CONTROL DE AVANCE					SISME		FECHA:16-Jul-07 al 22-Jul-07					
Item	PARTIDAS DE CONTROL	und	AVANCE			US\$			PRODUCTIVIDAD			
			Total	Acum. Actual	% Acum. Actual	PPTO	Acum. Previsto	Acum. Real	und	Ratio Previsto	Ratio Real Acum.	Ratio Real Semanal
1	Colocación y Compactación de Material de Relleno	m3	100,000	18,940	18.9%	131,000	24,811	24,478	nh/m3	1.310	1.292	1.281
2	Perfilado de subrasante	m2	100,000	18,860	18.9%	43,000	8,118	7,556	nh/m2	0.430	0.400	0.390
3	Colocación de cama de tubería	m3	100,000	18,370	18.4%	409,000	76,133	75,183	nh/m3	4.090	4.093	4.040

**Costo Acum. previsto = Avance Acum. \* Ratio previsto**

**Precio Unitario Acum. = Costo real de HM Acum. / Avance Acum.**

Fig. 2.2.- Ejemplo de IP de Equipos, los datos de los costos del equipo son extraídos del SISME

El dinero ganado o perdido a la fecha se obtiene directamente de la diferencia entre el dinero acumulado previsto y el dinero acumulado real. El cálculo del

<sup>4</sup> Manual de Gestión de Proyectos – Graña y Montero S.A.

<sup>5</sup> Sistema de Mantenimiento de Equipos de Graña y Montero S.A.

dinero ganado o perdido a fin de Proyecto se muestra en la Fig. 2.3, en la que el *ratio* para el saldo es estimado por el Responsable del Control de Productividad y validado por el Gerente de Proyecto. Adicionalmente, el dinero ganado o perdido puede expresarse como un porcentaje del dinero previsto.

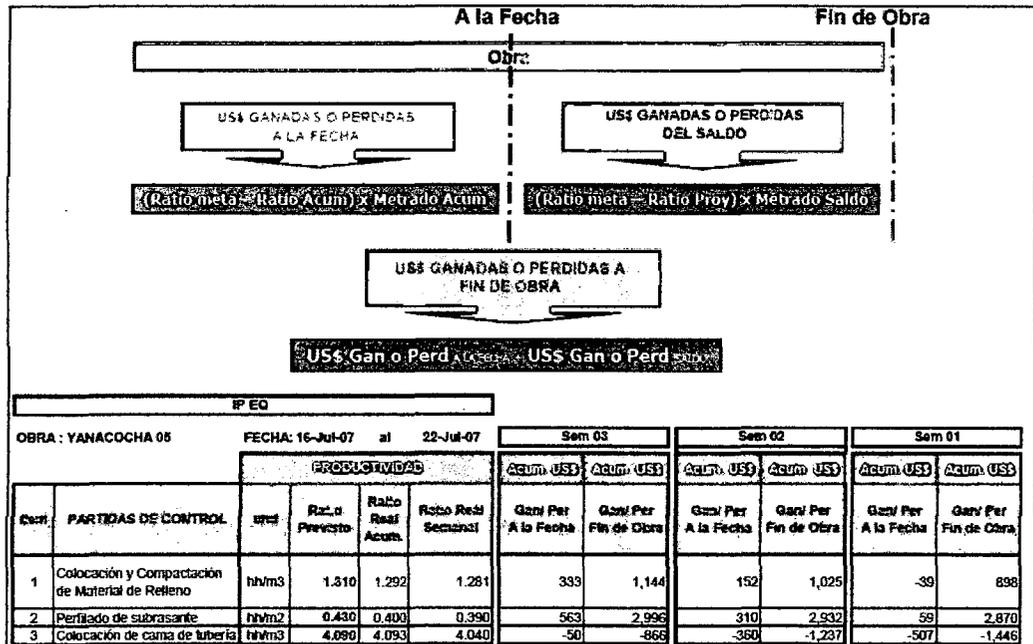


Fig.2.3. – Dólares ganados/perdidos a la fecha y dólares ganados/perdidos proyectados<sup>6</sup>

Adicionalmente se lleva un control con el histórico de las HM acumuladas consumidas por familia de equipos (excavadoras, cargadores, motoniveladoras, etc.), el cual es el sustento de los costos de equipos mostrados en el IP y que debería ser compatible con las valorizaciones de equipos.

### 2.1.2.- ESTUDIO DE TIEMPOS

Esta es una herramienta cuya utilidad es medir la productividad de los trabajadores o equipos, para, mediante un adecuado ordenamiento de las actividades que estos realizan, se determine el Índice de Productividad generado por la cuadrilla o trabajador específico.

<sup>6</sup> Manual de Gestión de Proyectos de Graña y Montero S.A.

Este índice de productividad viene determinado por el *Tiempo Productivo* utilizado para generar un *Trabajo Productivo*. Para poder entender mejor cuál es la finalidad de esta herramienta, se presentan a continuación algunas definiciones relacionadas al tema.

### **Definiciones básicas**

*Hora hombre*: es el trabajo que puede realizar un hombre en una hora. Por lo tanto, se puede decir que una hora hombre de un operario no es la misma que la hora hombre de un ayudante, ya que ambos tienen funciones distintas. Es por esto que las horas hombre están divididas de acuerdo al rango que tenga el trabajador.

*Tiempo total de operación*: Es el tiempo total observado y registrado para la actividad en estudio desde que esta inicia hasta que esta termina. Por lo tanto, de este tiempo no se puede inferir la productividad de la cuadrilla que lo empleó.

Es por esto que, mediante el estudio del tiempo, se busca disgregar el tiempo total de tal manera que permita deducir la productividad generada por la cuadrilla en estudio. Así, se puede descubrir la naturaleza, orígenes e importancia del tiempo que no genera valor (tiempo no productivo), las cuales antes estaban ocultas dentro del tiempo total de operación.

El tiempo total comúnmente se disgrega en:

- **Tiempo Productivo (TP)**: Es aquel en el que se realizan actividades que generan valor agregado al proceso en análisis, por lo tanto, aportan en forma directa a la producción.  
Por ejemplo: mezclar el concreto, armar columnas, vaciar losas.
- **Tiempo Contributorio (TC)**: Es aquel en el que se realizan actividades que no generan valor, pero son necesarias para que las actividades desarrolladas dentro del TP se realicen de manera óptima.  
Por ejemplo: Transporte de materiales, orden y limpieza.
- **Tiempo no Contributorio (TnC)**: Es aquel en el que se realizan actividades que no generan valor y además no ayudan a las actividades

desarrolladas dentro del TP ni dentro del TC, es decir, generan pérdidas.  
No son necesarias, generan costos pero no valor agregado.  
Por ejemplo: Viajes, trabajos rehechos, esperas.

### Valores óptimos para el TP, TC y TnC

En líneas generales, se dice que los valores óptimos son:

TP = 60%

TC = 25%

TnC = 15%

Estos valores se basan en un promedio nacional, basado en estudios de diversas universidades de Estados Unidos, en el año 1989<sup>7</sup>.

Una vez conocida la existencia del TnC y averiguadas sus causas se pueden tomar medidas para reducirlo. Para esto, es recomendable recurrir a herramientas estadísticas como el Diagrama de Pareto o como el Diagrama de Ishikawa.

Dado que mediante el uso de estas herramientas se obtienen los porcentajes de TP, TC y TnC, es gracias a esta que la dirección puede fijar tiempos meta de ejecución de trabajo ("benchmarks") y si más adelante el TnC aumenta, se notará inmediatamente porque la operación tardará más que el tiempo meta, y la dirección pronto se enterará. Entonces, a través de medidas correctivas, se puede llegar a alcanzar los "benchmarks" impuestos en un inicio.

Desgraciadamente, el estudio de tiempos adquirió mala fama hace años, sobre todo en los círculos sindicales, porque al principio se aplicaron casi exclusivamente para reducir el TnC imputable a los trabajadores, fijándoles normas de rendimiento a ellos, mientras que el imputable a la dirección se pasaba prácticamente por alto.

Las causas del TnC evitables en mayor o menor grado por la dirección son mucho más numerosas que las que podrían suprimir los trabajadores. Además,

---

<sup>7</sup> S.A. "Productividad en la Industria de la Construcción Chilena". Revista BIT #23. Chile, 2001.

la experiencia ha demostrado que si se toleran los tiempos improductivos como por ejemplo las interrupciones por falta de material o avería de las máquinas sin hacer un verdadero esfuerzo para evitarlos, el personal se va desanimando y desganando y aumenta el tiempo improductivo atribuible a los trabajadores. Es por esto que es de suma importancia que la mejora empiece desde la gerencia misma, la cual debe de ser un modelo a seguir. Si es que la dirección propone y realiza las mejoras, entonces los trabajadores no tienen excusa alguna para mejorar ellos mismos. No se debe permitir que la dirección sea una traba para que los trabajadores mejoren.

Por lo tanto, mediante el estudio de tiempo se busca minimizar el TnC por deficiencias de la dirección debe preceder a toda ofensiva contra el TnC imputable a los trabajadores. Más aún, el solo hecho de que disminuyan las demoras e interrupciones que la dirección pueda evitar tenderá a reducir el desperdicio de tiempo de los operarios, puesto que recibirán a tiempo trabajo y material y tendrán la sensación de que la dirección se preocupa y está al tanto de lo que ocurre en obra. Eso, de por sí, tendrá efectos provechosos.

Hay que tener claro antes de realizar un estudio de tiempos, las siguientes pautas:

- No se debe de realizar de manera oculta; esto puede darle la sensación al trabajador de que él está siendo medido, más no el proceso.
- Hacerle conocer al trabajador sobre el estudio que se está realizando: para que de esta manera realice el trabajo tranquilamente, como siempre lo hace, y se obtenga así un resultado fidedigno y confiable.
- No darle la sensación al trabajador de que tiene "alguien encima": ya que esto puede distraerlo, y permitir que trabaje de manera adecuada.
- En caso se requiera, preguntarle al trabajador qué es lo que está haciendo: sin interrumpir el flujo del trabajo. Si se cree conveniente, filmar el evento y preguntarle luego de que éste haya terminado.
- Intensa concentración, atención: para entender el proceso que se viene llevando a cabo.

De manera general, se puede decir que el siguiente es el formato para poder realizar el estudio de tiempos:

Fecha:																				
Hora inicio:																				
Hora fin:																				
#obs	TP			TC							TNC							Trab.	Observaciones	
	A	H	Q	T	P	L	I	M	C	X	V	H	E	R	D	B	Y			
1																			1	
																			2	
																			3	
																			4	
																			5	
2																			1	
																			2	
																			3	
																			4	
																			5	
n																			1	
																			2	
																			3	
																			4	
																			5	

Fig. 2.4.- Medición de tiempos (ejemplo de formato, donde se distingue, mediante un código preestablecido, las actividades relacionadas al TP, TC y TNC).

Cabe mencionar que dicho formato puede variar, de acuerdo al criterio del investigador.

#### Procedimiento.-

El procedimiento para realizar el estudio de tiempos, es convencionalmente el siguiente:

- 1) Seleccionar la cuadrilla a medir.
- 2) Obtener y registrar la información del trabajo: analizar las actividades que realiza el trabajador y como éste las lleva a cabo.
- 3) Descomponer la operación en actividades: las cuales pueden pertenecer al trabajo productivo (TP), trabajo contributorio (TC) y trabajo no contributorio (TNC).
- 4) Determinar el tamaño de la muestra: el cual es usualmente de 30 minutos, tomando una medición por minuto (es decir, 30 mediciones finalmente). En caso se crea conveniente, se puede reducir, o bien aumentar el intervalo de las mediciones, así como el número de mediciones a realizar.

- 5) Se realiza la medición: para esto se necesita un formato, como el mostrado en el anexo 4.5 por ejemplo.
- 6) Compilación de la información: es decir, la información es procesada y resumida en distintos tipos de gráficos.
- 7) Llegar a una conclusión: a partir de la información compilada. En caso se requiera mejorar el proceso, una posible conclusión estaría relacionada al dimensionamiento de la cuadrilla, al orden las actividades que se realizan, etc. En caso se quiera verificar si el proceso ha mejorado, la conclusión a la que se llega es que si se consiguió dicho objetivo.

Cabe mencionar que se debe de tener un especial cuidado en los eventos que pueden ocasionar variabilidad cada vez que se realice el proceso bajo estudio.

### **Carta Balance**

Se realizan mínimo 30 mediciones, una medición por minuto. La idea es recabar mediante este número de mediciones, al menos dos ciclos de producción (ciclos repetitivos). Dado que la actividad en estudio presenta la interacción de la mano de obra con los equipos, esto para la preparación del concreto, se midieron cartas balances tanto por separados (equipo, MO) y a su vez en nivel general (Incluyendo ambos).

Por otro lado las actividades de la prefabricación que influyeron en el proceso de Fabricación de concreto, estaban compuestas de varios procesos, los cuales fueron estudiados bajo cartas balances de intervalos de 1 minuto cada uno, haciendo un total de 60 mediciones, lo que correspondía a una hora de observación por cada proceso.

## **2.2.- HERRAMIENTAS PARA LA MEJORA DE LOS PROCESOS:**

### **2.2.1.- ESTUDIO DE MÉTODOS**

El estudio de métodos se emplea principalmente para mejorar los métodos de producción, en este caso, los que se presentan en obra. Es por lo tanto, junto con el Estudio de Tiempos, una de las herramientas que permite al Lean Construction conseguir sus objetivos. Los diagramas que permiten un mejor análisis y son los usados en la presente tesis son:

**Diagrama de Procesos:** Es un diagrama que muestra cómo es que se desarrolla un proceso o cómo es que se debe de realizar. Utiliza un lenguaje especial, en base a conectores, los cuales son:

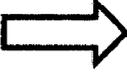
SIMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	OPERACIÓN	Indica las principales fases del proceso Agrega, modifica, montaje, etc.
	INSPECCIÓN	Verifica la calidad y cantidad. En general no agrega valor.
	TRANSPORTE	Indica el movimiento de materiales. Traslado de un lugar a otro.
	ESPERA	Indica demora entre dos operaciones o abandono momentaneo.
	ALMACENAMIENTO	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén
	COMBINADA	Indica varias actividades simultáneas

Tabla 2.1.- Lenguaje utilizado en un Diagrama de procesos. Fuente FIUBA- Argentina

**Diagrama de Montaje:** Usando el mismo lenguaje anteriormente mostrado para el Diagrama de Procesos, busca, de manera más simple, unir varios Diagramas de Procesos en uno solo, con el fin de buscar relaciones y dependencias entre ambos.

**Diagrama de Recorrido:** Es un Diagrama que muestra los recorridos realizados por los trabajadores, elemento construido, etc. que conforma parte del Diagrama de Procesos o Diagrama de Montaje. Puede ser realizado mediante un esquema en planta o en elevación.

### 2.2.2.-Descomposición Del Trabajo

Para complementar y sintetizar estas últimas ideas volcadas, existe una técnica conocida como la *descomposición del trabajo*, la cual permite separar el tiempo improductivo del resto (llamado "contenido del trabajo").

El tiempo improductivo es clasificado, de acuerdo a lo mencionado anteriormente, en tiempo Improductivo debido a deficiencias de la dirección y en tiempo improductivo imputable al trabajador. Cabe mencionar que el primero es por lo general mayor, ya que es difícil que la dirección admita sus errores; es más fácil culpar al trabajador mismo antes que al proceso. Por suerte, esta actitud está cambiando poco a poco.

A continuación se presenta un esquema de la descomposición del trabajo para la fabricación un determinado producto.

Primero, se divide el trabajo en cinco grandes grupos. Los que mediante este método interesa analizar, es el trabajo que no es productivo, es decir, el trabajo suplementario y el improductivo.

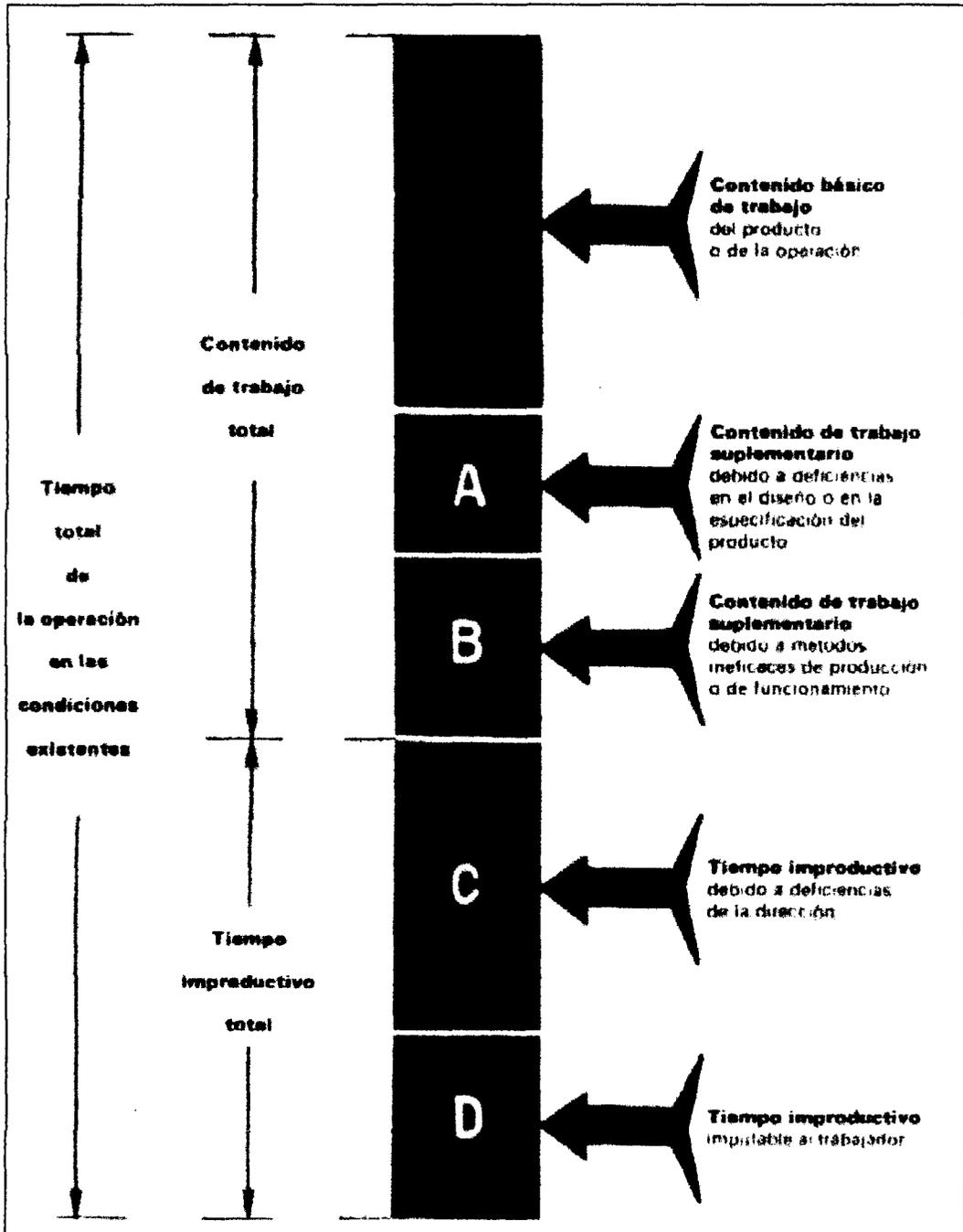


Fig. 2.5.- Descomposición del tiempo de fabricación de un producto <sup>8</sup>

<sup>8</sup> ESTUDIO DEL TRABAJO, Publicación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires - <http://materias.fi.uba.ar/7628/Produccion2Texto.pdf>

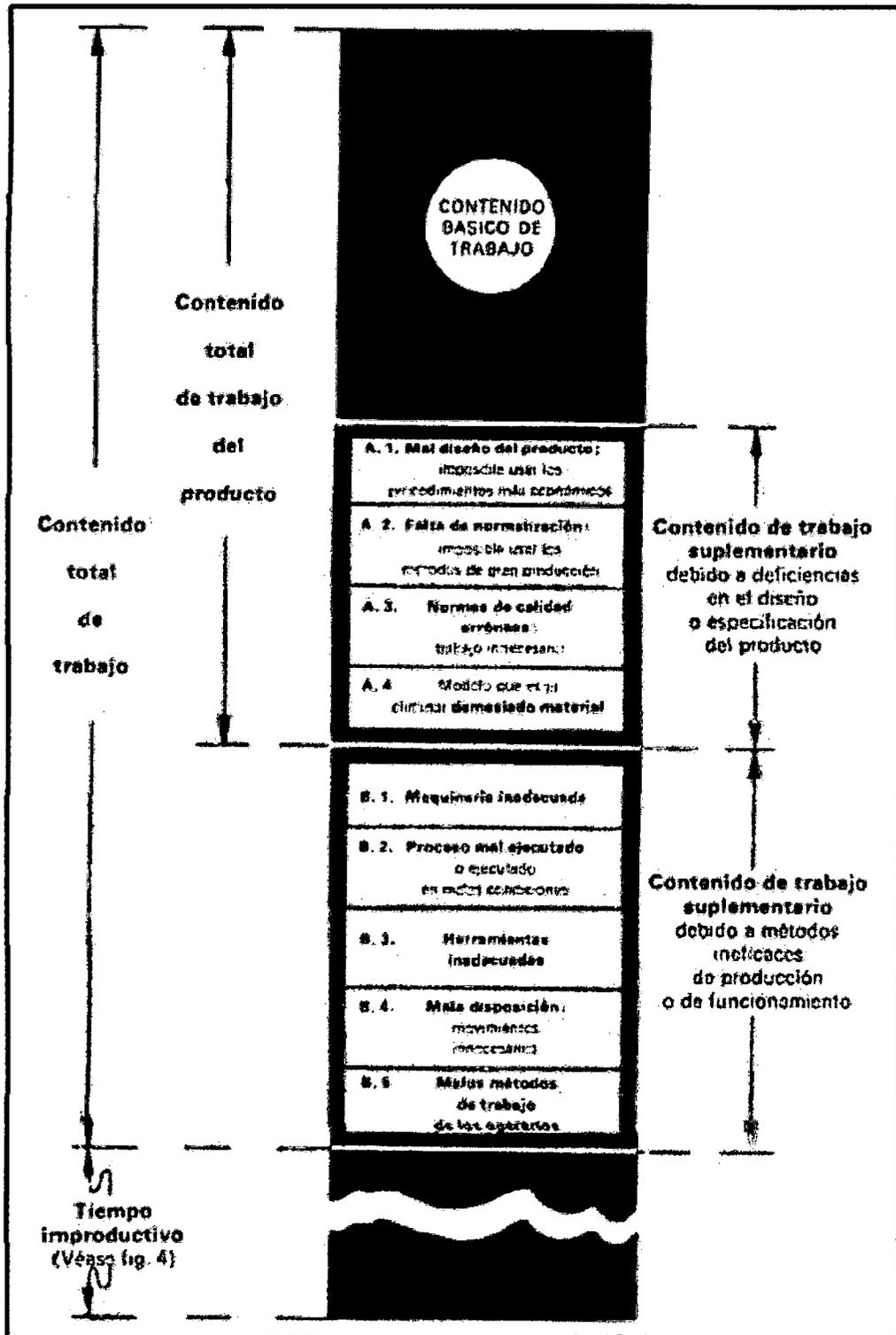


Fig. 2.6.- Contenido del trabajo debido al producto y al proceso

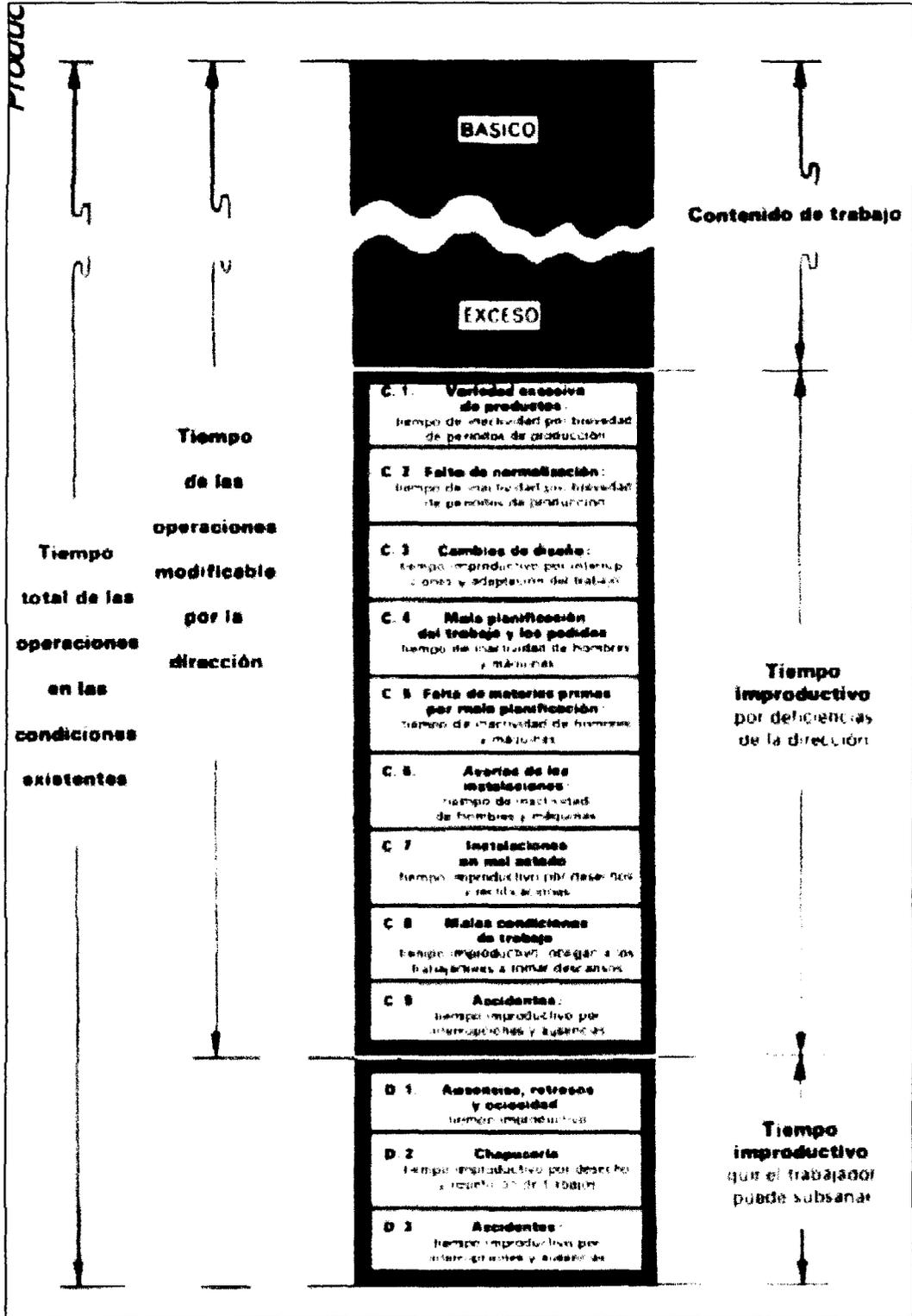


Fig. 2.7. -Tiempo Improductivo imputable a la dirección y a los trabajadores

### 2.3.- METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN DE PROCESOS CYCLONE

El modelo CYCLONE es una metodología de simulación de procesos de construcción presentada en 1976 por el profesor Daniel W. Halpin, originalmente en la Universidad de Illinois, y posteriormente en la de Purdue. El nombre se deriva de **CYCLic Operations NETwork**. Se sustenta en una representación gráfica que simula un sistema que contiene variables que pueden ser determinísticas o aleatorias. En este estudio al evaluar sistemas correspondientes a procesos de construcción, será más conveniente desagregarla en tareas para conocer cómo éstas interactúan.

CYCLONE es una de las técnicas de simulación más utilizada en el medio académico (Baeza Pereyra, et al., 2002), específicamente diseñada para modelar procesos constructivos. Los ingenieros y en general las personas que están involucradas en el medio de la construcción, utilizan de manera extensa información gráfica (dibujos, planos, redes de ruta crítica, diagramas de Gantt, etc.) para comunicar ideas a otras individuos. En esta técnica, los modelos de los procesos son representados mediante redes Petri cíclicas. La naturaleza cíclica de las redes de CYCLONE proporciona un medio natural para describir procesos repetitivos. Esta técnica de modelado de procesos puede ser utilizada tanto para análisis como para **estimación de niveles de productividad** en construcción en general. Simuladores basados en la técnica CYCLONE han sido desarrollados para mejorar y extender las capacidades de dicha técnica.

### 2.3.1.- NIVELES JERÁRQUICOS EN LA GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

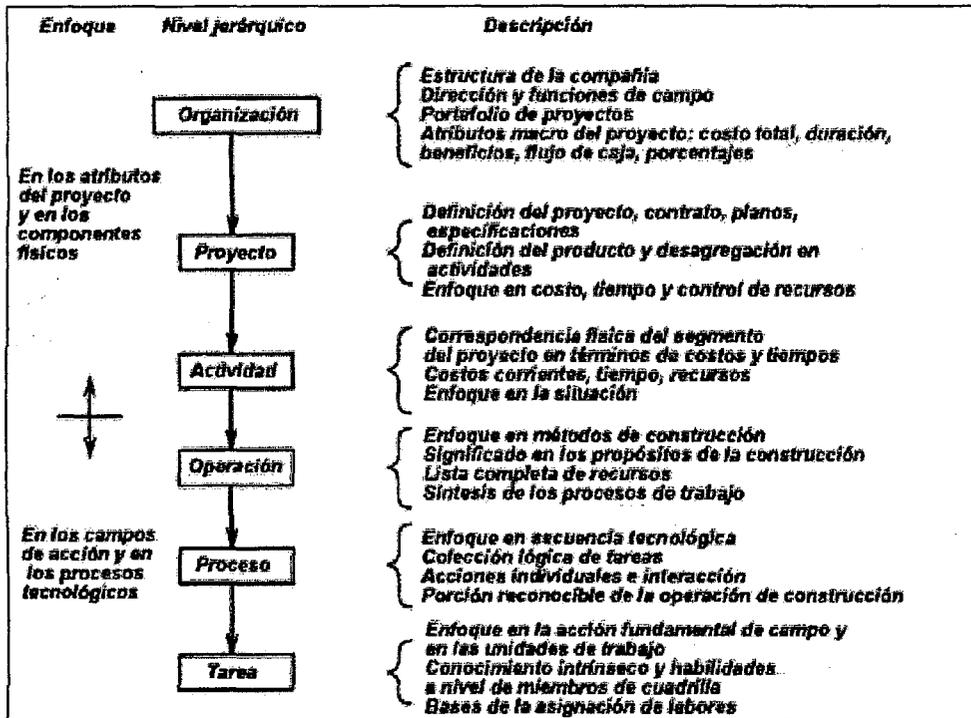


Fig. 2.8.- Niveles jerárquicos en la gerencia de la construcción. (T. Vargas).

- Respecto al proyecto y sus componentes

La unidad mayor es la empresa u organización, de la que interesa su dirección, ámbito de acción y proyectos. Aquí se ubica el proyecto de interés en sus variables generales. La siguiente instancia es el proyecto, con toda su documentación técnica y económica, así como el señalamiento del producto que su ejecución permite alcanzar. Si se entiende actividad como la acción o conjunto de acciones que permiten obtener un objetivo determinado, es posible dividir el proyecto en actividades (conducentes a subproductos dentro del proyecto). Existe entonces correspondencia entre las actividades y los componentes físicos del proyecto. De cada actividad interesan los costos, los tiempos y los recursos.

- Respecto a los campos de acción

Según el método, la base del modelo es la tarea. En el campo, es la unidad de trabajo más pequeña y que se asigna a una cuadrilla. La metodología reconoce a un proceso como la agrupación lógica de tareas. Y de cada proceso, lo que

interesa es su enfoque tecnológico. Los procesos (uno o más) conforman una operación, de la cual interesan los métodos de construcción.

### 2.3.2.- ELEMENTOS BÁSICOS DEL MODELO

Un modelo es una representación de una situación real y usualmente proporciona un marco para investigar esa situación. El método para el modelaje utiliza un conjunto de símbolos para representar la situación de las tareas, recursos y el flujo de recursos. Así, utiliza un cuadrado (o rectángulo) para representar una tarea en estado activo. Un círculo para representar la espera de un recurso, o de un mecanismo de control (que en el lenguaje del método, son llamados entidades). Una flecha (o un arco dirigido) para indicar el flujo o los movimientos.

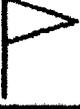
Nombre	Símbolo	Función
COMBI		Este elemento requiere que todos los recursos estén disponibles para empezar, en cuyo caso se combinan. Siempre está precedido por elementos ESPERA. Si algunas de las unidades necesarias no están disponibles, pues se encuentran en ESPERA, las que han llegado deben esperar.
NORMAL		Representa una tarea que puede empezar tan pronto como llegue una unidad o recurso (cargador, cuadrilla) del elemento precedente, sin esperar restricciones.
ESPERA (QUEUE)		Este elemento precede a todos los COMBI y se relaciona con una ubicación en la cual esperan los elementos pendientes de combinación. Se miden las estadísticas de demora o espera.
FUNCIÓN (FUNCTION)		Se incluye para desarrollar una función especial, activando los elementos que le preceden. Puede ser para conteo, consolidación, marcado o acopio estadístico.
ACUMULADOR (ACCUMULATOR)		Es un elemento de conteo de ciclos en un subsistema o en el total del sistema. No detiene ninguna operación.
FLECHA o ARCO DIRIGIDO (ARC)		Indica la estructura lógica del modelo y la dirección del flujo de una entidad (recurso o mecanismo de control).

Fig. 2.9.- Elementos básicos del sistema Cyclone (T. Vargas).

### 2.3.3.- DIAGRAMA DE FLECHAS Y MODELO CYCLONE

Se describen a continuación los diagramas de flechas PERT y CPM solo con la finalidad de establecer equivalencias con el modelo Cyclone, por lo tanto no serán herramientas utilizadas en la investigación.

Las redes CPM y PERT, pueden trasladarse directamente a modelos CYCLONE, conforme se indica en el gráfico adjunto.

- Las actividades en serie dan lugar a tareas normales en secuencia.
- Las actividades que concurren a un nodo, y son seguidas por una sola actividad, se trasladan al modelo en forma de tareas normales y de espera. En el caso de la figura, conducen a una tarea combinada. Una tarea combinada, está precedida por más de una tarea. La espera en la tarea es el equivalente a la holgura en las redes CPM y PERT.

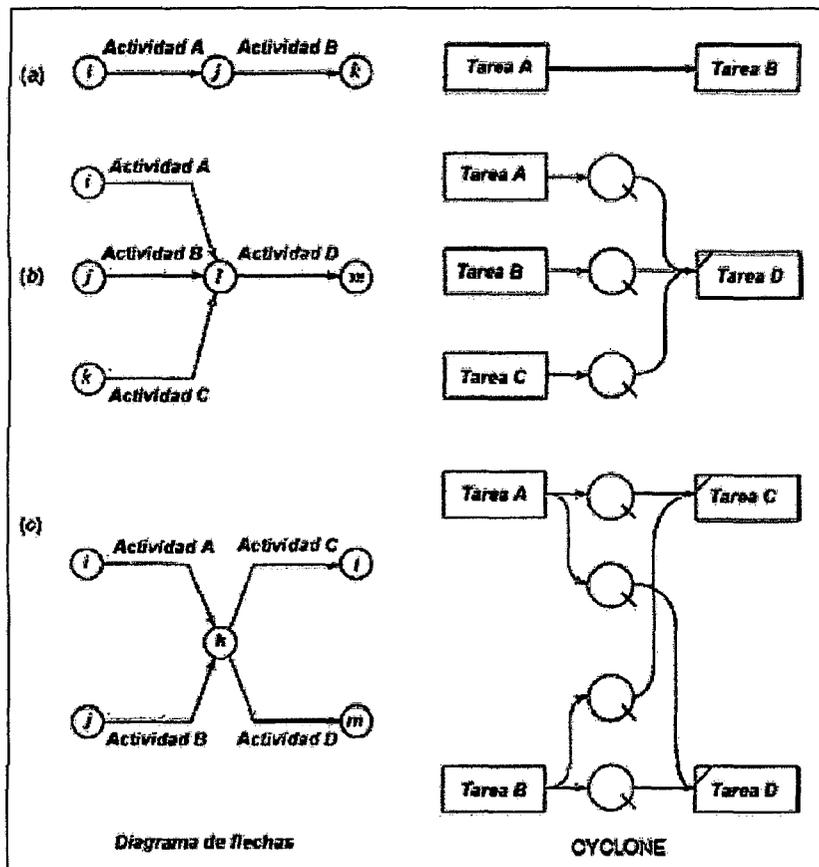


Fig. 2.10.- Correspondencia entre diagrama de flechas y modelo Cyclone (Vargas)

En el caso de actividades que ingresan a un mismo nodo, y son seguidas por otro grupo de actividades, la equivalencia es la siguiente. Cada tarea combinada de salida, está precedida por tantas esperas como actividades concurren al nodo. Así, cada tarea normal de inicio, está seguida por tantas esperas como tareas de salida. Se ilustra esta explicación en la siguiente figura.

Se desarrolla también el equivalente de una red PERT.

- Los elementos combinados en CYCLONE son aquellos precedidos por más de una actividad en la red PERT. No pueden empezar hasta que no lleguen todas las unidades que están en espera.
- Las esperas preceden a elementos combinados, y pueden seguir tanto a elementos normales como a combinados.
- En CYCLONE, el inicio se modifica respecto a la red PERT. Se inserta un elemento combinado INICIO (START) así como otro FIN (END).
- Al agregársele un elemento de conteo al final, la red PERT se convierte en un proceso cíclico en el modelo CYCLONE. Esto demanda una acción de realimentación que alimenta la espera previa al combinado de INICIO.

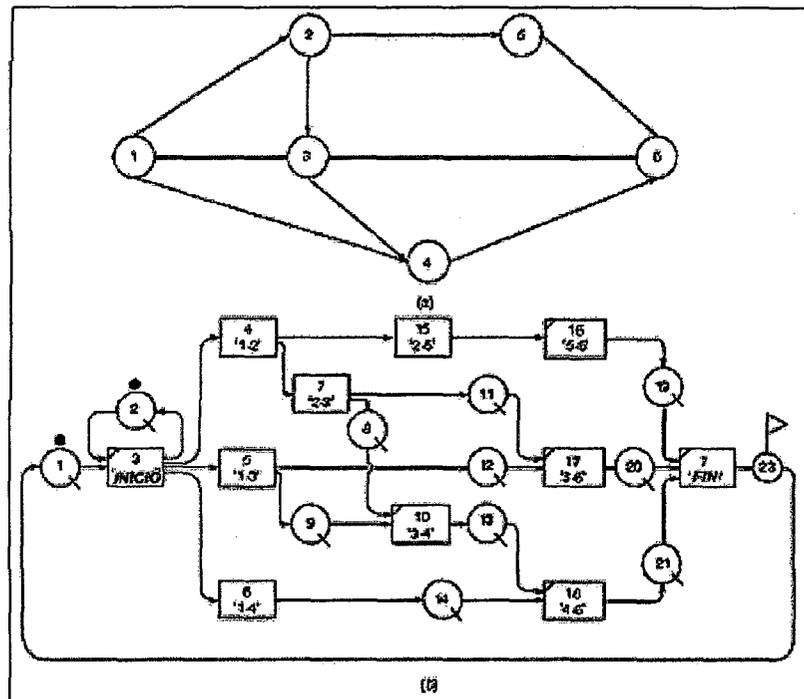


Fig. 2.11.- Equivalencia entre una red PERT y un modelo Cyclone

### 2.3.4.- PROCEDIMIENTO PARA EL MODELAJE

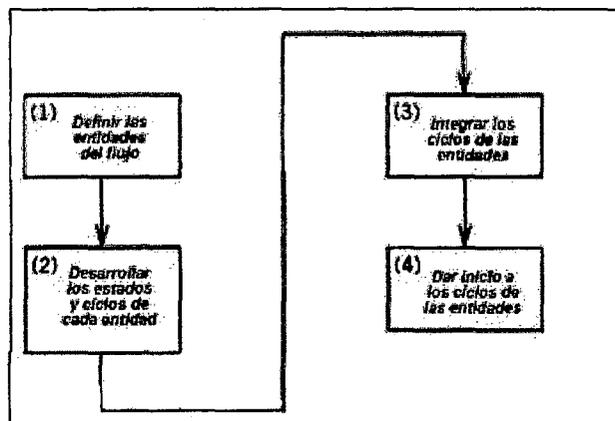


Fig. 2.12.- Procedimiento para el modelaje del sistema Cyclone (T. Vargas).

Siguiendo el ejemplo expuesto, el modelaje en CYCLONE sigue las etapas siguientes:

Definir las entidades del flujo, como aquellos recursos que son relevantes al desempeño del sistema, fijándose que sea obtenible la información de tiempo de tránsito. Es el caso de una máquina a partir de la cual se desarrollan varias tareas. O de materiales (o piezas) que se transportan o son sometidas a alguna transformación. También pueden ser acciones de control (como una inspección, información para un control lógico, o asignación de un recurso). Esta etapa y la que sigue puede relacionarse directamente con la secuencia de estados por la que pasan los recursos (como en el caso de preparación, transporte y vaciado de concreto pre-mezclado).

- Desarrollar los estados y ciclos de cada entidad. Lo cual implica modelar los procesos en que cada entidad seleccionada participa. El modelaje debe incorporar el total posible de situaciones asociadas con cada flujo, identificando los ciclos que pasa, o los recorridos que transita cada entidad, según corresponda.
- Integrar los ciclos y recorridos de las entidades, a fin de conformar el modelo básico con los componentes de la construcción.

- Iniciar los ciclos de las entidades seleccionadas. Esto implica poner en práctica la simulación de la construcción a través del modelo base, a fin de comprobar su pertinencia. También para agregar otros ciclos sobre aspectos que deseen estudiarse. O para insertar elementos de conteo en puntos que demanden de mediciones.

### 2.3.5.- MODELOS TÍPICOS PARA LAS ENTIDADES DE FLUJO

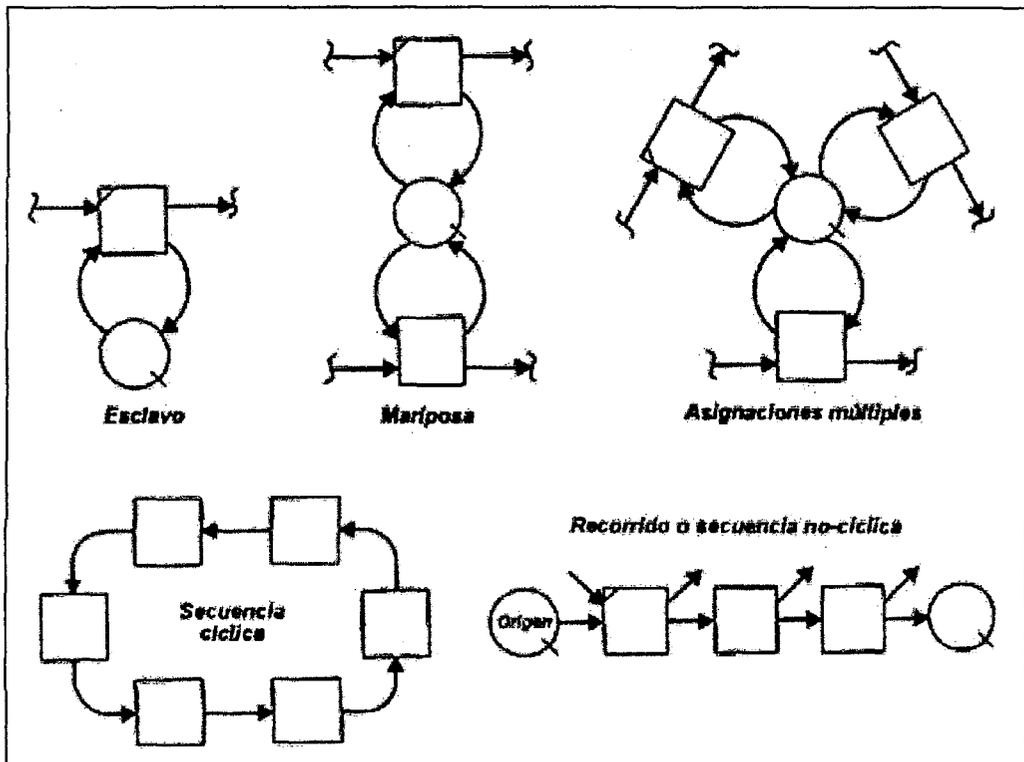


Fig. 2.13.- Modelos típicos para entidades de flujo (T. Vargas).

Se distinguen un conjunto de arreglos típicos para las entidades comunes en la construcción, según se muestran en la figura:

- **Arreglo tipo esclavo**, apropiado para graficar a una entidad que está atada a una tarea repetida. Es el caso de una máquina, de un trabajador especializado, de un material depositado, de un control lógico o de conteo

- **Arreglo tipo mariposa.** Cuando dos entidades que concurren a la misma tarea. Una descansa o en espera, mientras la otra está activa.
- **Arreglo de asignaciones múltiples.** Cuando son varias las entidades que convergen en tareas comunes. Podría requerir una entidad adicional de inspección o control.
- **Arreglo cíclico,** propio de procesos repetitivos, que pueden corresponder a tareas activas o a estados de espera.
- **Arreglo para recorridos o secuencias no cíclicas,** propio de un recurso que es sometido a una sucesión de tareas, y que al agotarse, dan por terminada la operación.

### 2.3.6.- PROPÓSITOS DE LA SIMULACIÓN

La simulación de un sistema de construcción con el modelo CYCLONE está dirigida a los siguientes objetivos: (1) Examinar la interacción de las entidades, (2) determinar los tiempos muertos de los recursos productivos, (3) localizar cuellos de botella, y (4) estimar la productividad del sistema. Para ello, debe simular el movimiento de las entidades como si estuvieran ocurriendo en el mundo real.

El sistema debe ser ejercitado y observado para determinar la respuesta y desbalance entre los recursos. Estos desbalances se manifiestan en cuellos de botella e ineficiencias, y que la simulación podría ayudar a evitar o minimizar balanceando los recursos.

En general, el eje del ejercicio de simulación es **la duración de las distintas tareas**. El estimado de esta duración puede ser determinístico o aleatorio.

En la *estimación determinística*, se puede recurrir a información: de experiencia anterior (por mediciones en tareas similares), por estimación de las tasas de productividad (también en base a trabajos pasados), por prueba y ajuste (ante ausencia de información previa), o por el uso de modelos predictivos (a partir de datos sobre productividades de los recursos empleados).

Las *estimaciones aleatorias* se basan en el uso de funciones de probabilidades, a partir de datos de campos, o como en el caso del método PERT, o por generación con el método Monte Carlo<sup>9</sup>.

Aunque a partir del modelo CYCLONE, la simulación puede efectuarse a mano, también dispone de un propio software, para lo cual los autores desarrollaron funciones propias del modelo, utilizadas como subrutinas llamadas por el programa principal, y que demandan datos del usuario.

## 2.4.- HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD

Como se mencionó en el anterior capítulo, la principal causa de los productos defectuosos es la variabilidad que se genera en los distintos procesos que conforman una obra. Esta variabilidad es acarreada de proceso en proceso, generando incertidumbre. Finalmente, todo se traduce en una disminución de la productividad.

Lo óptimo sería buscar producir elementos usando materiales exactamente de la misma calidad, máquinas y métodos de trabajo para poder inspeccionar los resultados de la misma manera. En la industria de la construcción, esto es algo bastante difícil, por lo que la variabilidad siempre existirá. Sin embargo, la realidad es que se puede disminuir, y para esto, es necesario llevar un riguroso control de lo que sucede.

Deming muestra 7 diagramas básicos con los cuales se busca poder entender los procesos, controlarlos y luego mejorarlos. Estos son:

- Diagrama de Ishikawa: Analiza la causa mayor de un problema, mediante la disgregación de esta en causas menores. Por lo tanto, para poder solucionar la causa mayor, se deben de solucionar las causas menores.
- Diagrama de flujo: Con frecuencia, el primer paso que da un equipo que está buscando maneras de mejorar un proceso es trazar un diagrama de flujo.

---

<sup>9</sup> Es un método no determinístico o estadístico numérico usado para aproximar expresiones matemáticas complejas y costosas de evaluar con exactitud

- Diagrama de Pareto: Es un gráfico de barras que permite determinar las prioridades, mediante la separación de lo diagramado en “pocos vitales” y “muchos triviales”.
- Gráfico de tendencias: Los datos son representados en forma gráfica a través de un periodo de tiempo, con objeto de buscar tendencias.
- Histograma: Este diagrama representa la distribución de frecuencias relacionadas a un grupo de actividades.
- Gráfico de Control: Toma también el nombre de Control Estadístico de Calidad (CEC) o Control Estadístico de Proceso (CEP). La principal dificultad que presentan es la adecuada interpretación del gráfico.
- Diagrama de dispersión: Es un método para representar de forma gráfica la relación entre dos variables.

A continuación se explicarán los 4 gráficos que en cierto modo, se utilizan en la presente investigación y que también se explican, de manera más detallada, en el libro de Hitoshi Kume<sup>10</sup>.

#### a) Diagrama de Pareto

“Los problemas de calidad se presentan como pérdidas (productos defectuosos y su costo). Es muy importante aclarar el patrón de la distribución de la pérdida. La mayoría de las pérdidas se deberán a unos pocos tipos de defectos, y estos defectos pueden atribuirse a un número muy pequeño de causas. Si se identifican las causas de estos *pocos* defectos *vitales*, se podrían eliminar casi todas las pérdidas, concentrándonos en esas causas particulares y dejando de lado por el momento otros *muchos* defectos *triviales*. El uso del diagrama de Pareto permite solucionar este tipo de problemas con eficiencia<sup>11</sup>”.

---

<sup>10</sup> KUME, Hitoshi. “*Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad*”. Editorial Norma. Bogotá, Colombia, 2002.

<sup>11</sup> KUME, Hitoshi. “*Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad*”. Editorial Norma. Bogotá, Colombia, 2002.

A inicios del siglo XX, el Dr. J.M. Juran concretizó las teorías y métodos expuestos por el economista italiano V.Pareto, y por el economista norteamericano M.C. Lorenz para, finalmente aplicar dichos conocimientos al campo del control calidad. Clasificó entonces a los problemas en los *pocos vitales* y en los *muchos triviales*, y llamó a este método *análisis de Pareto*. Señaló por tanto que, en muchos casos, la mayoría de los defectos y de su costo se deben a un número relativamente pequeño de causas.

### ¿Cómo se elabora?

Paso 1.- Se decidirá qué problemas se van a investigar y cómo se recogerán los datos.

Paso 2.- Se diseñará una tabla para conteo de datos, con espacio suficiente para registrar los totales.

Paso 3.- Se compilarán los datos de la tabla de conteo para calcular resultados totales.

Paso 4.- Se elaborará una tabla de datos para el diagrama de Pareto con la lista de ítems, los totales individuales, los totales acumulados, la composición porcentual y los porcentajes acumulados.

Paso 5.- Se organizarán los ítems por orden de cantidad (el ítem "otros" es recomendable que se ubique en la última fila de la tabla, independientemente de su magnitud. Esto porque está compuesto de un grupo de ítems de cantidad individual menor a la de los citados individualmente).

Paso 6.- Se graficarán dos ejes verticales y uno horizontal.

- Eje horizontal: dividido de acuerdo al número de ítems clasificados.
- Eje vertical izquierdo: indicará el total de mediciones obtenidas para cada ítem.
- Eje vertical derecho: indicará el porcentaje acumulado de cada ítem.

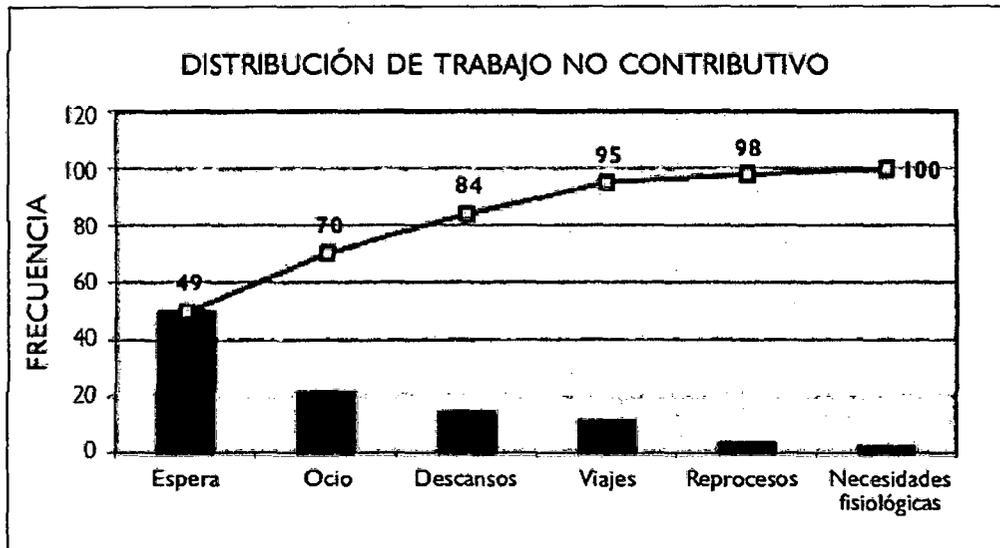


Fig. 2.14.- Ejemplo de Diagrama de Pareto para una distribución tiempos concernientes a trabajos no contributivos (trabajos no productivos). Mediciones que identificaban las principales causas de tiempos no contributivos en el proceso de vaciado de concreto, como las esperas, ocio, descansos entre otros<sup>12</sup>.

#### Sugerencias para elaborarlo:

- Probar varias clasificaciones (como esperas, ocio, descansos, viajes reprocesos, etc) y construir diversos diagramas de Pareto.
- Si "otros" representa un porcentaje muy alto, lo mejor es reclasificar los ítems.
- Si los datos pueden expresarse en valores monetarios, lo mejor es dibujar diagramas de Pareto que muestren esto en el eje vertical, o en su defecto, un porcentaje del costo total.

#### Sugerencias para usarlo:

- Si un ítem puede solucionarse fácilmente, debe de ser afrontado de inmediato aunque sea relativamente de poca importancia. Una sencilla medida brindará la experiencia, información e incentivos para la futura solución de problemas.

<sup>12</sup> Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la Construcción – L. Botero/M. Alvarez – Colombia 2003

- Es importante también realizar diagramas de Pareto de causas, luego de haber identificado el problema por medio de un diagrama de Pareto de fenómenos. Alternativamente, se puede también trabajar con un Diagrama de Ishikawa, el cual se muestra a continuación.

#### **b) Diagrama de Ishikawa**

También conocido como “diagrama causa-efecto” o “diagrama de espina de pescado”, porque se parece al esqueleto de un pez. En la cabeza se coloca el defecto que se pretende eliminar, en los huesos grandes (rectángulos) se colocan las causas primarias y en los huesos pequeños la causas secundarias.

El creador de este diagrama de análisis fue el Dr. Kaoru Ishikawa, profesor de la Universidad de Tokio, quien en 1953 resumió la opinión de los ingenieros de una planta dándole la forma de un diagrama de causa-efecto mientras discutían un problema de calidad. Cuando el diagrama se usó en la práctica, mostró ser muy útil y pronto llegó a usarse ampliamente en muchas compañías de todo Japón.

Si bien la división de las causas primarias depende del propio analista, es recomendable, al querer analizar un proceso, que se dividan en: mano de obra, materiales, métodos y maquinarias.

#### **¿Cómo se elabora?**

Paso 1.- Se describirá el efecto o problema principal que se desea corregir. Esta se escribirá al lado derecho del papel, encuadrándola.

Paso 2.- Se dibujará la línea horizontal que pretende mostrarse como la espina dorsal. A partir de la espina, se indican las causas primarias, las cuales también son enmarcadas. Se unen estas causas a la espina dorsal mediante una línea.

Paso 3.- Similarmente, la causa primaria será disgregada en causas secundarias, las cuales parten de la línea que une la causa primaria bajo análisis con la espina dorsal.

Paso 4.- Se recomienda asignarle un grado de importancia a cada factor, marcando los particularmente importantes.

Paso 5.- Se recomienda asimismo registrar cualquier información adicional que pueda ser de utilidad.

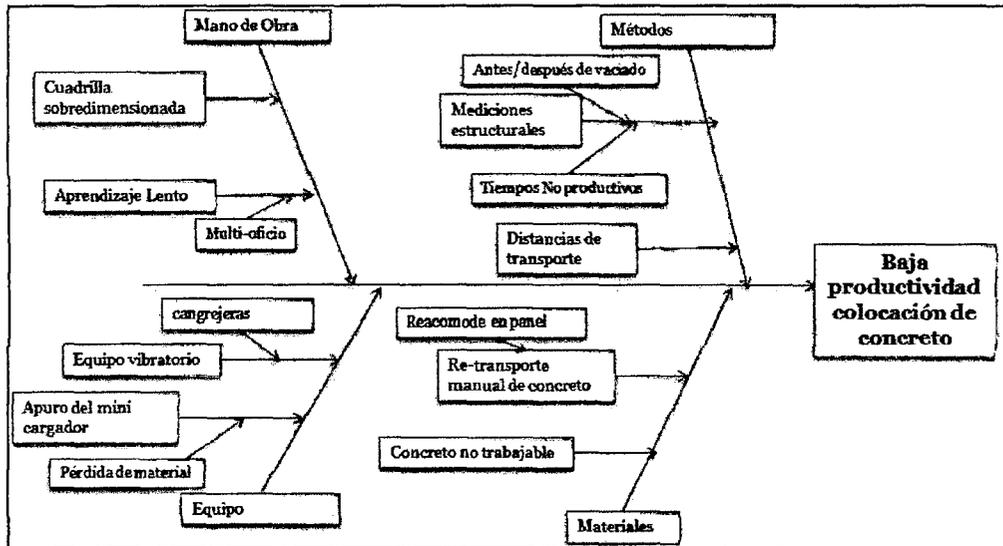


Fig. 2.15.- Diagrama de Ishikawa, que muestra las causales de una baja productividad en la colocación del concreto

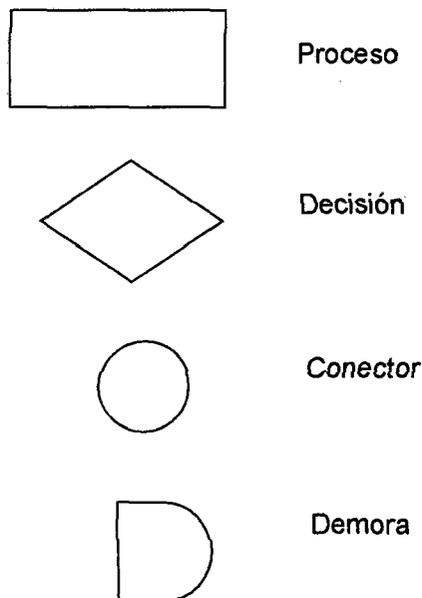
#### Sugerencias para elaborarlo:

- Identificar todos los factores relevantes mediante la consulta y discusión entre muchas personas.
- Expresar la característica tan concretamente como sea posible.
- Hacer un diagrama para cada característica.
- Se deben descubrir factores sobre los cuales es posible actuar.
- Tratar de mejorar continuamente el diagrama de Ishikawa mientras es usado.

### c) Diagrama de Flujo

Es una herramienta básica cuando se busca mejorar un proceso. Se considera que no es posible mejorar un proceso, a menos que todos entiendan en qué consiste ese proceso y se pongan de acuerdo al respecto. El diagrama de flujo consiste en un método extremadamente útil para delinear lo que está sucediendo. Una forma de empezar es determinando cómo es que debe de llevarse a cabo el proceso para que, a partir de esto, trazar en forma gráfica cómo es que está funcionando en realidad. Al proceder de esta manera, se puede descubrir de inmediato fallas tales como la redundancia, la ineficiencia o las malas interpretaciones.

Utiliza un lenguaje especial, en el cual sus conectores lógicos se interrelacionan entre sí. Los conectores lógicos más comunes son:



En cierto modo, se puede decir que una forma o aplicación de un diagrama de flujo son los Diagramas de Proceso y de Montaje que se usan como parte del Estudio del Trabajo.

#### **d) Gráfico de Tendencias**

Un gráfico de tendencias es quizá la más sencilla de las técnicas estadísticas. Los datos se representan en forma gráfica a través de un periodo de tiempo, con objeto de buscar tendencias. A pesar de su sencillez, la interpretación de los datos es muy valiosa, y para poder interpretar esta gráfica adecuadamente primero se han tenido que desarrollar las herramientas estadísticas anteriormente mostradas. Permite estudiar el proceso de manera más analítica, mostrando especialmente los resultados relativos a la variabilidad del proceso bajo análisis.

Mediante un trabajo conjunto de estas cuatro herramientas estadísticas se pretende estudiar las mejoras en la productividad de la producción del concreto con la mini planta.

#### **2.5.- JUST IN TIME EN LA PRODUCCIÓN DEL CONCRETO.**

Si bien por un lado el concreto premezclado es un ejemplo prototípico de un sistema de producción Just in Time (Tommelein y Li), se hace necesidad que el mismo proceso de producción de concreto para abastecer una demanda se estudiara bajo los principios del Just in Time, es importante reconocer los principales factores.

Por la naturaleza del concreto:

A pesar de que la dosificación y distribución del concreto son tareas comunes, se deben tener muchas consideraciones referentes a la mezcla de los insumos.

**El hormigón es un material perecedero.-** El concreto se compone de agregados gruesos, finos, cemento y agua, además de aditivos si se especifica, aditivos por separado pueden ser almacenados por largos periodos de tiempo. El concreto en sí mismo sin embargo es un material perecedero, una vez el agua ha sido añadido a la mezcla de materiales secos, sólo tiene una hora y media aproximadamente (a menos que se utilicen retardantes) antes de que el proceso de hidratación forme un gel, que de interrumpirse pondría en peligro la resistencia final del concreto, por lo tanto, el concreto fresco deja poco espacio

para la variabilidad en términos de tiempo para la entrega y colocación después de que el agua se ha añadido.

**El concreto posee una dosificación dada.-** Los diseñadores, por lo general ingenieros civiles y estructurales, realizan los cálculos estructurales para un proyecto, determinando así la fuerza, calidad y los demás requisitos para el concreto. Se especifica un diseño inicial de mezcla de concreto con un rendimiento característico, y luego de evaluar las producciones reales con la planta, se ajusta tal diseño con uno acorde a las especificaciones de calidad en el proyecto.

Por otro lado, concretos de diferentes diseños pueden ser necesarios en cantidades diferentes en un solo proyecto debido a los distintos usos del concreto (por ejemplo, un compuesto entre muros contra losa de cimentación). No todos los proyectos requieren una única mezcla de diseño, sin embargo, debido a que los tipos de construcciones ya están normados para el tipo de concreto a requerir, la mayoría de lotes de las plantas tienen una base de datos con diseños para los centenares si no miles de mezclas que puede cargar al programa de sus instalaciones. Esto facilita no sólo a agregar nuevas mezclas o encontrar que no cumplan con los requisitos de un ingeniero, sino también de nombrar el diseño basándose en las preferencias del cliente.

**Disponibilidad de insumos.-** Si bien la búsqueda de una dosificación adecuada puede ser difícil, un lote de planta no puede almacenar todos los tipos de agregados o aditivos en cantidad o en absoluto (por ejemplo, el color del aditivo). El contratista, teniendo las especificaciones del proyecto deberá reconocer cuantos ingredientes especiales son necesarios y comunicará a la planta de dosificación en el momento oportuno para que tuviera suficiente tiempo de espera para obtenerlos.

### **2.5.1.- SISTEMA DE PRODUCCIÓN DEL CONCRETO**

El sistema de producción para el concreto se rige por el equipamiento del operador de la planta, el método de colocación del contratista, y por supuesto, sus horarios individuales así como la coordinación de los horarios entre ambos.

**Las plantas tienen una capacidad limitada de lotes.-** Los lotes de capacidad de una planta se determinan ya sea por: la capacidad de procesamiento por lotes (a lo que en esta investigación se le llamará tanda) o la capacidad de entrega, que en el caso de estudio será como se verá más adelante un mini cargador como medio de transporte elegido.

#### **Lotes Capacidad:**

Está determinado por el tiempo necesario para medir, abastecer y mezclar ingredientes, a continuación, cargarlos en el medio de transporte. La cantidad mezclada y así el tiempo de proceso por lotes es limitado por la cantidad real que se necesita, la cantidad que se pueda transportar, o limitaciones de peso que pueden ser impuestas durante el transporte o en el sitio.

En la actualidad los procesos por lotes de las plantas de concreto premezclado son totalmente automatizados y controlados por ordenador, Se puede pesar y mezclar según la demanda. Esto hace que sea posible un lote de un camión a la vez, y la carga de un camión tras otro con una mezcla diferente cada vez.

## **2.6.- MAPA DE BENEFICIOS COMO MODELO DE PROPUESTAS DE MEJORA**

Para entender esta metodología de propuestas de mejora es muy importante tener en cuenta antes algunos conceptos, tales como:

*Valor:* Según su etimología, poseer valor significa ser merecedor, digno, estar vigoroso o fuerte. Por ello, lo que tiene valor es apreciado por el hombre, deseado por sí mismo o por su relación con otra cosa, por la utilidad que presta o por la satisfacción de alguna necesidad. Si bien es un concepto antiguo, surgido en los campos de la ética y las relaciones entre personas, las teorías sobre valor son relativamente recientes. Planteada inicialmente en términos económicos, la teoría sobre el valor se extiende a la ética, la estética, la política, o de la seguridad cuando se trata de edificaciones<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup>Definición del *Diccionario de filosofía en CD-ROM*. Copyright © 1996-99- Adaptado por Dr. Teófilo Vargas (Investigador UNI FIC)

**Beneficio:** Es un bien que se hace o se recibe, también considerado como una utilidad, provecho o ganancia que resulta de algún negocio o actividad de lucro. Es sabido que se recibe una satisfacción o bienestar al ser participe o acreedor a un beneficio.<sup>14</sup>

En el pensamiento Lean un beneficio es el valor esperado para el usuario final, así la gestión correspondiente a esta relación implica conocer y entender los beneficios esperados.

Según Koskela (2010), se deben tener en cuenta 4 instancias para conocer realmente cuales propuestas de mejora pueden ser realmente beneficios esperados: (1) identificar correctamente las necesidades del cliente, (2) optimizar el diseño para conseguir el mejor valor para el usuario, (3) proporcionar un producto final en armonía con el diseño óptimo, y (4) evaluar el proceso y el producto para mejoras futuras. La mayor parte de estas tareas pueden ser concebidas en términos de la gestión del conocimiento. Por ejemplo, el diseño de una mezcla de concreto es un trabajo de conocimiento, basado a su vez en conocer adecuadamente los requerimientos de la estructura a construir.

“Cuando se refiere a un beneficio, el concepto de realización incluye: ser consciente de que el beneficio es real, comprenderlo claramente, precisar sus dependencias (mapear las relaciones de dependencia con actividades y medios), alcanzar o convertir el beneficio en realidad. La realización de un beneficio no incluye el retiro de algún recurso con el propósito de disminuir algún costo. Los beneficios son genuinamente generados y producto del esfuerzo de un equipo, resultantes de cambios en la empresa, y que son aceptados como positivos a todos sus promotores o participantes (interesados o involucrados). Están los que han promovido el proyecto, los inversionistas, proveedores, trabajadores, clientes o usuarios. Los cambios a su vez están relacionados con las facilidades (recursos o medios) proporcionadas por los promotores”<sup>15</sup>.

Esto llevado al presente estudio, puede generar una herramienta de manejo de propuesta de mejoras, con la finalidad de evaluar si realmente se obtendrá el beneficio esperado con dicha propuesta, esto con la finalidad de agregar valor al producto, y aunque los clientes estudiados seguramente resulten ser internos (de

<sup>14</sup> *Diccionario Enciclopédico Vox 1*. © 2009 Larousse Editorial, S.L.

<sup>15</sup> Tillmann, Tzortzopoulos, T. Formoso – “Analising Benefits Realisation from a Theoretical Perspective and its Contribution to Value Generatio”. IGLC 18 -2010

una actividad a otra dentro del proceso) puede ser interesante modelar las propuestas bajo un mapa de beneficios:

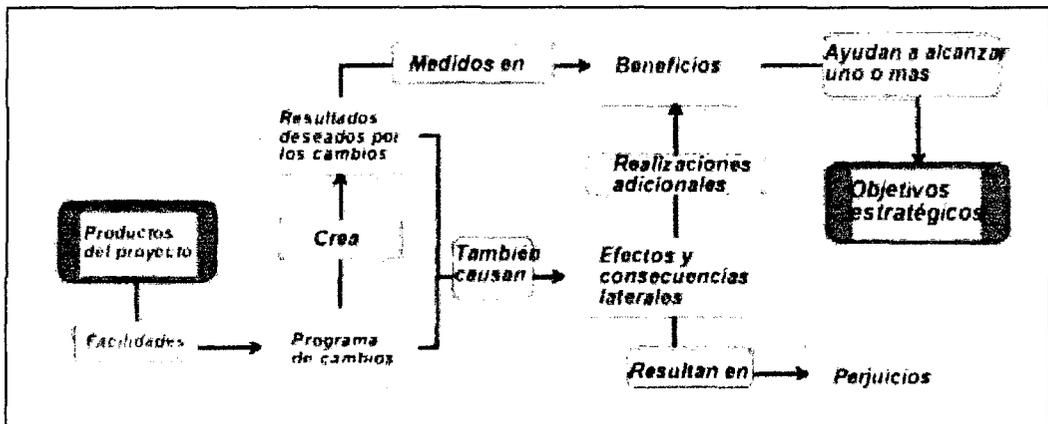


Fig. 2.16. – Secuencia de pasos desde los resultados del proyecto a los objetivos estratégicos  
(Tillmann, Tzortzopoulos, T. Formoso 2010)

En la aproximación de la realización de beneficios se mira al proyecto de una manera sistémica, en donde cada mejora es necesaria para alcanzar beneficios.

### 2.6.1.- PASOS PARA LA REALIZACIÓN DE BENEFICIOS

- 1.- Identificación y motivación de promotores.- reconocer a los encargados del área de trabajo bajo estudio y vincularlos con el proceso de busca de mejoras para obtener los beneficios esperados.
- 2.- Identificación y acuerdo sobre beneficios y posibles perjuicios.- Evaluar y definir los alcances del campo de estudio, así como las actividades o procesos a estudiar.
- 3.- Programa para la realización de beneficios y definición de metas.- Establecer los objetivos de las mejoras en el proceso y así definir las pautas del estudio y el compromiso de funciones de los encargados del estudio. (Investigador e ingeniero Jefe de campo)
- 4.- Realización de beneficios, medición y seguimiento.- Bajo la visualización de los procesos y el análisis de resultados proponer, medir y controlar de ser posible las mejoras.

5.- Revisión de los beneficios alcanzados e identificación de oportunidades de mejora.- Finalmente estudiar si las propuestas realizadas resultan ser en definitiva beneficios para el sistema constructivo estudiado. Las que queden descartadas como tal, podrán ser evaluadas posteriormente para mejorarlas si fuera el caso.

La guía sobre la realización de beneficios de la Oficina Gubernamental de Comercio (OGC; UK, 2007) enfatiza la importancia del Mapa de Beneficios, a su vez muestra que los beneficios están relacionados entre sí y con el proceso en estudio, y se constituye en un documento importante de planificación.

#### **Elaboración de un mapa de beneficio:**

Aunque el mapa puede elaborarse de derecha a izquierda partiendo de: (a) los objetivos estratégicos, (b) los beneficios finales e intermedios, (c) el programa de cambios, hasta (d) las facilidades y productos del proyecto, también puede prepararse comenzando en ambos extremos.

Un ejemplo de un mapa de beneficios se muestra a continuación:

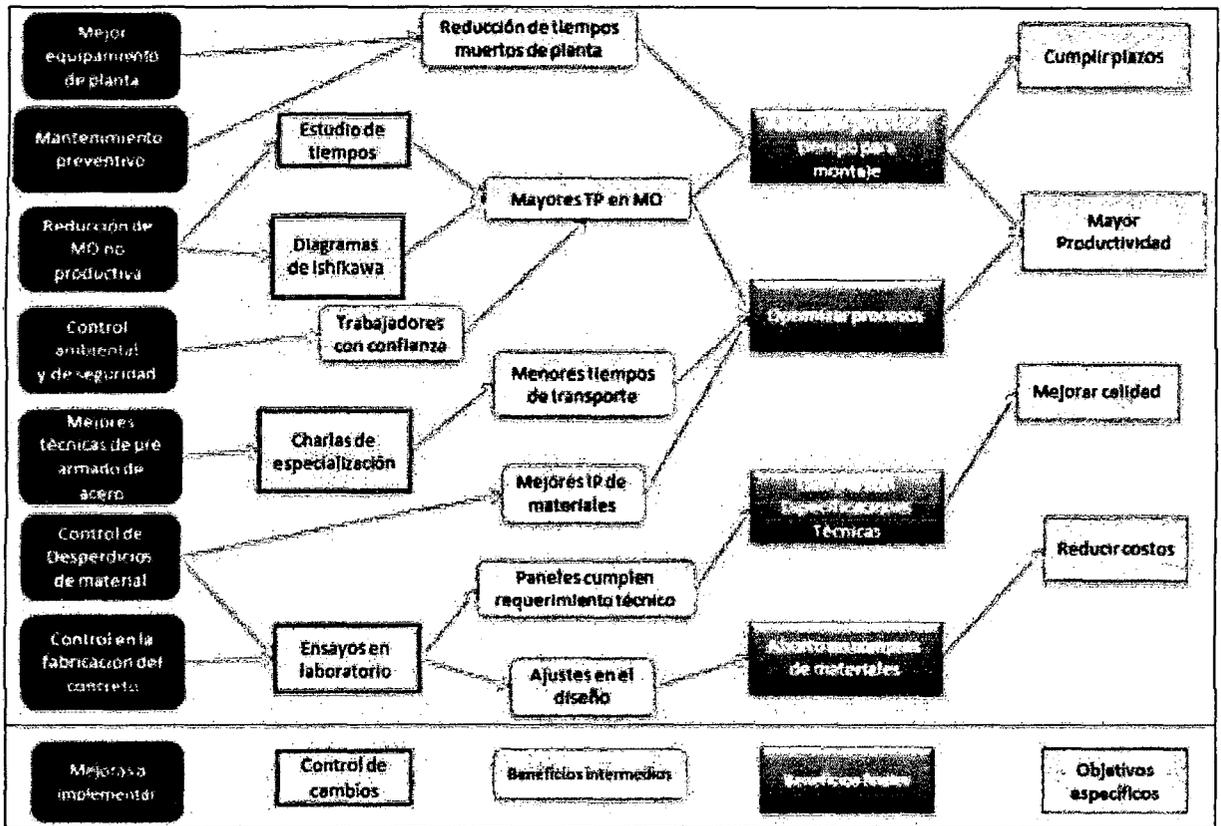


Fig. 2.17.- Ejemplo de un mapa de beneficio orientado a las mejoras en la fabricación del concreto en obra (caso de estudio)

## CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA PICCINI MF400

### Antecedentes

En el presente capítulo se pasará a describir las principales características mecánicas y productivas de la Planta PICCINI MF 400. Se busca poner en conocimiento las bondades del equipo así como los probables inconvenientes en su utilización a consecuencia de un mal manejo.

Además se expondrá a detalle, el procedimiento constructivo para su instalación en la obra de estudio, evaluando los problemas presentados en campo durante el montaje de la planta y dejando las recomendaciones del caso para eventuales utilidades del equipo. Por otro lado, se hace conveniente explicar la importancia de los recursos consumibles para la funcionalidad del equipo, y el reconocimiento de estos en la planificación previa a su utilización.

### 3.1.- CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO Y DATOS TÉCNICOS

#### 3.1.1.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PLANTA PICCINI MF400

La mini planta mezcladora de concreto PICCINI de modelo MF400 es de fabricación Italiana, y posee las siguientes especificaciones técnicas basadas en el manual general de la planta, según fabricante.

<i>Capacidad Cuba Mezcladora</i>	<i>0.65 m<sup>3</sup></i>
<i>Diámetro Cuba Mezcladora</i>	<i>1.35 m</i>
<i>Rendimiento por Ciclo</i>	<i>0.4 m<sup>3</sup></i>
<i>Producción de 20 a 40 Ciclos /hora</i>	<i>8 / 14 m<sup>3</sup> (aprox.)</i>
<i>Potencia de Motor eléctrico de Mezclador</i>	<i>7.5 Kw (10 HP)</i>
<i>Potencia de Motor de rotación de cangilones</i>	<i>2.25 Kw (3HP)</i>
<i>Potencia de Motor de caja de engranaje Hidr.</i>	<i>0.75 Kw (1HP)</i>
<i>Potencia de Motor del Sin Fin</i>	<i>2.2 Kw (3HP)</i>
<i>Peso Máx. de la planta</i>	<i>1890 Kg.</i>
<i>Largo Máximo</i>	<i>8.35m</i>

**Tabla 3.1.** – Datos técnicos de la Planta Piccini MF 400. Fuente: Manual de usuario de la mini-planta.

De entre los cuales se puede resaltar la capacidad de producción horaria; entre 8 y 14 m<sup>3</sup>. En el capítulo IV se explicará la justificación de la producción real alcanzada por la planta y en qué condiciones se dieron, es sabido que no todos los equipos demuestran en la práctica los rendimientos postulados por el fabricante.

### 3.1.2.-DIMENSIONES DE LA PLANTA:

En comparación con las plantas industriales la mini planta posee dimensiones menores, es importante mencionar que justamente el tamaño del equipo es lo que permite su sencilla manejabilidad, la altura máxima de casi 3 metros, hace accesible los trabajos de limpieza y mantenimiento, sin mayores requerimientos de equipos o herramientas de extensión. Las dimensiones del equipo se muestran en la siguiente tabla.

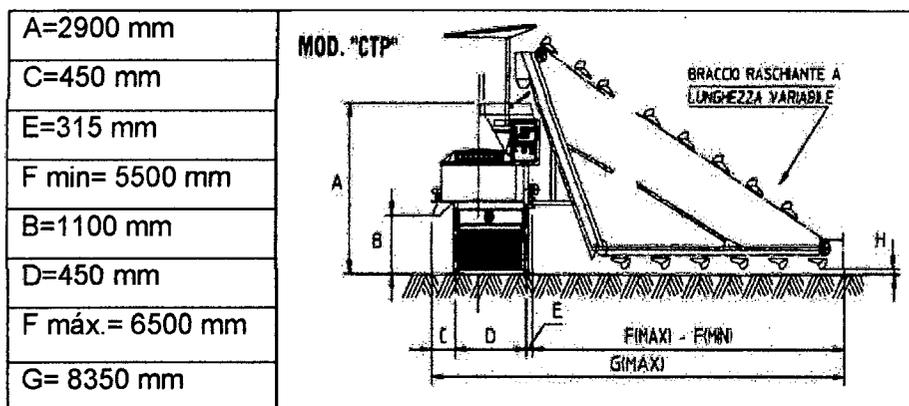


Fig.3.1.- Dimensiones de la planta Piccini MF 400. Fuente Manual de Usuario de la Mini-planta.

La *central* de equipos de la empresa constructora del proyecto en estudio, preparó una distribución de instalación en obra para la mini planta. Aunque solo es una opción de layout, se puede entender que depende mucho de las condiciones de la zona de trabajo, el instalar o colocar los componentes de la planta (alimentador de cemento, tanques de agua, zona de piedras o arena), en un lado u otro y con un sentido de dirección determinado.

Más adelante se detallarán alcances sobre una estratégica instalación de la planta con respecto a la productividad del trabajo, según las condiciones de la zona de trabajo.

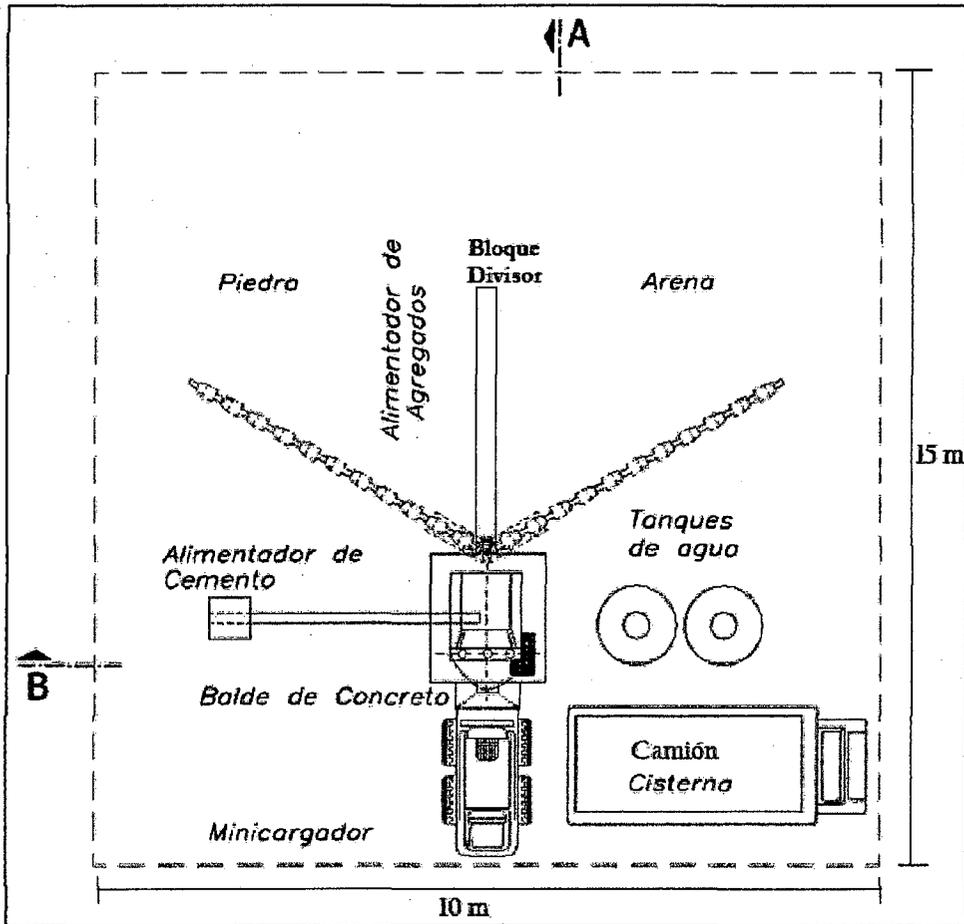


Fig. 3.2.- Distribución en planta de las zonas de trabajo. Fuente: Central de Equipos.

### 3.1.3.- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Las características de fábrica más resaltantes son:

- Capacidad de producción de 8-14 m<sup>3</sup>/hr
- Brazos raspantes de auto carga de agregados
- Amasadores planetarios a régimen forzado (mezcladora).
- Simultaneidad entre operación de dosificación y mezcla

- Dosificaciones con celdas de cargas electrónicas

Cabe recalcar la importancia de simultaneidad de las operaciones de carguío y mezclado, que brindan una ventaja con respecto a los tiempos de producción pues permite realizar dos actividades en simultáneo: (1) el carguío y pesaje de los insumos y (2) el mezclado del concreto. Para una programación rápida de vaciado debe considerarse bien este aspecto.

### 3.1.4.- COMPONENTES DE LA PLANTA PICCINI MF 400

El equipo como tal posee una serie de componentes que trabajando en coordinación permiten la producción del concreto. Se enumera a continuación las partes de la planta:

- Brazos raspantes auto cargantes de agregado
- Sinfín de descarga de cemento
- Balanza (Tolva de pesaje)
- Tablero de Control
- Cuba mezcladora
- Tanque de Agua
- Silo de cemento
- Zona de pozas de lavado

En el caso del estudio no se contaba con un silo de cemento, por lo que la opción tomada fue trabajar con bolsas de cemento, sin embargo, se utilizó la tolva para cemento que viene como parte del equipo, la cual tiene menor capacidad que un silo. Además la zona de poza de lavado no estuvo contemplada en un inicio, teniendo dificultades posteriores para su inserción.

Entre los componentes más principales se pueden describir los siguientes:

**Brazos raspantes:** Los brazos raspantes son el mecanismo de carga de los agregados para la planta, compuesto por 2 unidades (arena y piedra), cada uno posee entre 16-20 cucharas llamadas también cangilones, los cuales recogen el agregado a modo de cucharas raspantes pues giran bajo un sistema de cadenas y poleas instaladas en los extremos del brazo.

Vistos en planta (Fig. 3.2) los brazos pueden tener una extensión de hasta 6.5 metros de radio de acción. El sistema además, proporciona dos motores reductores, uno para cada brazo con la finalidad de trabajar los movimientos horizontales que presionan los agregados en valores de 20-40 bar para la arena y 40-50 bar para la piedra <sup>1</sup>

**Balanza:** La balanza de la planta, cuya capacidad es de 0.50 m<sup>3</sup>, ideal para una mezcla aparente de hasta 0.45 m<sup>3</sup> / ciclo, posee 2 compartimientos estratégicos con la finalidad de evitar el contacto directo del cemento con el agua previamente cargada a la mezcladora. El compartimiento de agregados posee una paleta homogeneizadora que a medida que se van cargando los agregados distribuye el material a toda la balanza. El compartimiento de cemento por su parte, es cerrado y posee una capacidad muy limitada.

La balanza está conectada al panel de control bajo un sistema de pesaje electrónico a celdas, lo cual brinda el peso exacto de cada insumo cargado y registra la cantidad de la tanda pesada.

**Cuba mezcladora:** Con una capacidad de 0.65 m<sup>3</sup>, el mezclador de la planta PICCINI MF400 está compuesto por dos brazos amasadores que giran en torno a un eje central y a su vez cada brazo con respecto a su centro. Haciendo una totalidad de 6 paletas mezcladoras que brindan potencia y rapidez al mezclado del concreto.

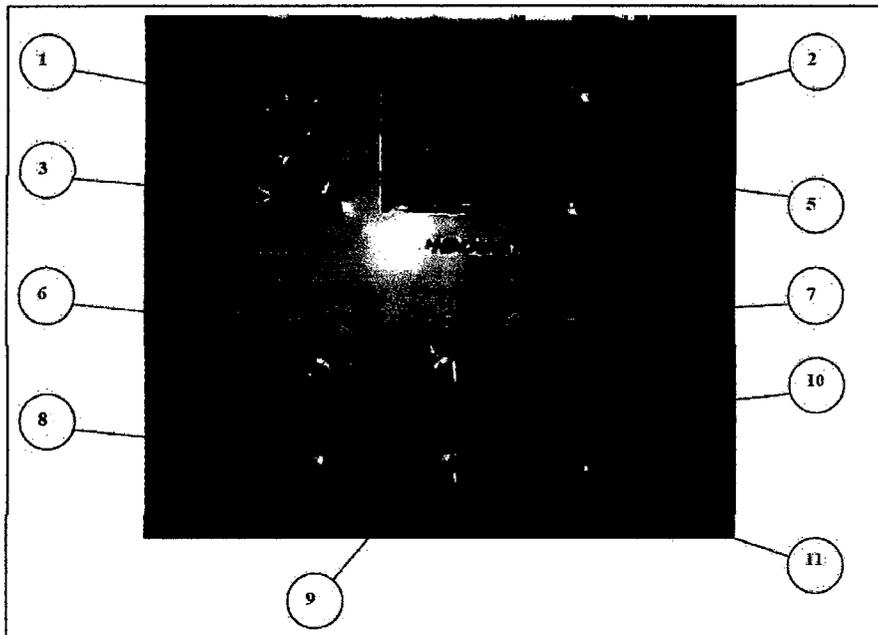
**Tablero de mando:** Es desde donde se ejecutan las órdenes como los movimientos de los brazos raspantes, de los cangilones, el sinfín del cemento, etc. Este tablero cuenta con una memoria interna donde se pueden grabar las dosificaciones para el modo de pesaje automático. El operador a cargo debe conocer las funciones para una ejecución correcta.

---

<sup>1</sup> Plan preventivo para la Planta PICCINI MF 400 de Central de Equipos de GyM

**Tabla 3.2.-** Controles del tablero de mando. Fuente: Manual de usuario de la mini-planta.

1.- Piloto Línea	7.- Selector de rotación de la mezcla
2.- Piloto Térmico	8.- Selector de elección de agregado
3.- Temporizador de agua	9.- Selector de cemento y vibrador
4.- Display de controlador de peso	10.- Interruptor general de Línea Eléctrica
5.- Selector de Inicio del ciclo	11.- Pulsador de emergencia(Para de Eq)
6.- Selección del agua	



**Fig. 3.3.-** Tablero de mando de la planta. Fuente: Manual de usuario de la mini-planta.

## **3.2.- INFORMACIÓN SOBRE LA REALIDAD DEL LUGAR DE TRABAJO Y EMPLEO DE PLANTA EN OBRA.**

### **3.2.1.- CONDICIONES INICIALES DE LA PLANTA**

La Mini planta PICCINI de modelo MF 400 fue adquirida por la empresa GyM en el año 2004, en el mismo año de fabricación. Para inicios de la obra en estudio los histogramas de mantenimiento reconocían un historial de uso de la planta de tan solo una obra anterior, calificando su estado operativo como *apto* según la empresa proveedora del equipo, cabe recalcar que no se pudo tener acceso a las horas trabajadas en su haber.

### **3.2.2.- EMPLEO DE LA PLANTA EN OBRA**

El equipo en estudio, fue requerido en obra inicialmente para abastecer las demandas de shotcrete de sostenimiento durante las fases de excavación del túnel, sin embargo, este requerimiento inicial se caracterizó por ser discontinuo y en cantidades reducidas, motivo por el cual se vio conveniente utilizar la planta también para la producción de paneles prefabricados de concreto, es decir se compartían labores de producción. Durante el turno de día se producía el concreto para los paneles prefabricados y durante el turno de noche para los requerimientos de shotcrete.

Aunque las demandas de shotcrete durante la etapa de estudio no eran tan considerables, es conveniente tomar este requerimiento en cuenta para fines de un conocimiento real de las condiciones de trabajo.

Si bien es cierto una de las razones de uso de la mini planta fue el requerimiento de la dosificación de los insumos por peso y un rendimiento de producción diario de 10m<sup>3</sup>/h, tal y como lo señalaban las Especificaciones Técnicas del proyecto, por otro lado el costo elevado del shotcrete premezclado jugaba un papel determinante en la elección del método de abastecimiento de concreto.

En la etapa de planeamiento del proyecto se decidió utilizar un sistema de preparación de concreto in situ por los complicados horarios de la secuencia de trabajo en el túnel. Tanto el proceso de excavación en roca como las distintas

solicitaciones de concreto en una obra tan compleja, dan como resultado variantes demandas de concreto por tipo de resistencia.

Otra de las variables fue la zona de instalación. Las posibilidades de contar con la mini planta parecían factibles, por el espacio que poseía la obra en estudio en general, sin embargo dentro de la zona de prefabricados la mayor área de trabajo lo ocupaban los encofrados de los paneles de concreto, dejando reducido a unos escasos 150 m<sup>2</sup> la zona de instalación de la planta.

En general una de las bondades de la mini planta concretera es su mínima necesidad de área de trabajo (entre 140 a 200 m<sup>2</sup>), así que por lo general, como en experiencias de otros países se les brinda la zona naturalmente destinada a los agregados y no ocupan más espacio.

Así mismo, debido a la ubicación de la obra, la zona destinada para la ubicación de la planta no poseía conexión directa de agua ni de energía eléctrica, teniendo que complementar la instalación con equipos de reserva y fuentes propias. Sin embargo el tipo de suelo para la cimentación del equipo era más que suficiente para una buena estabilidad del mismo.

Por su parte, el clima moderado de la zona a diferencia de provincia no propiciaba lluvias ni días de sol intensos, trabajando la planta dentro de condiciones normales de temperatura. La humedad relativa no superaba los 22°C ni bajaba de los 17°C, salvo en extrañas ocasiones.

Es importante mencionar en este último aspecto la importancia que tienen las condiciones favorables del clima, no solo para la productividad de los procesos si no para la preparación del concreto a producir con la planta, pues se podrían generar alteraciones en la mezcla debido al contenido de humedad variable en climas inestables.

La obra en estudio comprende los trabajos de excavación de un túnel, en el cual como ya se comentó, se practicaba la voladura controlada. Estando la zona de ubicación de la planta al pie del cerro, como se muestra en la Fig. 3.4 el equipo se encontraría afectado por los posibles impactos de roca en movimiento producto del estallido de la dinamita durante los trabajos de perfilado y desatado

de rocas. De manera conjunta se trabajó con las cuadrillas de seguridad, los que impidieron, en la medida de la posible, ocasiones de riesgo ante esta situación.

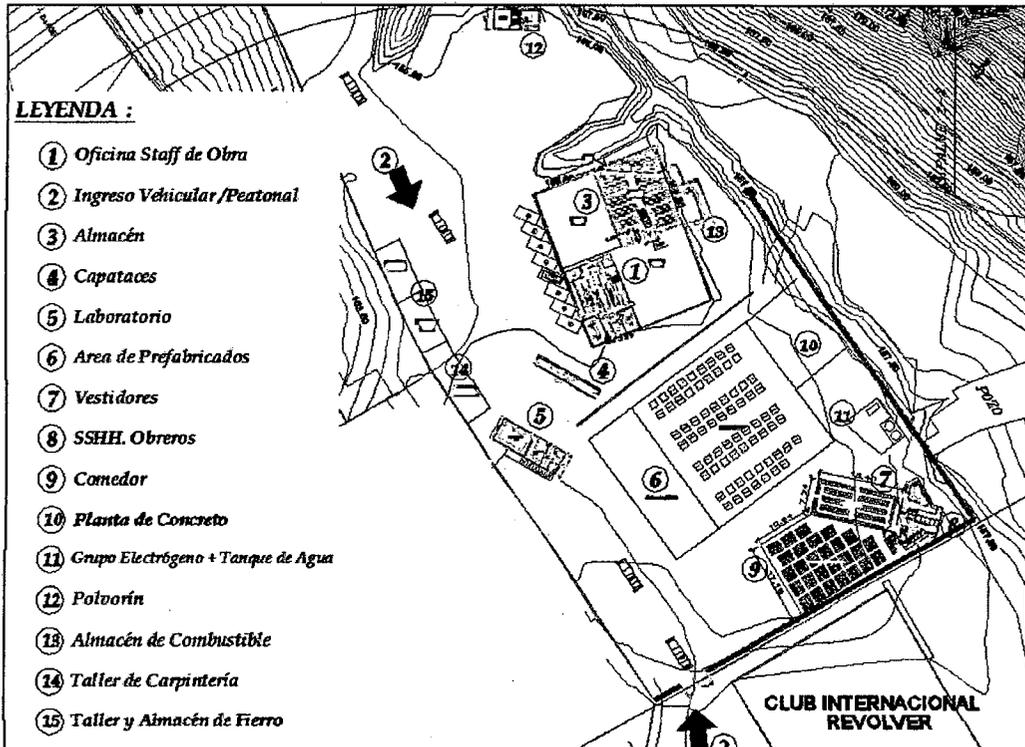


Fig. 3.4 – Distribución de obra, para la zona de prefabricados. Ubicación de la planta al pie del cerro Santa Rosa. Fuente: Oficina Técnica de Obra.

En la figura 3.4 se puede notar la intención de establecer una línea de producción in situ, por la configuración de distribución de zonas. Los paneles se prefabrican en una primera zona (zona 6), para su posterior montaje en la zona de terraplén (300 m de distancia aproximadamente). La idea del método de fabricación del concreto, tiene por objetivo permitir una producción de paneles con la mayor continuidad posible y establecer para ello una producción meta por día.

### 3.3.- INSTALACIÓN DE LA MINI PLANTA

#### **Factores a tener en cuenta para la ubicación de la Planta.**

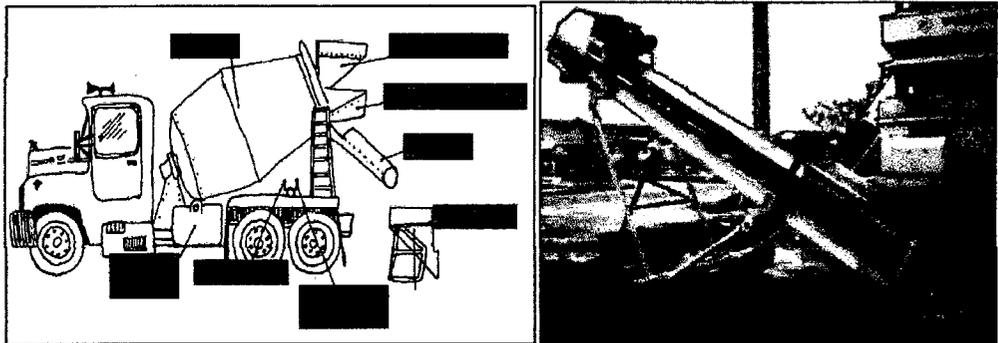
Como bien se explicó en capítulos anteriores, la idea es considerar la fabricación del concreto como una línea más de producción dentro de la obra. Así pues, es necesario llevar un buen planeamiento para la ubicación e instalación de la planta a fin de poder encontrar una ubicación estratégica en obra que brinde la posibilidad de producir y abastecer el concreto de la manera más productiva. En obra se han reconocido muchos de estos factores a tener en cuenta: los cuales se mencionan a continuación:

- **Dirección del viento:** En la medida de lo posible, manejar con criterio la posición del operador con respecto al sentido con la que normalmente sopla el viento (de este a oeste, de norte a sur, etc). En cuestiones de facilidad al momento de operar el equipo, actividades como: el carguío de los agregados a la tolva de pesaje y el pase de los materiales ya pesados hacia la balanza, generan una polución que puede dificultar la visión y audición del operador a cargo, entre otras cosas dificultan el trabajo cotidiano. Sin embargo, no es pretexto para dejar de usar los implementos de Seguridad.
- **Accesos:** Es importante tener en cuenta la relación entre la posición de la planta y los caminos de acceso que tenga está en conexión para el ingreso y salida de los camiones de agregados y cemento si fuere el caso, así como también el de los equipos de despacho del concreto durante la producción. Esto con la finalidad de generar tránsitos más ligeros, menos congestionados y permisibles a acciones de emergencia que pudieran suscitarse con respecto a la movilidad de equipos.
- **Distancias a la zona de vaciado:** Por requerimientos tanto tecnológicos (referidos al tiempos de fragua de concreto) y de productividad es preferible manejar distancias relativamente cortas con respecto a los lugares de vaciado del concreto, es sabido que una de las ventajas a poseer en las producciones independientes es justamente el fácil acceso a las zona de vaciado.

En la medida de lo posible y si es que el presupuesto lo permite, se puede ir trasladando la planta a la par con las zonas de vaciado. Teniendo en cuenta obras de avance longitudinal.

- Niveles de descarga de la planta: Es posible manejar, la ubicación de la planta con respecto a la altura de descarga del concreto producido, esto es, considerando los casos de utilizar equipos de transporte de diferentes alturas, que puedan colocarse en posición de carga y ser despachados de una manera más rápida y sencilla, se evita con esto la necesidad de recurrir a métodos de transporte como fajas horizontales que trasladen el concreto de un nivel de descarga a otro.

Por ejemplo en la obra en estudio, para la preparación de shotcrete se utilizó un camión mezclador de 3.5 m<sup>3</sup> de capacidad, a su vez, para poder descargar los materiales dosificados por la planta hacia este mezclador, se requirió de una faja transportadora que elevara los materiales ya pesados hacia el embudo de carga ver Fig.3.5



**Fig. 3.5.-** Izquierda, Nivel altura del embudo de carga, mayor al nivel de descarga de la planta.  
Derecha, faja transportadora conectada a planta.

- Instalaciones Eléctricas y de agua/desagüe: No con menos importancia se encuentran las consideraciones relativas al consumo de energía eléctrica, abastecimiento de agua y zonas de lavado. Una buena ubicación de la planta también demanda manejar las ubicaciones

correctas de las zonas de equipos de energía como grupos electrógenos, transformadores, etc.

Tener en cuenta que las conexiones subterráneas de energía podrían ser socavadas por el tránsito constante de equipos pesados generando peligros de alto riesgo, Fig. 3.6.

Por otro lado las conexiones de emergencia como llaves de bloqueo y seguridad de la planta, pueden ser fácilmente maniobrables por el operador de la planta, si se encuentran en una posición cercana a él.

Los tanques de agua de reserva para la preparación de concreto y el lavado de la planta, deben ser ubicados en zonas cercanas al operador y de libre acceso a los camiones sistemas para no perjudicar el abastecimiento. Ubicaciones lejanas erróneas inducirán conexiones de agua sobre cargadas, mangueras de agua regadas en el piso, impidiendo el libre tráfico de los equipos y provocando accidentes en la zona de trabajo.

Las pozas de lavado, al ser estructuras independientes de la planta pueden ubicarse cerca o lejos de la misma, con adecuadas zonas de acceso.

Por último, es muy conveniente manejar las ubicaciones de los componentes de la Planta a solicitud del operador, de no contar con este aporte es preferible tener en cuenta todas las consideraciones mostradas para una buena ubicación del equipo.

Se puede decir entonces que los componentes de la Mini planta Piccini, pueden ser ubicados estratégicamente. Como por ejemplo puede resultar conveniente que el alimentador del cemento se encuentre a espaldas del operador (posición B, Fig. 3.6) y no opuesto a los brazos raspantes o frente a él (A, Fig. 3.6). Las maniobras de emergencia en cuanto a falta de cemento le permitirían resolver el problema directamente.

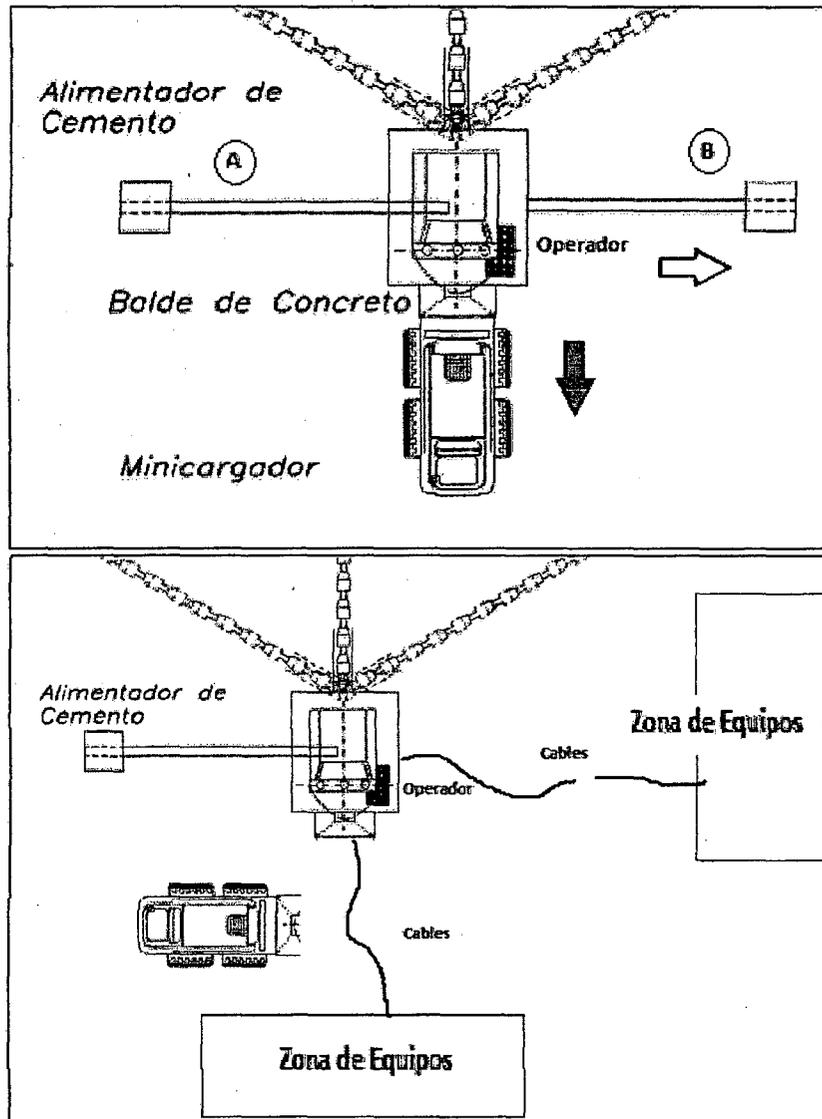


Fig. 3.6.- Superior, posiciones del alimentador de cemento. Inferior, Ubicaciones estratégicas de la planta con respecto a la zona de equipos.

Entonces, la distancia del operador al alimentador puede ocasionar la falta de detección de un correcto funcionamiento, una ubicación desfavorable para el operador por la presencia de ruido y poco alcance para detectar la vibración de su funcionamiento durante el abastecimiento del material (Fig. 3.7).



Fig. 3.7.- Posición de difícil control del alimentador de cemento. Fuente: Informe de estado mecánico de la planta por operador.

### Proceso de Instalación

La instalación de la Planta se lleva a cabo en 3 etapas descritas a continuación:

- (a) Obras Preliminares: Aquí se llevan a cabo los trabajos necesarios para construir la cimentación del equipo y las instalaciones de agua y eléctricas, como tal requiere de un proceso constructivo.

Se construyeron dos losas de cimentación con las que los soportes principales del equipo quedaban fijos y montados en campo.

Para la parte central cuyos soportes contienen los pesos de la balanza, la cuba de mezclado, y los brazos raspantes para agregados, se construyó una losa de cimentación de concreto armado de  $175 \text{ kg/cm}^2$  de dimensiones:  $2.5 \times 3.20 \times .25 \text{ m}$ , la cual se puede apreciar en la Fig. 3.8 Es importante la colocación del desagüadero para derivar el agua utilizada para la limpieza de la planta al finalizar la jornada de trabajo, y no generar zonas de agua empozada.

Entre otras actividades implicadas en la construcción de la cimentación se encuentran la excavación y el compactado del terreno, labores de mucha importancia teniendo en cuenta el tipo de suelo a cimentar.

La ubicación de las instalaciones eléctricas y las conexiones de agua son importantes al momento de cimentar.

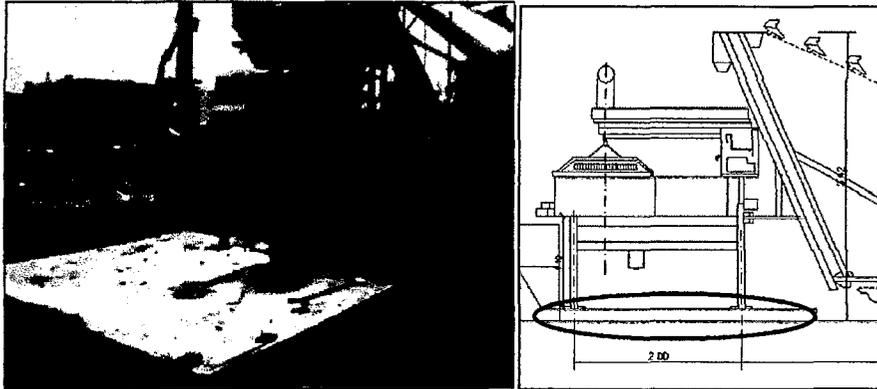


Fig. 3.8.- Cimentación Base para planta (parte Central).

La otra zona de cimentación es el soporte para la tolva alimentadora de cemento, cuya losa (Fig.3.9) también de concreto armado de dimensiones: 1.5 x 1.00 x 0.20. Está diseñada para soportar hasta un peso máximo de 10 toneladas (capacidad de almacenaje de un silo de cemento).

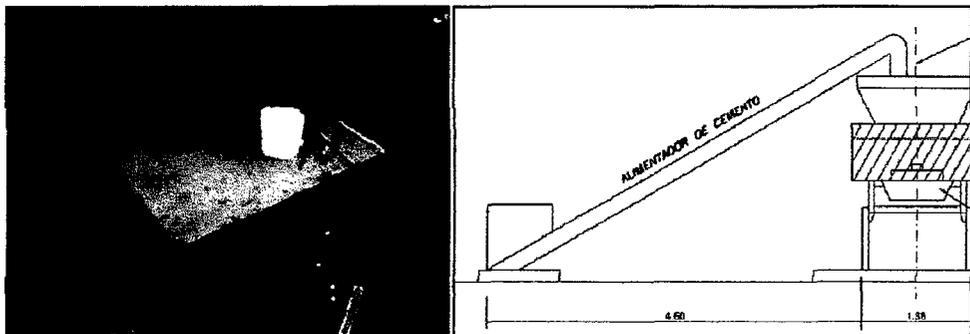


Fig. 3.9.- Losa para cimentación del alimentador de cemento.

#### (b) Montaje e Instalación del equipo

Culminadas las obras provisionales, se procede al montaje del equipo, el cual, una vez recepcionado en obra, pasa a ser movilizado sobre la losa,

para esto se hace uso de un equipo de izaje y acarreo, en este caso un camión grúa.

Debido a la simplicidad de las operaciones a realizar, en la obra en estudio, se necesitó de un solo operario y el tiempo demandado para montarlo fue de seis horas aproximadamente. No se necesitó de más ayuda de personal especializado.

Algunos pasos para la colocación de la máquina son:

- Descargar la máquina del medio que la transporta (camión grúa)
- Colocarla en la posición exacta, encima de los cimientos, preparados con anterioridad y sujetarla bien al terreno (por medio de pernos).
- Adicionar los brazos raspantes y proceder al montaje de la catenaria.
- Controlar que las cadenas estén alineados perfectamente en los puntos de empalme.
- Colocar el brazo raspador en perfecta posición vertical para evitar bruscos movimientos de un agregado a otro (el control hay que realizarlo con un nivel colocado en el montante oblicuo del brazo).
- Ajustar bien las placas de sujeción de los brazos a la máquina.
- Ajustar bien los tornillos y tensar la catenaria ajustando los tornillos.
- Fijar las dos abrazaderas porta cables a las placas de empalme del brazo, extender los cables de emergencia laterales que corren por el brazo raspador y tensarlos hasta que el pistón del tope no empiece a abrirse.

En lo referido al sistema de cimentación, en la obra en estudio, no fue concebido el perno de anclaje embebido en la losa de cimentación (Fig. 3.10), motivo por el cual se complicó la situación durante el montaje. Se recurrió a la instalación de pernos sobre la losa para ajustar los soportes de base de la planta.

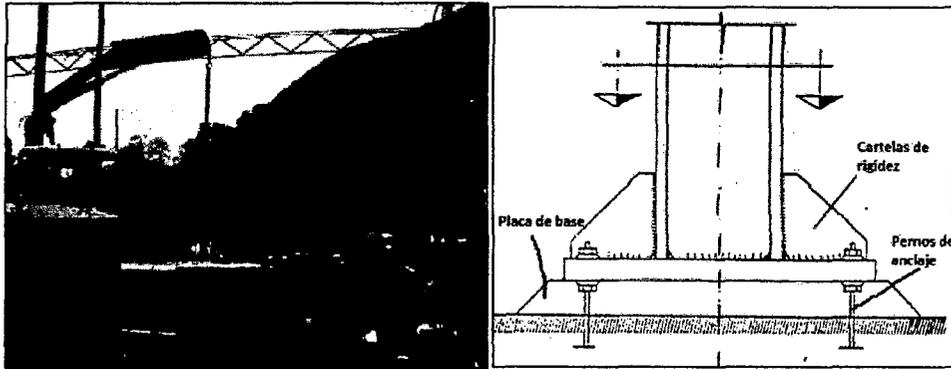


Fig. 3.10.- Izquierda, izaje de la balanza y cuba mezcladora. Derecha, perno de anclaje embebido en la cimentación

Entre las instalaciones post montaje se encuentran las referidas a las *instalaciones de agua*. El equipo posee una entrada de conexión de agua de 1.5" desde la cual se conecta al tanque mediante una tubería HDP (1.5").

Y en cuanto a las *instalaciones eléctricas* las principales actividades que se realizan son:

- Asegurar que la instalación eléctrica esté conectada con la toma a tierra
- Brindar corriente al panel conectando la toma a tierra y las tres fases al borne "RST"<sup>2</sup>
- Asegurar conducto por donde el cableado eléctrico será tendido, teniendo en cuenta la posición estratégica del grupo alimentador, explicada líneas más arriba.

Es importante tener en cuenta los siguientes principales recursos para la Instalación y Montaje del equipo:

- Equipos de izaje y acarreo (como grúas, eslingas) listos.
- Pernos adecuados para soporte de base de la planta.
- Contar con los tornillos, pernos, abrazaderas y demás elementos de sujeción al momento de instalar.

<sup>2</sup> Un tipo de Borne especial para las conexiones eléctricas de la planta

- Contar con las tuberías y cables para los respectivos sistemas de agua y electricidad correspondientes, dependiendo las distancias y voltajes.
- Herramientas de ensamblaje, aceites, grasas, etc.
- Elementos de emergencia como botiquines, extinguidores, etc.

### (c) Encendido y prueba

Luego del montaje e instalación de las conexiones completas se procede a ejecutar las operaciones de prueba para ajustar o verificar que se encuentre en las mejores condiciones y operativo al 100%.

Algunas pautas importantes son:

- Verificar las conexiones eléctricas, constatar el sentido de la rotación del mezclador (sentido horario).
- Verificar alguna fuga de aceite, agua o cualquier imperfecto.
- Constatar las actividades de carguío y aperturas de compuerta.

### 3.3.1.- TIEMPOS

En lo que respecta al montaje e instalación del equipo los trabajos son sencillos. No se limita por cuestiones de plazos la facilidad de montar y desmontar la mini planta de una zona de trabajo a otra.

Considerando los implementos necesarios para una adecuada instalación, y previendo evitar posibles inconvenientes en el proceso constructivo el plazo para la instalación del equipo resulta ser de 4 días de trabajo, desde los inicios de las obras provisionales.

En obra los trabajos de instalación del equipo tomaron casi 4 días, teniendo los recursos a la mano, pero sin prever situaciones como la falta de empernado en la bases de soporte del equipo contra la losa de cimentación. Situación que

complicó las labores durante la unión de los soportes bases de la planta con la cimentación.

Se muestra un cronograma de las actividades implicadas en la instalación de la mini planta, las cuales se siguieron y cumplieron en la obra en estudio.

Actividad									
Limpieza y Nivelación	■								
Compactación de terreno		■							
Excavación			■						
Encofrado				■					
Colocación de acero					■				
Vaciado de Concreto 175 kg/cm <sup>2</sup>						■			
Fraguado							■		
Desencofrado								■	
Sistema de Desague/instalaciones			■						
Montaje e Instalación									■

Fig. 3.11. –Cronograma de tiempos previstos para la instalación de la mini planta.

Es importante mencionar que una de las ventajas de usar mini plantas es la facilidad de transportar e instalar esta planta a distintos puntos de trabajo, sea el caso de un proyecto de obras lineales, donde se necesite producciones cada cierto tramo, por ejemplo.

### 3.3.2.- COSTOS

Debido a la misma facilidad que posee su instalación en obra los costos para un adecuado trabajo de montaje e instalación representan una suma aceptablemente económica.

La tabla a continuación muestra los precios por partida y por unidad para los trabajos involucrados en la instalación y montaje de la planta en la obra estudiada. No obstante son precios que refieren de la fuente de base en estudio, no siendo los mismos en cualquier ubicación del país.

Los precios unitarios se encuentran detallados en el anexo 3.1.

Partida	Und	Costo/Unidad (S/.)	Metrado	Parcial (S/.)
Limpieza y nivelación	m2	2.55	36	91.8
Compactación de terreno	m2	6.30	3.0	18.9
Excavación	m3	28.21	3.5	98.74
Encofrado y desencofrado	m2	26.34	13.35	296.50
Colocación de acero	kg	4.14	9.5	39.33
Vaciado de concreto 175Kg/cm2	m3	231.45	3.0	578.6
Instalaciones de desagüe	m	2.61	3.0	7.83
Montaje e Instalación	hr	60	5.0	300
Movilización y desmovilización	gl	1200	1	1200
<b>Total</b>				<b>S/. 2631.7<sup>3</sup></b>

**Tabla 3.3.** – Presupuesto de Instalación de Mini planta Piccini MF 400 – Fuente de Costo: Constructivo de Jun-Jul- 2010 / Presupuesto de Obra

Hay que dejar en claro que los costos evaluados se hicieron en las fechas de Agosto del 2010, y los metrados son los requeridos por la obra en estudio, cargados a la partida de Obras Provisionales de la Obra.

Así mismo, y como un estimado de presupuesto, se muestra a continuación el costo que representaría la desinstalación de la mini planta PICCINI.

Partida	Und	Costo/Unidad (S/.)	Metrado	Parcial (S/.)
Desinstalación y desmontaje	un	338.01	1	338.01
Demolición y Eliminación de losa	m2	94.76	3	284.28

<sup>3</sup> Precio estimado – Fuente: Constructivo Jun-Jul 2010

Limpieza final de obra	m2	6.97	36	250.97
Movilización y desmovilización	gl	1200	1	1200
			<b>Total</b>	<b>S/. 2073.3*</b>

**Tabla 3.4.** – Presupuesto de desinstalación (estimado) de Mini planta Piccini MF 400 –  
 Fuente: Constructivo de Jun-Jul- 2010 / Presupuesto de Obra.

### 3.4.- CONSUMO DE ENERGÍA DE LA PLANTA

La planta no requiere de combustible como recurso consumible para su funcionamiento sino más bien se abastece de energía eléctrica para su operatividad. Siendo el equipo de fabricación italiana esta modulado para trabajar con tensiones de voltaje de 440 V y 50 KH, a diferencia de Lima en donde la tensión media es de 220- 230 V.

La energía requerida abastece los distintos motores que hacen funcionar la planta mediante el tablero de control, a la vez que habilita los sensores del contómetro del agua, pesaje de balanza, bloqueos de seguridad, entre otros dispositivos.

En la obra en estudio se contaba con un Grupo electrógeno de 220V - 50 KW y un transformador que regulaba el voltaje y la intensidad tal cual lo requería la Planta. Se hace imprescindible tener un abastecimiento de voltaje muy estable durante la producción de concreto, si bien es cierto se puede tomar la tensión media de la red pública, es mucho más preferible poseer una fuente de energía propia que genere corriente alterna de manera constante para no tener contratiempos en la producción.

Por otra parte el funcionamiento de los componentes mecánicos de la planta como las compuertas del mezclador, los movimientos longitudinales de los brazos raspantes entre otros, son ejecutados mediante presiones hidráulicas. La caja de engranaje que posee, se abastece de aceite hidráulico, con el cual se llevan a cabo maniobras con presión hidráulica.

Es importante dentro del mantenimiento verificar que el nivel de aceite dentro la caja de engranaje sea el adecuado, ver el Anexo 3.2 de mantenimiento preventivo de la Planta Piccini.

## **CAPITULO IV: CASO DE APLICACIÓN – PRODUCCIÓN DE PANELES PREFABRICADOS DE CONCRETO**

A continuación se explicará el proceso constructivo de la fabricación, transporte y colocación del concreto con la mini planta PICCINI MF 400, en la aplicación del caso en estudio de una producción de paneles prefabricados de concreto. Esta actividad de fabricación fue llevada a cabo dentro de la Obra: "Interconexión Vial entre los distritos de Rímac y San Juan de Lurigancho - Túnel Santa Rosa", como una de las líneas de producción in situ.

Se explicará la importancia que tiene la fabricación del concreto con la mini planta dentro del proceso constructivo de producción de dichos elementos prefabricados.

Así mismo se exponen las mejoras respectivas en las actividades identificadas dentro de la cadena de producción, evaluando la importancia de la confiabilidad de cada proceso para asegurar la fluidez de las actividades elevando principalmente la productividad de equipos y mano de obra, definidos en el primer capítulo.

Cabe resaltar que las mejoras expuestas fueron ideadas por los ingenieros de campo a cargo del frente de obra en un trabajo en conjunto con las mediciones que se hicieron para elaborar este estudio.

### **Contexto de Obra:**

Uno de los componentes del proyecto en estudio, denominado "Vías de Acceso" consiste en la construcción de vías de transporte en ambos sentidos hacia los portales de entrada y salida del túnel de interconexión. Estas vías en pendiente referenciadas para la obra entre las progresivas 0+063.904 y 0+566.824, poseen los cortes transversales mostrados en la Fig. 4.1, en la cual se pueden notar tres secciones representativas a lo largo del recorrido en dichas vías.

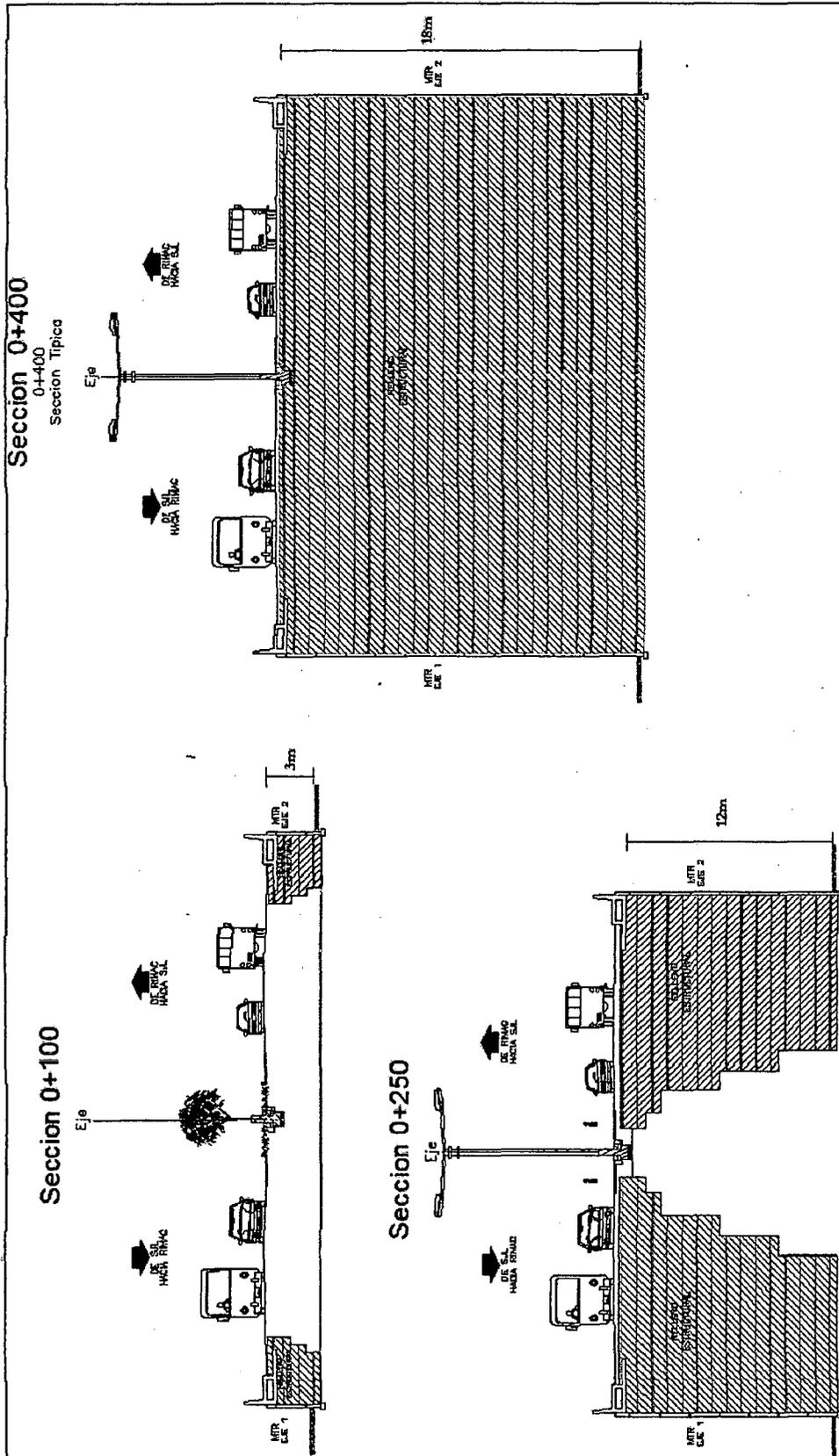


Fig.- 4.1. - Secciones tipo a 0+100 m, 0+250 m y 0+400 m, de las vías de acceso en ambos sentidos en dirección al túnel<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Planos de diseño de la Obra

El sistema de sostenimiento del terraplén base para las vías, se realizaron a través de Muros de Tierra Retenida (MTR), para el cual se solicitaron según diseño del Proyecto unos 4900 paneles prefabricados de dimensiones variables.

El sistema (MTR) está compuesto principalmente de tres elementos:

- Paramento frontal (Paneles prefabricados)
- Bandas de refuerzo (bandas poliméricas)
- Suelo de relleno.

El **paramento frontal** se compone de placas de concreto Prefabricado (paneles), en este caso de 1.50m por 1.50m y variantes menores, con un espesor de 0.15 metros y armadura de refuerzo constituida por mallas de acero, ver Fig. 4.2. Las **Bandas de refuerzo** están constituidas por bandas poliméricas que se articulan a las barras longitudinales ancladas en las placas de concreto. Las barras longitudinales están dobladas y soldadas en uno de sus extremos para formar un gancho cerrado denominado "loop". El **suelo de relleno** debe tener un material compactable y no agresivo<sup>2</sup>.

Los paneles son montados sobre una viga de nivelación (cimentación corrida) a lo largo de los 2 ejes a cada extremo de la vía. Referenciados de la siguiente manera:

Ítem	cota inicial de rasante	cota final rasante	estación inicial	estación final
eje 1	146.716	173.386	0+063.904	0 + 566.824
eje 2	146.716	172.878	0+063.904	0 + 559.205

**Tabla 4.1.-** Referencia de las vigas de nivelación del MTR en ambos ejes.

<sup>2</sup> Especificaciones técnicas del Proyecto "Interconexión vial entre los distritos de Rímac y SJL: Túnel Santa Rosa"

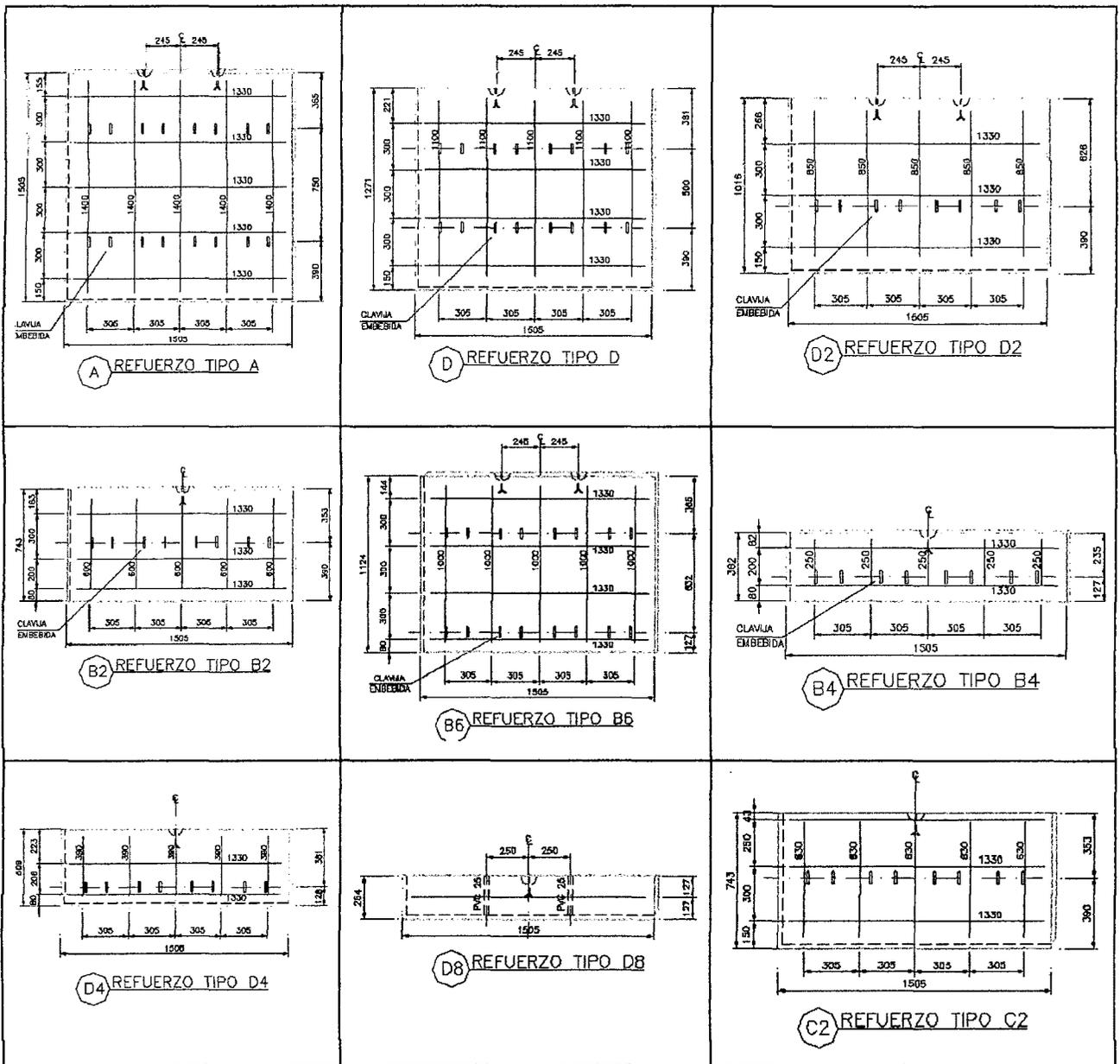


Fig. 4.2.- Dimensiones de los paneles a fabricar para el sistema de Muro de Tierra Retenida. Fuente: Oficina Técnica de Obra.

Si bien es cierto en un principio se tenía planificado usar concreto premezclado del mercado local para la fabricación de los paneles, pero finalmente se determinó trabajar con la mini planta concretera, la cual abastecía a su vez el concreto lanzado (shotcrete), Pues como ya se explicó, ésta era una actividad

efectuada en un turno diferente durante el inicio de los trabajos de excavación del túnel y no intercedía con los paneles de concreto.

Así pues éste estudio tiene como finalidad evaluar la productividad del proceso constructivo con estas condiciones presentadas en obra, resaltando la importancia de la planta dentro del proceso constructivo en general.

### Área de Producción de paneles

Teniendo en cuenta que las actividades para la elaboración de paneles prefabricados son las siguientes:

Item	Actividad
1	Fabricación de concreto
2	Transporte y Colocación de Concreto
3	Desencofrado
4	Armado del encofrado y colocación de acero
5	Transporte de paneles a zona de almacén

Tabla 4.2.- Principales actividades para Fabricación de paneles.

Se establece un área de producción destinada a cumplir esta labor teniendo en cuenta las siguientes observaciones:

- Distribución correcta de zonas de trabajo.
- Producción diaria de 70 paneles por día para cumplir programación establecida.
- El concreto para los paneles prefabricados llega a una resistencia de 350 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.
- Contar con equipos de producción y acarreo (planta, grúas, telehandler, etc.).

## **4.1.- DESCRIPCIÓN DE LA FABRICACIÓN DE CONCRETO CON LA MINI PLANTA PICCINI**

Los trabajos se dividen en 3 etapas fundamentalmente:

### **4.1.1.- ACTIVIDADES DE ACOPIO DE MATERIALES DE INSUMOS**

Teniendo en cuenta la posición estratégica como uno de los factores importantes para la ubicación de la planta, explicado en el capítulo III, la zona establecida para los agregados es la más importante, a su llegada a obra son depositados cercanos a los brazos raspantes de la planta, esto con la finalidad de reducir los tiempos de acopio.

No obstante, en la obra bajo estudio salvo la arena, el agregado grueso no pudo colocarse de frente en la zona para agregados de la planta (Zona de Piedra, Fig. 4.3) puesto que la planta produce concretos de diferentes resistencias (280 kg/cm<sup>2</sup> - para el shotcrete), lo que obligaba a realizar el cambio de agregados gruesos de piedra 57 a gravilla.

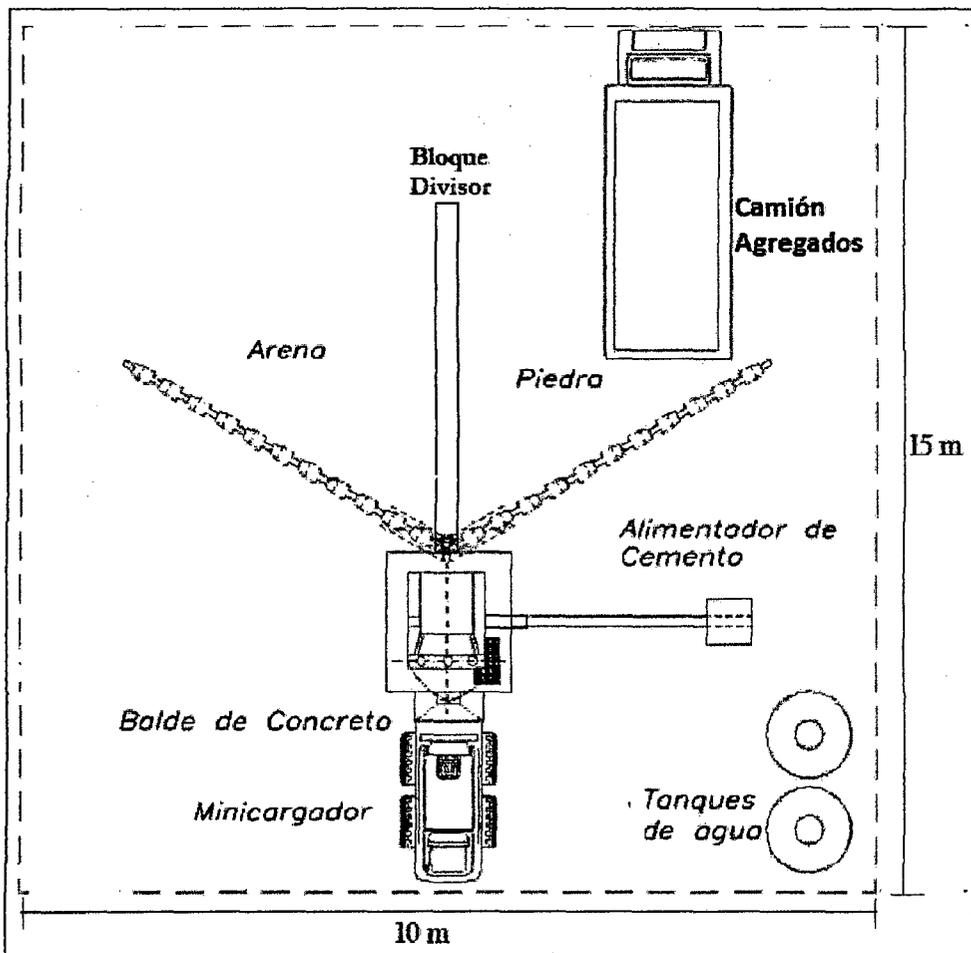


Fig. 4.3.- Distribución espacial de trabajo con la Mini-planta. Fuente: Central de Equipos.

Es importante advertir la humedad de la arena y de la piedra, ya que si poseen alguna cantidad de agua será necesario pasar por un proceso de secamiento antes de utilizarlos, lo que obligará a colocar el material en una zona de ventilación.

Teniendo en cuenta que la planta producía concretos de diferentes resistencias, entre los cuales se tenían  $350\text{kg/cm}^2$  para los paneles de concreto, el shotcrete de sostenimiento  $280\text{Kg/cm}^2$  y el concreto  $210\text{kg/cm}^2$  para algunas obras provisionales (ver tabla 4.3), es muy importante aquí una programación adecuada de pedidos de agregados, con la finalidad de evitar material

innecesario o por el contrario excedentes de agregados que podrían perjudicar los accesos a la planta.

Mes	Producción del concreto según resistencias (m <sup>3</sup> )			
	100 Kg/cm2	210 Kg/cm2	280 Kg/cm2	350 Kg/cm2
Mayo	10	0	122.75	318.81
Junio	16	0	195.45	607.84
Julio	0	0	134.05	397.56
Agosto	3.00	6.15	235.98	149.50
Total =	29	6.15	688.23	1473.71

Tabla 4.3.- Cantidades de Producción según Resistencia del concreto producidas por la Planta.

Fuente: Oficina Técnica de la Obra

material	cantidad	Und.
Cemento	423.49	Kg
Agua	150.15	Lt
Agregado fino	845.77	Kg
Agregado grueso	955.67	Kg
Aditivo plastificante	1.3	Kg
Peso del concreto	2371.59	Kg/m <sup>3</sup>

Tabla 4.4.- Diseño 350 Kg/cm2 rev.1, de uso para los paneles, Fuente: Área de Calidad del Proyecto.

Similar panorama se tiene para el cemento, que debido a las condiciones de abastecimiento de material en la obra bajo estudio, la producción se abasteció por bolsas de cemento adquiridas de un proveedor calificado.

Las bolsas se abastecieron inicialmente en el almacén (a 60 metros de la planta aproximadamente) para luego transportarlas con un equipo de carga hacia la zona cercana del alimentador de cemento de la planta. Ver Fig. 4.4

Bajo este contexto, las operaciones de acopio de material se realizaban en horas de la mañana para empezar la producción lo más temprano posible, sin embargo durante esta etapa se suscitaban inconvenientes que más adelante se estudiarán con más detalles con los diagramas de Ishikawa. (Ver Fig. 4.8).

*Equipos utilizados:* Para este trabajo se utilizan un mini cargador como equipo de acopio, que realiza los trabajos de acomode de los agregados a la zona de planta. Este mismo equipo transporta las bolsas de cemento con la finalidad de acopiarlas cerca de la planta.



**Fig. 4.4.-** Transporte de bolsas de cemento desde almacén hasta la zona de abastecimiento en planta (60 m aproximadamente).

*Tiempos de acopio:* Los trabajos de acopio se realizan a primera hora y culmina teóricamente al dejar todos los insumos listos para el inicio del carguío a la balanza de la planta (arena, piedra, cemento, aditivo, agua).

En la práctica el tiempo de acopio culmina con el inicio de la Fabricación de concreto con la planta, siempre es bueno verificar por ello el mantenimiento preventivo del equipo, con la finalidad de no retrasar los trabajos de producción, esto se verá con más detenimiento en el capítulo V.

A continuación se tiene un registro de los tiempos tomados durante el mes de junio donde se puede notar el progresivo incremento del tiempo de acopio con el pasar de los días.

Fecha	Inicio de Acopio	Inicio de Producción	Fin de Producción	Fin con lavado	Fecha	Inicio de Acopio	Inicio de Producción	Fin de Producción	Fin con lavado
Mar 01-06-10	7:30	9:55	15:15	15:35	Mie 16-06-10	7:30	11:20	16:05	16:25
Mie 02-06-10	7:30	9:45	15:45	16:05	Jue 17-06-10	7:30	11:10	16:30	16:50
Jue 03-06-10	7:30	9:55	16:00	16:20	Vie 18-06-10	7:30	12:00	17:10	17:30
Vie 04-06-10	7:30	13:30	18:10	18:30	Sab 19-06-10	7:30	11:00	15:00	15:20
Sab 05-06-10	7:30	10:00	15:30	15:50	Lun 21-06-10	7:30	10:00	15:45	16:05
Lun 07-06-10	7:30	10:00	16:45	17:05	Mar 22-06-10	7:30	10:30	15:45	16:05
mar 08-06-10	7:30	11:30	16:00	16:20	Mie 23-06-10	7:30	14:00	16:30	16:50
Mie 09-06-10	7:30	10:15	16:00	16:20	Jue 24-06-10	7:30	14:00	16:30	16:50
Jue 10-06-10	7:30	10:15	16:00	16:20	vie 25-06-10	7:30	11:30	18:45	19:05
Vie 11-06-10	7:30	13:00	16:00	16:20	sab 26-06-10	7:30	11:30	15:00	15:20
Sab 12-06-10	7:30	10:30	15:30	15:50	Lun 28-06-10	7:30	11:30	16:00	16:20
Lun 14-06-10	7:30	10:30	15:00	15:20	Mar 29-06-10	7:30	11:30	15:30	15:50
mar 15-06-10	7:30	10:30	14:45	15:05	Mie 30-06-10	7:30	11:00	18:10	18:30

Tabla 4.5.- Horario de producción del concreto en el mes de Junio.

#### 4.1.2.- FABRICACIÓN DE CONCRETO

Ubicados en las zonas respectivas, los materiales a utilizar para la producción del concreto, el operador supervisa convenientemente que todo esté en orden: (a) el estado de la planta y (b) el estado, ubicación y diseño de los materiales. Posteriormente a la orden del ingeniero pone a funcionar el equipo.

El siguiente gráfico muestra la secuencia de operaciones que sigue sistemáticamente la mini planta para la fabricación del concreto en un proceso cíclico continuo, se puede notar la simultaneidad de los procesos de carguío por un lado y mezcla y descarga por otro.

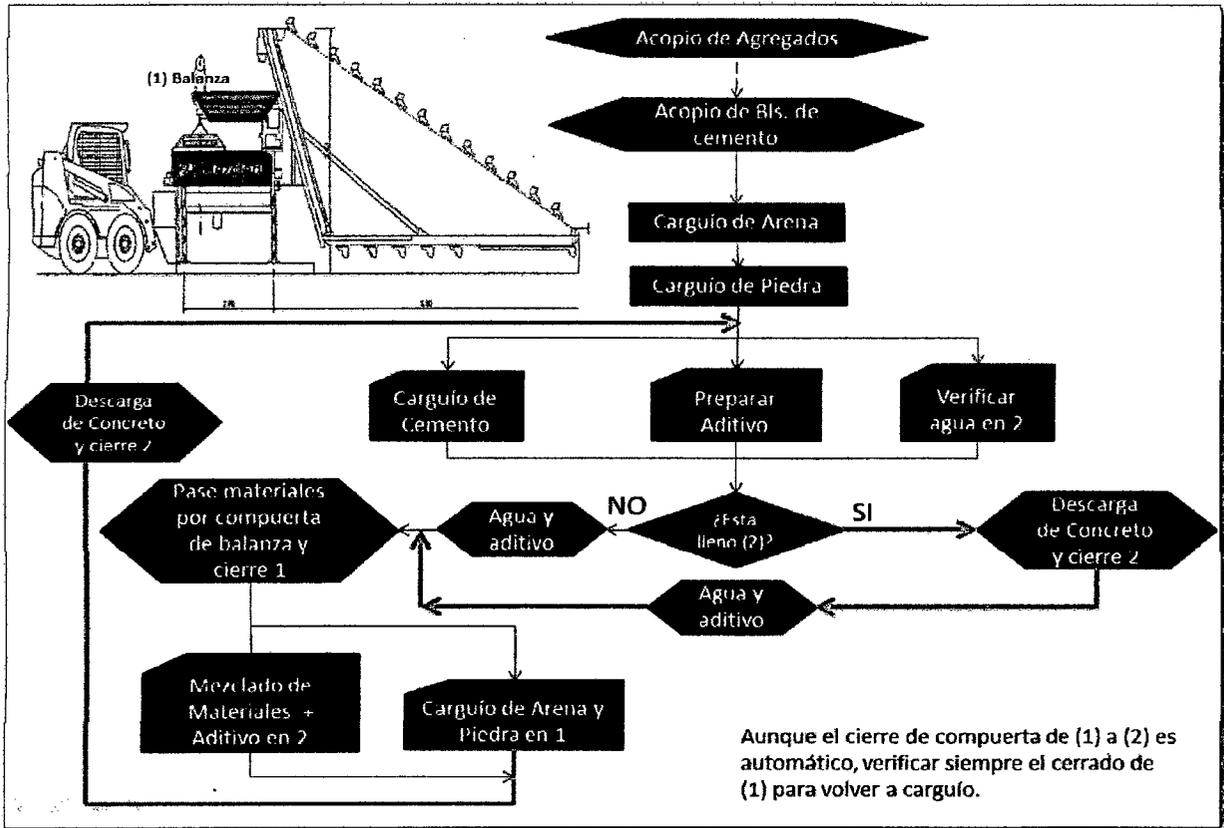


Fig. 4.5.- Diagrama de flujo de actividades de la planta PICCINI.

**Carguío automático:** Las operaciones cíclicas de carguío, pesaje y mezclado, se realizan de manera automática, las celdas electrónicas del tablero pueden reconocer el pesaje de los agregados Fig.4.5 (1), mientras que a la par se realiza el mezclado Fig.4.5 (2), reteniendo en espera los pesos hasta que la descarga del concreto producido sea completada, para que nuevamente empiece la etapa del mezclado.

**Carguío manual:** El sistema da la posibilidad de manejar las actividades del equipo en modo manual, con lo cual el operador dispone de los movimientos en el momento convenido.

La ventaja del modo manual es que se puede manejar la producción al ritmo que se requiera abastecer, o al ritmo de la capacidad de colocación del concreto. Una buena experiencia del operador, podría superar inclusive los tiempos del ciclo a modo automático.

*Tiempos del ciclo:* Considerando las principales actividades para la fabricación de concreto con la Planta, se tiene que el ciclo teórico promedio de trabajo consta de:

- Carguío de arena y piedra = 42"
- Carguío de cemento = 18"
- Pase de Mezcla y batido = 2'00"
- Descarga de concreto = 35"
- Total = 3'58"

Es preciso recalcar que esta distribución de tiempos la recomienda el fabricante y solo será referencial para nuestro caso, pues las condiciones de obra con las que se trabaja modificarán los tiempos de producción como se verá más adelante.

*Recursos humanos:* Advirtiendo el trabajo de manipuleo de bolsas como método para abastecimiento de la planta, se programa contar con dos ayudantes que se encarguen de realizar esta actividad, los cuales a su vez ejecutarán los trabajos de limpieza de las bolsas vacías y la preparación de aditivos.

#### 4.1.3.- LAVADO DEL MEZCLADOR

Una vez culminada la producción durante una jornada de trabajo, resultan imprescindibles las actividades de limpieza de la planta, los restos de mortero y concreto alojados en el mezclador deben ser reducidos inmediatamente terminada la producción.

Entre los principales problemas evidenciados por falta de una buena limpieza en el mezclador son:

- Formación de capas de mortero en la superficie de la cuba mezcladora.
- Paletas adosadas, casi estáticas por las mezclas secas.
- Daños en los reductores.

La planta cuenta con una conexión de salida de agua para justamente realizar las operaciones de lavado, por otro lado podría recurrirse a la reutilización del agua en caso de existir una poza de lavado para el equipo.

No se debe pasar por alto la limpieza de la zona de trabajo una vez culminada la producción, residuos como bolsas de cemento, o material regado deben ser acomodados en botaderos o zonas de desechos.

## **4.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA ELABORACIÓN DE PANELES PREFABRICADOS**

### **4.2.1.- IDENTIFICACIÓN Y MEDICIÓN DE ACTIVIDADES**

La Fase de identificación de actividades se hizo en un inicio a partir de la observación en campo, es aquí donde se utiliza la herramienta de modelación de procesos Cyclone, con la cual se tendrá un panorama actual de los procesos involucrados en la producción de los paneles. Se puede apreciar el modelo desarrollado completamente en el Anexo 4.1.

La idea es llegar a tener un concreto *justo a tiempo*, con las condiciones adecuadas en las que se pueda realizar un buen vaciado, sin tener esperas de las cuadrillas de vaciado y sin tener tiempos muertos de la planta durante la producción. Así se podrá cumplir la producción programada, con la utilización planificada de recursos, pues se reducirá la variabilidad.

Entonces se detallará aquí el desarrollo de los subprocesos uno tras otro. Describiendo las posibles oportunidades de mejora con la intención de obtener una mejor productividad.

### **SUBPROCESO 1: FABRICACIÓN DE CONCRETO**

Este subproceso representa una actividad clave en el proceso constructivo. La mini-planta, es el principal equipo de la cadena de producción, pues representa la preparación del concreto in situ, el cual es el método a seguir. El trabajo automatizado de fabricación se realiza bajo los controles del operador quien debe conocer a fondo el funcionamiento del equipo.

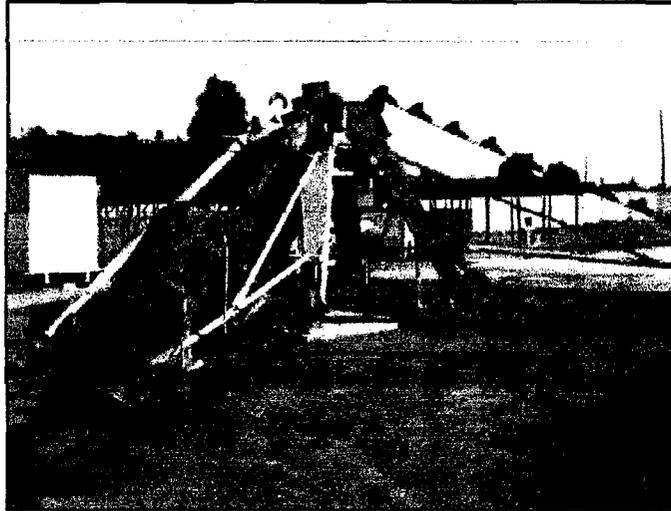


Fig. 4.6.- Planta a brazos raspantes PICCINI MF400 instalada en obra.

El acopio de agregados y de bolsas de cemento al inicio de las jornadas lo realiza un minicargador y dos ayudantes, de manera paralela otra cuadrilla lleva a cabo las actividades de desencofrado de paneles ya endurecidos, habilitando las armaduras a la espera de ser vaciadas.

Los dos trabajadores que apoyan específicamente en las labores de acopio de cemento y posteriormente a su carguío en la planta, también se encargan de dosificar y preparar el aditivo a usar (Fig. 4.7)

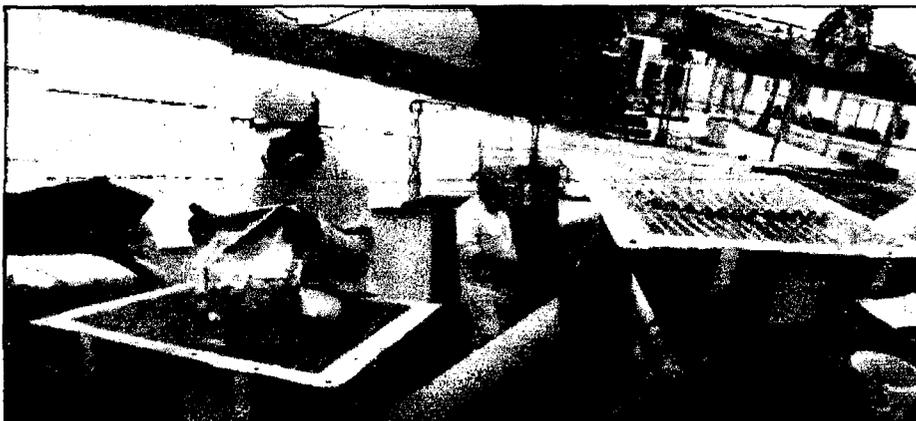
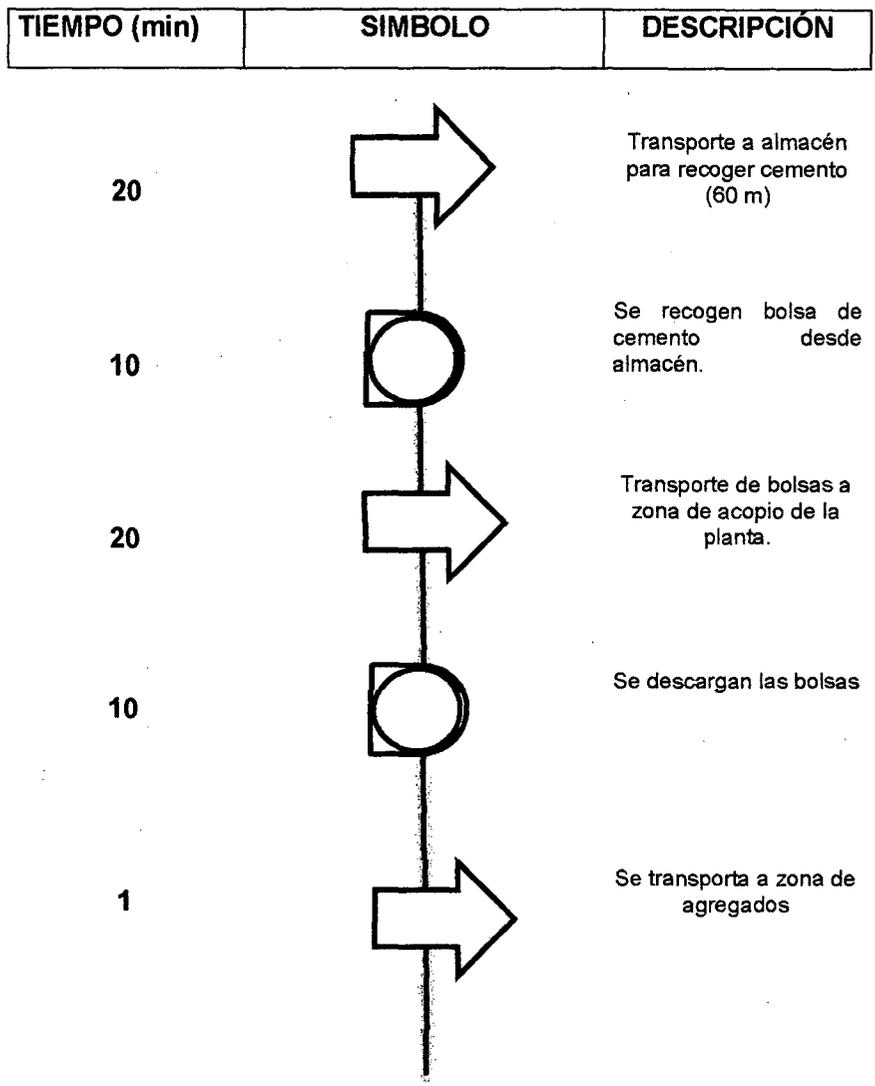


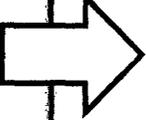
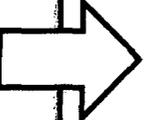
Fig. 4.7.- Izquierda, Carguío de cemento y preparación de aditivo, derecha, alimentador de cemento.

Es en los trabajos de la mañana donde se presenta el primer problema para iniciar la producción, aunque por un lado se espera una habilitación mínima de 20 armaduras de paneles para empezar a fabricar concreto, no siempre la planta está lista para iniciar a abastecer los primeros 20 paneles.

Uno de los equipos complementarios más importantes durante el proceso de acopio de los insumos (agregados y cemento) es el minicargador como ya se mencionó. Resulta clave realizar un Diagrama de procesos para conocer las actividades que realiza y de algún modo, intervenir para la mejora de las mismas.

**Diagrama de Procesos para el Acopio de insumos para la mini-planta con el mini-cargador**



TIEMPO (min)	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
10		Acopia la piedra a zona de piedra
10		Acopio de arena a zona de arena
2		Realiza trabajos de Limpieza
5		Limpieza de bolsas vacías de cemento
5		Transporte (ida y vuelta) hacia el botadero de la bolsas de cemento
2		Cambia de accesorio a chute para carga de concreto
5		Colocación de desmoldante al chute
1		Se ubica en zona de descarga de la planta

**RESUMEN:**

Número de Operaciones	6
Número de Inspecciones	1
Número de Transportes	4
Número de Esperas	5

Una manera más metódica de analizar este proceso es con la ayuda de un Diagrama de Ishikawa como el que se muestra a continuación. Además, hace que sea más sencillo identificar los problemas que se presentan para el inicio de la producción.

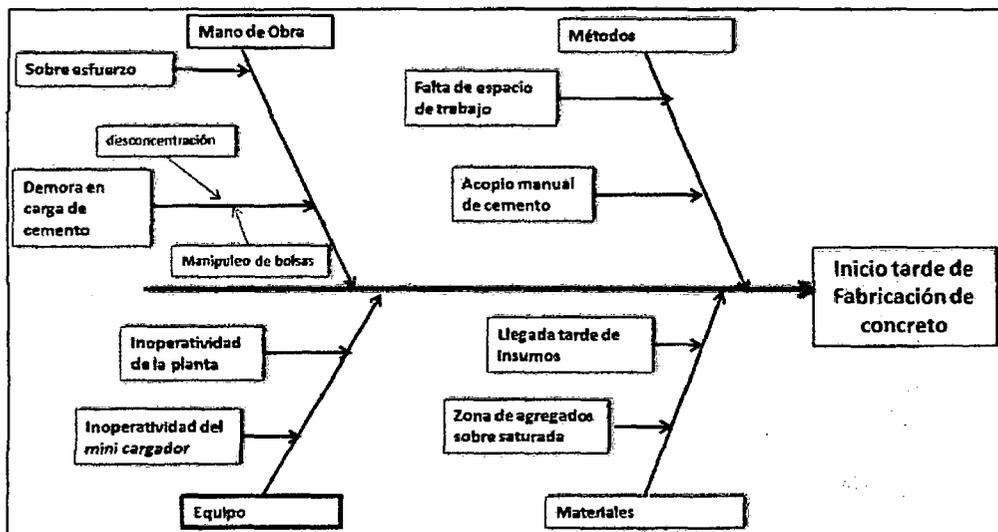


Fig. 4.8.- Diagrama de Ishikawa que muestra los principales problemas para inicio de producción de la planta.

A continuación se procede a explicar cada una de las causas menores:

- **MÉTODO:**

- Falta de espacio de trabajo: Si bien es cierto la mini planta requiere de un espacio mínimo con el cual se pueden planear bien los accesos. Es posible que la sobrecarga de agregados o la falta

de zona de almacenamiento para los mismos, perjudiquen las acciones de acopio, prolongando el tiempo que normalmente puede demorar el acopiar los agregados.

- Acopio manual de cemento: Aunque se cuenta con un mini cargador que apoya en el transporte de las bolsas de cemento, este equipo cuenta con un lampón de accesorio, con el cual se hace dificultoso cargar las parihuelas con el cemento, y por el contrario los ayudantes realizan el pase de las bolsas desde las parihuelas hacia el lampón.
  
- **MANO DE OBRA:**
  - Lento acopio cemento: la desconcentración puede ser un factor causante, siendo dos los ayudantes la distracción al conversar y de por sí el mismo manipuleo de bolsas de cemento de una en una, genera tiempos más prolongados para esta actividad. No se deja de lado la posibilidad de sobredimensionamiento de cuadrilla para este trabajo, de ser posible modificar la forma de transporte.
  
  - Sobre esfuerzo: Por otro lado la monótona actividad de transporte de cementos en cantidad mayores, puede llegar a fatigar al personal, dejándolo agotado antes de culminar los pases de cemento a la zona de la Planta. Teniendo que recurrir a cambios de trabajador y provocando tiempos de espera en el trabajo.
  
- **EQUIPOS:**
  - Inoperatividad de la Planta: A falta de un mantenimiento preventivo o por simplemente dejar de lado la inspección diaria en las mañanas, el inicio de producción se afectará totalmente. Era recurrente en la obra en estudio el reclamo por parte del operador del turno día al operador del turno noche por el estado en el que encontraba la máquina al día siguiente. Esta consecuencia recaía en la falta de comunicación entre operadores.

- Inoperatividad del mini cargador: La falta de experiencia del operador, problemas en el equipo o las condiciones del terreno a trabajar, refieren posibles cuidados al momento de operar el mini cargador para los trabajos de acopio. La falta de los accesorios adecuados para los trabajos de carguío de parihuelas por ejemplo, pueden ser limitantes para un transporte rápido.
- MATERIALES:
  - Llegada tarde de insumos: Al no haber agregados en obra a tiempo, no se puede empezar la producción. El descuido en el control de la programación del pedido de los agregados puede ser causa del problema. Hay que tener en cuenta el retraso e impuntualidad de ciertos proveedores.
  - Zona de agregados saturada: En conjunto, la falta de control en los pedidos de agregados, genera un sobre stock que si bien es cierto puede ser manejado en espacios grandes, siendo más que un problema un beneficio (considerar aquí las alteraciones de los mismos), en casos de espacios reducidos puede resultar un serio inconveniente que recae en la demora para los inicios de los trabajos.



Fig. 4.9.- Izquierda, Trabajos adicionales de acceso, derecha, llegada de agregados.

Serían muy manejables los trabajos de acopio siempre y cuando se tuviera un acceso especial solo para la llegada de los agregados. En la obra en estudio no

se disponía del área suficiente para generar un tráfico continuo de los transportes, a veces se interceptaban en horarios de llegadas coincidentes.

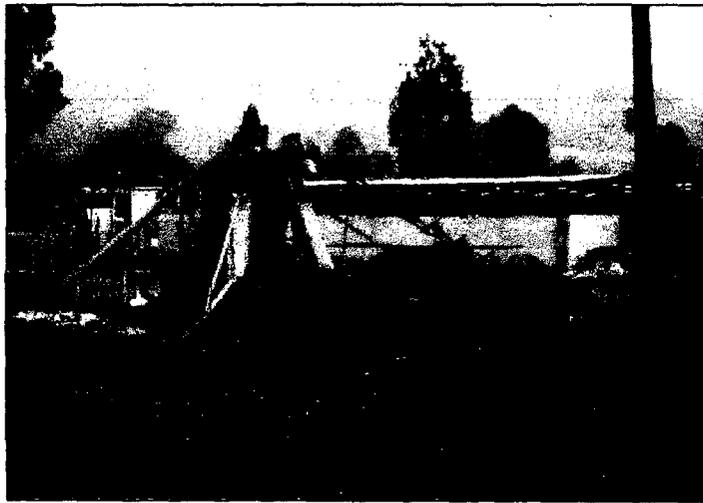


Fig. 4.10.- Zona sobre saturada de agregados.

Una vez ya preparados los trabajos de pre-producción es cuando se inicia el funcionamiento de la planta y con ello la **fabricación de concreto**.

Son dos los ayudantes que se requieren en un inicio para el carguío de cemento a la planta y la preparación de aditivos como se mencionó al inicio. El mini cargador realiza un cambio de actividad y ahora transporta el concreto a la zona de vaciado, existe un tiempo contributorio al cambiar de accesorio (pala – chute) para el cambio de actividad. Como se apreció en el diagrama de procesos.



Fig. 4.11.- Accesorios del mini cargador para las actividades realizadas dentro del proceso de fabricación de concreto.

Analizando las actividades se pueden notar serios inconvenientes para un continuo flujo en la fabricación y transporte del concreto, nuevamente se emplea el diagrama de causa y efecto para la identificación de problemas. Dentro de los principales, se tienen:

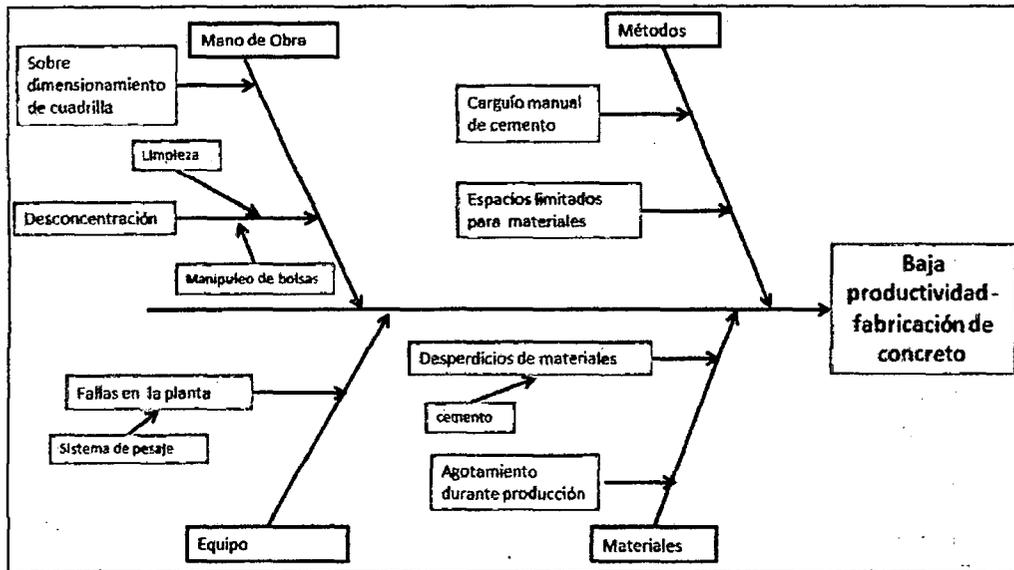


Fig. 4.12.- Diagrama de Causa y Efecto para identificar las posibles causas que generan baja productividad en el proceso de fabricación del concreto.

#### • EL MÉTODO

- Carguío manual de cemento: Se registra el manipuleo de bolsas como una actividad que solo genera tiempos contributorios a la producción. Teniéndose un gasto doble en mano de obra, al ser dos los ayudantes de abastecimiento de cemento. Otro aspecto es la dificultad del trabajo.
- Espacios limitados para materiales: Se debe contar con el espacio necesario para albergar una capacidad de agregados que permita el trabajo continuo durante al menos una jornada completa de producción. Haciendo cumplir la programación de pedidos. La falta de control en los pedidos converge en zonas sobre saturadas de agregados o de lo contrario la falta de material.

- **MANO DE OBRA**

- **Sobredimensionamiento de cuadrilla:** Es reemplazable el recurso humano en el manipuleo de bolsas, contando con un silo de almacenamiento de cemento como parte de la implementación de la mini planta.

Las labores de los ayudantes solo aportan actividades contributorias al proceso de fabricación.

- **Desconcentración:** Esta causal de trabajos no productivos, generados en este caso por las distracciones en los alrededores de la zona de trabajo, actividades contributorias como la limpieza del lugar, el manipuleo de bolsas, entre otras son momentos propicios para motivar la conversación de los trabajadores lo cual genera distracción.



**Fig. 4.13.-** Tiempos no contributorios eliminables de utilizar silo de almacenamiento de cemento

- **MATERIALES**

- **Agotamiento durante producción:** La zonas de arena y piedra tienen una capacidad limitada. Así mismo los brazos raspantes poseen un radio de acción para cargar cierta cantidad de Agregados.

Durante la producción resulta un problema el re-abastecimiento de agregados una vez agotados los acopiados inicialmente.

Al solo contar con un equipo de transporte y acarreo de material, durante la producción y el vaciado del concreto el mini cargador reemplaza las actividades de despacho y empieza nuevamente a acopiar el agregado para la planta, paralizando la producción y por ende el vaciado de concreto.

- Desperdicios de los materiales: Aunque es un tema muy amplio, se pueden notar pérdidas de material, en la preparación del aditivo al realizarse de forma manual, durante el manipuleo de las bolsas de cemento sobre todo, al momento de cargarlas o transportarlas de un lado a otra con equipos, se producen cortes de bolsa o aberturas accidentales. Otra vez la manipulación manual de los materiales genera pérdidas durante el consumo.



Fig. 4.14. – Materiales a la intemperie: Aditivo mezclado de forma manual.

- EQUIPO:
  - Fallas en la planta: La falta de control de los mantenimientos preventivos de la planta pueden ocasionar paradas inesperadas y trabajos deficientes por parte del equipo que darán malos resultados en la producción, el uso del equipo en mal estado para

satisfacer los requerimientos pueden traer consecuencias muy perjudiciales concernientes a lo económico y productivo.

En la obra en estudio la mini planta tuvo constantes problemas con el dispositivo de pesaje, motivo por el cual fue conveniente usar en la medida de lo posible el operador manual, los resultados de operación se reflejan en las mediciones. Se notan mejoras en el aprendizaje del operador.

Otros factores a tener en cuenta son:

- La preparación de aditivo se realiza por medio de baldes y probetas, denotándose un gasto de tiempo, en comparación con realizarlo con un dosificador de aditivo, además que se previene las pérdidas de material por cada tanda de producción y se almacena de forma adecuada.
- El espacio reducido para las bolsas de cemento acopiadas cerca de la planta (Fig. 4.15). Un mayor almacenamiento cercano permite una continua producción por jornada, evitándose las esperas por re-abastecimiento de cemento. Se debe buscar la manera de almacenar lo más cerca posible el cemento.



Fig. 4.15.- Espacio reducido para almacenar bolsas cemento

- Las medidas de limpieza y orden durante la producción son de sobremanera muy importantes, un mal sistema de drenaje de aguas (Fig.

4.16), Por ejemplo podría conllevar al colapso del mismo sistema, por presentarse charcos de agua y morteros residuales, que contaminan los alrededores de la planta. Se hace de necesidad la búsqueda de un sistema de derivación de aguas utilizadas (desagüe) que permita el lavado del mezclador de la planta e inclusive reciclar el agua. Se presenta un modelo en el Anexo 4.2.



Fig. 4.16.- Falta de un sistema de drenaje o poza de lavado.

En el capítulo V se tomará mayor atención al desarrollo del equipo desde el punto de vista del rendimiento. Donde se describirá con más detalles los factores que influyen en el rendimiento del proceso de fabricación del concreto en obra.

## SUBPROCESO 2: TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO

Esta actividad se lleva a cabo de manera cíclica con la utilización de un mini cargador, el cual posee un accesorio fabricado exclusivamente para el transporte de concreto (Ver Fig.4.11). Pudiendo despachar cantidades máximas de 0.35 m<sup>3</sup> (12.5 pies<sup>3</sup>). Confiando en la versatilidad del mini cargador se pueden alcanzar velocidades de transporte de hasta 10Km/h.

La distancia promedio recorrida para al vaciado de los 70 paneles diarios desde la mini planta hasta la zona de vaciado es de 20 m aproximadamente,

necesitando de un ayudante concretero, quien se encarga de activar la palanca de descarga del chute a la hora de vaciar.

Modelando el proceso mediante un sistema Cyclone donde se evalúan los tiempos de producción se tiene el siguiente gráfico:

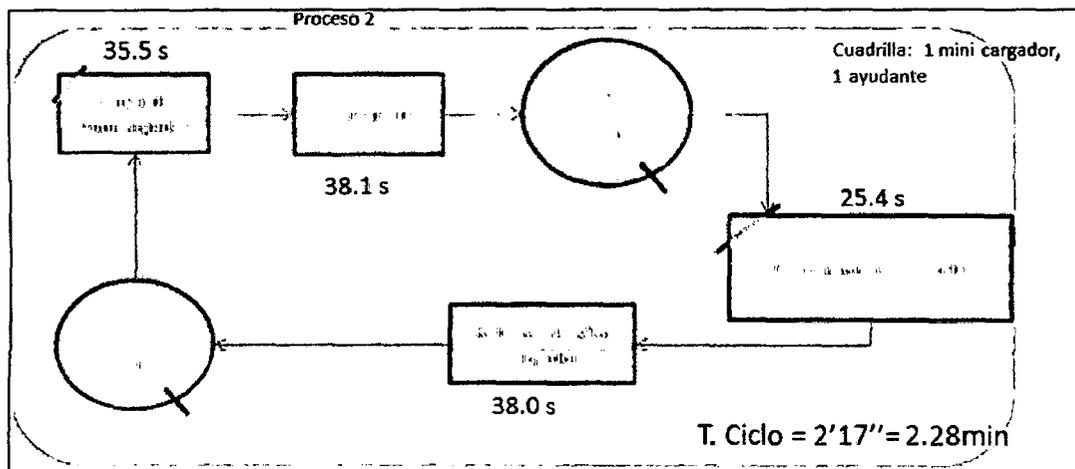


Fig. 4.17.- Modelo Cyclone del Transporte y colocación del concreto.

El ciclo promedio de 2.28 min consiste en el transporte de una tanda de la planta, el cual dependiendo de la cantidad por ciclo a producir por parte de la planta se tendría el siguiente cuadro de rendimientos:

Tanda/ciclo	m <sup>3</sup> /h	Paneles/h
0.25 m <sup>3</sup>	4.16	12
0.30 m <sup>3</sup>	5.0	15
0.33 m <sup>3</sup>	5.5	17

Tabla 4.6.- Rendimientos del proceso de colocación de concreto.

Los problemas se presentan cuando la cuadrilla de colocación no va al ritmo de lo entregado por la planta.

Para esto nuevamente se recurre al diagrama de Causa y Efecto para determinar las posibles causas de una baja productividad en el proceso de colocación y transporte del concreto, y encontrar oportunidades de mejora.

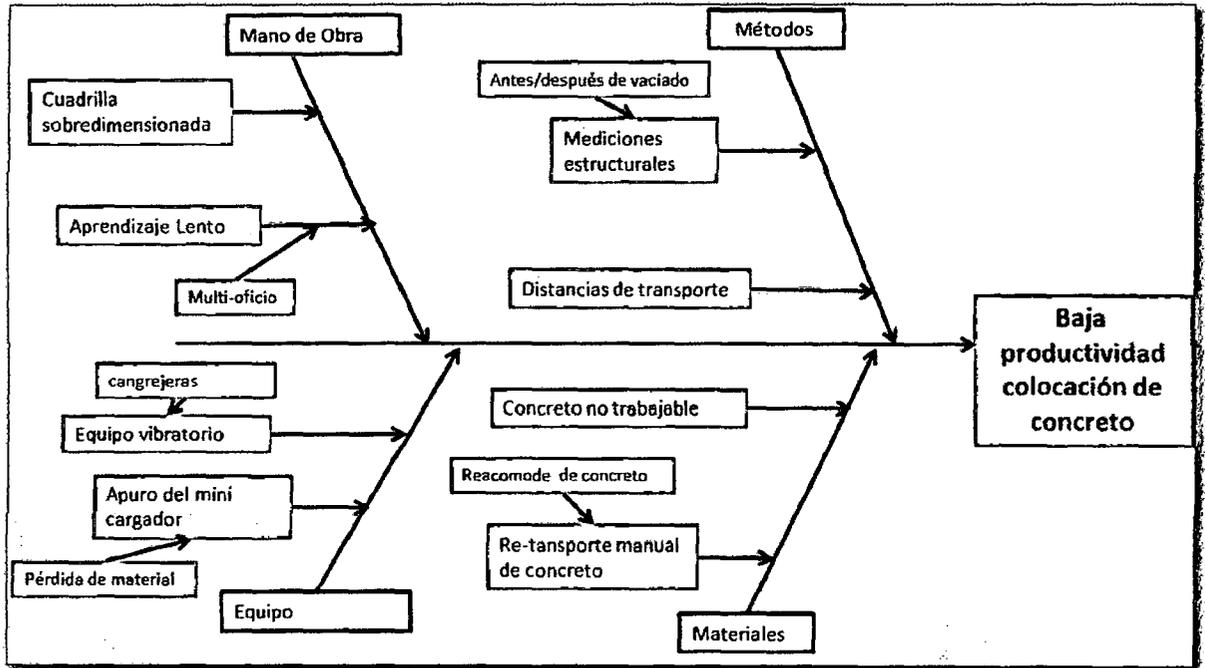


Fig. 4.18.- Diagrama de Ishikawa para la baja productividad en la colocación del concreto.

• MÉTODOS:

- Mediciones estructurales: Por cuestiones estructurales, se necesitan sujetar las clavijas de acero a cierta distancia con respecto al borde y con espaciamentos establecidos entre clavija y clavija, lo cual ocasiona tiempos de espera a los consecuentes vaciados. Sin embargo esta operación es realizada tanto antes como después del vaciado.
- Distancias de transporte: De poder reducir el recorrido de los medios de despacho del concreto desde la mini planta hasta la zona de vaciado se reducirán los tiempos de transporte, esto demanda una planificación de toda la zona de trabajo.

- **MANO DE OBRA:**

- Cuadrilla sobredimensionada: Esto se refleja en las mediciones con los tiempos no contributivos excesivos, si se cumple con la producción diaria en el tiempo programado y se registran tiempos no contributivos existen trabajadores que están siendo improductivos.
- Aprendizaje Lento: La cantidad de labores por realizar en el frente de trabajo y la falta de orden en la distribución de responsabilidades generan obreros multioficios, que difícilmente puedan llegar a tener una curva ascendente de aprendizaje.

En la obra en estudio para el vaciado de concreto se aprecia una constante rotación de labores por parte de los trabajadores por lo cual los aprendizajes se dan de manera lenta.

- **EQUIPO**

- Equipo vibratorio.- los equipos vibratorios de inmersión utilizados deben ser los adecuados dependiendo del espaciamiento y recubrimiento esperados para la estructura, por un lado la dificultosa forma del encofrado y por el otro el equipo vibrador inadecuado pueden retrasar los trabajos de colocación, a tal punto de no brindar el acomode requerido, resultando esto en estructuras con cangrejas que ocasionan trabajos posteriores de resane.
- Apuro del Mini cargador: A causa de movilizarse rápidamente para cumplir con los tiempos programados un inadecuado movimiento del mini cargador, puede hacer rebalsar el concreto contenido en el chute, lo cual genera desperdicios del concreto.

- **MATERIALES**

- Re-transporte manual del concreto: Producto de una desproporción en la cantidad de concreto vaciado en un panel superando su volumen, se tienen que realizar re-trabajos de transporte de un panel ya sobre abastecido de concreto a otro.

Una de las principales causas para que los trabajos de colocación del concreto se prolonguen hasta inclusive altas horas de la noche, fue la organización del trabajo, el que cada trabajador no tenga una determinada función. Por otro lado las mediciones estructurales posteriores al vaciado, eran actividades restrictivas para culminar el vaciado del panel.

### **SUBPROCESO 3: DESENCOFRADO**

Los trabajos referentes al desencofrado se realizaban todas las mañanas al empezar la jornada y en paralelo con las actividades de acondicionamiento de la planta y acopio del material para producir concreto. Si bien es cierto se puede decir que depende o del primero (acondicionamiento de la planta) o del segundo (desencofrado y habilitación del encofrado) para iniciar la producción del concreto con la planta, se notará a continuación que efectivamente, siendo el desencofrado y habilitación del encofrado actividades restrictivas para iniciar la producción del concreto, depende mucho de cuan productiva sea esta actividad y de las condiciones óptimas para su desempeño.

Debido a tiempos tecnológicos del fraguado del concreto, el desencofrado se realizaba como mínimo 12 horas después, inicialmente se hacía uso de un aditivo plastificante y reductor de aire con la finalidad de prolongar el fraguado y mantener un tiempo trabajabilidad mayor, a la vez que se reduce el agua y las dosificaciones del cemento también se reducen.

Entonces se realizó un análisis de estudio sobre las principales causas que generaban baja productividad en las actividades del desencofrado. Se hace mención que la actividad del desencofrado en esta parte incluirán el retirado del panel del concreto, la cual es una actividad del proceso del transporte de paneles.

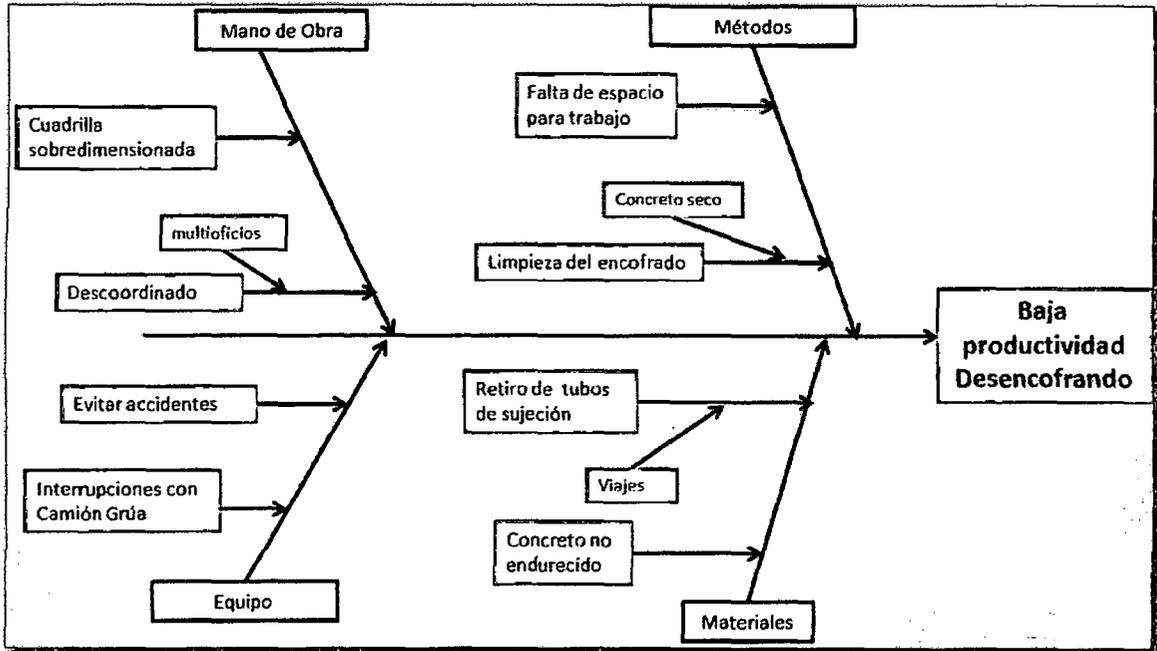


Fig. 4.19.- Diagrama de Ishikawa para la baja productividad en el desencofrado de los paneles de concreto.

- MÉTODO:

- Falta de espacio para el trabajo: Las dimensiones del área de trabajo decrecen en la medida que se utilicen más equipos o trabajadores por área. En muchos casos se presentan interrupciones entre las mismas máquinas de carga y entre máquinas de carga con los trabajadores. Es importante dividir los trabajos por sectores dependiendo del tipo de actividad que realicen. Los choques o interferencias de trabajos ocasionan pérdidas de tiempo al paralizar horas hombre y horas máquina.
- Limpieza del encofrado: Se generan actividades de limpieza del encofrado al retirar los paneles ya endurecidos. Al tener que utilizar los mismos paneles en el mismo lugar hay que retirar todo tipo de desperdicio o suciedad que impida el acondicionamiento del encofrado para un nuevo vaciado.  
En la obra en estudio la limpieza del encofrado, fue una de las actividades más incidentes, teniendo en cuenta que los bloques de concreto tenían acabado caravista en la superficie del molde y

poseían ranuras y bordes que para los trabajos de montaje debían estar bien definidos.

- MANO DE OBRA:

- Cuadrilla sobredimensionada: Si existen trabajadores que acumulan muchos tiempos improductivos existen sobredimensionamiento de cuadrilla.
- Descoordinado: La premura por terminar los trabajos, recaían en la falta de orden al momento de desarrollar los respectivos trabajos del desencofrado. Actividades como el retiro de pines y chavetas, retirado de los tubos de fijación de la malla, despegue del panel del concreto, son algunas actividades implicadas que al no tener una adecuada distribución entre los trabajadores, no se manifiesta un flujo continuo de actividades.

- EQUIPO:

- Interrupción con camión grúa: El camión grúa realiza las actividades de transporte de los paneles ya endurecidos hacia la zona de curado, elementalmente los trabajos de carga y acarreo que realizan requieren de una zona de acción, tanto para el giro del brazo como para el estacionamiento del camión grúa, ambas zonas también son ocupadas por los trabajadores que van desarmando los paneles encofrados adyacentes. Se nota una interrupción en los trabajos y por ende pequeños retrasos repetitivos en la zona de trabajo del camión grúa.
- Evitar accidentes: Resultaba una falta de concentración para las respectivas actividades el estar pensando en posibles accidentes, atropellos o choques, los que propiciaban mayores lapsos de tiempo en el trabajo realizado.

- **MATERIALES:**

- **Retiro de tubos de sujeción:** Estos elementos de sujeción pasaban por muchas etapas antes de volver a ser utilizados en el proceso de armado del encofrado y colocación de la malla.

Tiempos notorios en el retiro, limpieza, transporte y señalización de medidas, hacía pensar de que a lo mejor habría otra manera de fijar las mallas o por el contrario optimizar la manera de su colocación y fijación con las clavijas, pues en estas últimas eran donde se sujetaban con un atortolamiento final.

- **Concreto no endurecido:** La falta del endurecimiento del concreto hace de necesidad de mayor tiempo dentro del encofrado lo cual ocasiona mayores tiempos para culminar con el desencofrado y reduce el número de unidades de producción.

Todo se ajusta en la medida de que los procesos culminen a tiempo, es decir, un posible causal de la falta de endurecimiento lo puede ocasionar el haber culminado tarde el vaciado el día anterior requiriendo mayores tiempo de fraguado, por otro lado no olvidar que la temperatura y el curado son factores importantes para la correcta hidratación del concreto una vez vaciado.

Así mismo, la falta del control en la preparación del concreto no se puede descartar como causal de tiempos adicionales para llegar al endurecimiento necesario para el desencofrado del concreto.

#### **SUBPROCESO 4: ARMADO DEL ENCOFRADO Y COLOCACIÓN DE ACERO**

En un inicio la cantidad de armaduras para los paneles fueron de 31 elementos, aun así los trabajos para esta actividad, durante las primeras etapas fueron prolongados. Se hizo aquí también un análisis de Ishikawa para compilar las razones que ocasionaban este retraso en los tiempos, y por consecuencia trabajos improductivos.

De esta manera se obtuvo el siguiente diagrama.

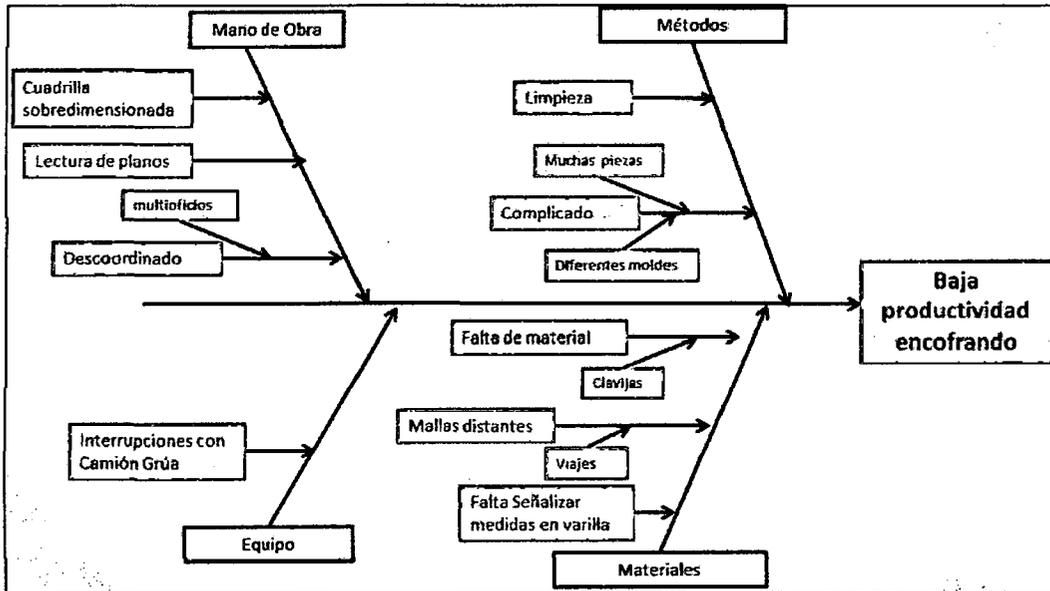


Fig. 4.20.- Diagrama de Ishikawa para la baja productividad en la preparación del encofrado y la colocación del acero

- **MÉTODO:**

- Limpieza: Es muy importante mantener la zona de trabajo despejada de desechos o materiales regados durante el armado del encofrado, debido al tránsito constante que se tiene para las actividades de transporte manual de varillas, de mallas de acero y a su vez por la cantidad de piezas que componían la armadura, retrasaban mucho los trabajos el no encontrar tal o cual pieza.

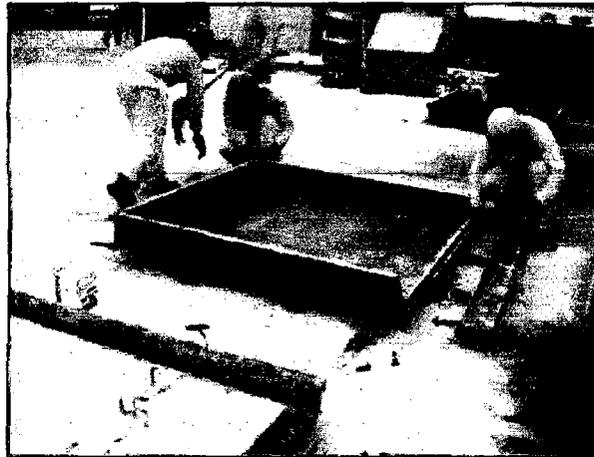
- Complicado: la naturaleza de los encofrados de por sí era un tanto complicada y se hacía notar durante las primeras etapa de trabajo, como se mencionó, al igual que para los trabajos de colocación del concreto, el armado del encofrado resultó ser un gran inconveniente de tiempos al iniciar los trabajos con una peculiar armadura de trabajo.

Los paneles requeridos poseían diferentes medidas, los cuales al momento de modular los encofrados se recurría al ingenio de los carpinteros quienes realizaban trabajos extras al cortar la madera,

armar con piezas al encofrado estándar para obtener las medidas solicitadas.

- MANO DE OBRA:

- Cuadrilla Sobredimensionada: Es necesario siempre tener en cuenta como en las demás actividades, las mediciones de los ratios de productividad y por otro lado realizar las mediciones de tiempo del caso, como las mostradas luego, con estudios de tiempos y cartas balance. Si existen trabajadores que acumulan muchos tiempos improductivos existen sobredimensionamiento de cuadrilla.



**Fig. 4.21.** – Sobredimensionamiento, hasta 3 trabajadores para armar un encofrado de 1.5 x 1.5m de área.

- Lectura de planos: Como en muchos casos los inicios de las actividades presentaban mucho tiempo contributivo producto del constante aprendizaje y falta de práctica, llevando esto a constantemente estar leyendo los planos, o recibiendo instrucciones del capataz para estar seguros de las actividades que realizaban y no cometer errores. Con el pasar del tiempo el aprendizaje conlleva a la experiencia del caso.

Para el caso de los paneles a fabricar, las características con respecto a las clavijas de agarre de las bandas poliméricas, poseían diferentes posicionamientos, lo que demandaba espaciamientos y número de clavijas de distinto orden.

- Descoordinado: Los trabajadores multi-oficios, producto de la inexperiencia y el desordenamiento de labores es causal principal de tiempos improductivos. El diagrama de procesos realizado como parte de las mediciones muestra un panorama más entendible.
- EQUIPO:
  - Interrupciones con camión grúa: Aunque no se utilizaron equipos directamente para los trabajos de colocación de armadura, es necesario indicar la presencia de equipos que trabajan paralelamente a las actividades del encofrado y colocación de malla que pueden ocasionar dificultades en dichas actividades. En el caso de estudio los principales actores para este escenario fueron el camión grúa y un telehandler, los que transitaban por la zona de trabajo constantemente para retirar y transportar los paneles ya endurecidos a la zona de curado.

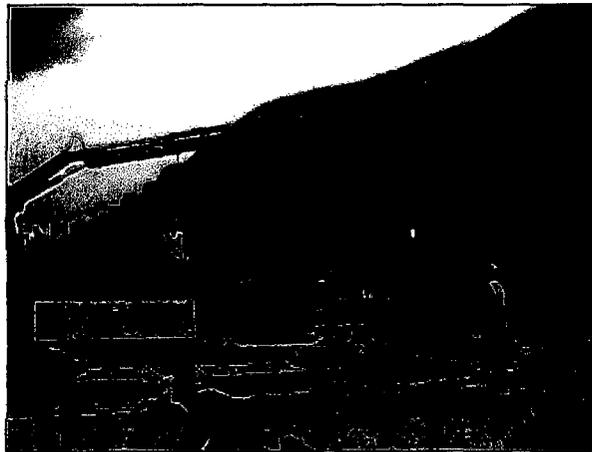


Fig. 4.22. – Interferencia de trabajos durante las actividades del encofrado.

- MATERIALES

- Falta de material: Las más importantes pérdidas de tiempo se daban, en segundo lugar, luego de la paralización de la mini planta, por la falta de material para proseguir las actividades, en este caso las clavijas de acero. Problemas como la falta de compromiso del proveedor, falta del control en los pedidos y escases de materiales del proveedor, son causales determinantes para finalmente dejar paralizados los trabajos.

Durante las mediciones de estudio se presentaron estas limitantes, las cuales generaron retrasos en el plazo, reprogramación de trabajos de obreros. Se nota aquí que la comunicación de los fierros con el capataz para los pedidos a tiempo resulta imprescindible.

- Malla distante: El transporte de las mallas de acero desde las zonas de pre armado de la malla hasta el encofrado ya armado, se realizaban manualmente, los 18 kg de malla que pesaba cada una se transportaban distancias promedios de entre 3 a 15 m por un albañil. De este modo, eran recurrentes los viajes y transporte del acero, aunque los tiempos se compensaban un poco con las actividades de pre armado del acero hechos en el taller de acero, se registraban tiempos considerables por motivos de viajes y transportes de las mallas.
- Señalización de medidas: Se realizaban marcas a los tubos de fijación de la armadura con la finalidad de tener definido donde se debían hacer los atortolamientos a las clavijas respectivas. La complicación venía, pues esta actividad era repetitiva por cada encofrado, y más aún las marcas echas se borraban con cada proceso de elaboración de un panel. Generando un considerable tiempo contributivo con las señalizaciones de las varillas. Los ingenieros vieron la manera de contrarrestar esto, más adelante se explican los métodos tomados.

Se puede decir que una de las principales situaciones de dificultad se generaba durante la fijación de la malla de acero dentro del encofrado. Al no poder utilizarse tacos de sujeción para limitar el recubrimiento, pues ésta técnica producía inestabilidad al momento de vaciar el concreto, se utilizaron varillas de acero que agarradas de las clavijas, permitían la fijación de la malla de una manera eficiente, pero laboriosa. Por los pasos comentados anteriormente. Por otro lado la limitación de espacio que supeditaba a los trabajadores a realizar sus actividades a la par con las del camión grúa, que retiraba los paneles ya endurecidos del día anterior, interferían muchas veces las labores de los encofradores y carpinteros que preparaban el encofrado.

SUBPROCESOS	ASPECTOS			
	MATERIALES	EQUIPOS	MANO DE OBRA	MÉTODO
FABRICACIÓN DE CONCRETO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Llegada tarde de insumos.</li> <li>- Zona de agregados saturada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inoperatividad de la planta.</li> <li>- Inoperatividad del mini cargador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lento acopio de cemento.</li> <li>- Sobre esfuerzo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de espacio de trabajo.</li> <li>- Acopio manual del cemento.</li> </ul>
TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Re-transporte manual de concreto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vibraciones insuficientes.</li> <li>- Apuro del mini cargador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuadrilla sobre dimensionada.</li> <li>- Aprendizaje lento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mediciones estructurales.</li> <li>- Distancias del transporte.</li> </ul>
DESENCOFRADO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retiro de tubos de sujeción.</li> <li>- Concreto no endurecido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interrupción con camión grúa.</li> <li>- Preocupación por accidentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuadrilla sobre dimensionada.</li> <li>- Descoordinado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de espacio para el trabajo.</li> <li>- Limpieza del encofrado.</li> </ul>
ARMADO DEL ENCOFRADO Y COLOCACIÓN DE ACERO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de material.</li> <li>- Malla de acero distante.</li> <li>- Señalización de medidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interrupciones con camión grúa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuadrilla sobre dimensionada.</li> <li>- Lectura de planos.</li> <li>- Descoordinado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Constante limpieza.</li> <li>- Complicado método.</li> </ul>

**Tabla 4.7.-** Resumen de causas implicadas en la baja productividad de la fabricación del concreto en obra.

#### 4.2.2.- EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Habiéndose identificado, con los diagramas de Ishikawa, las distintas posibilidades de mejora, los dimensionamientos de cuadrilla por un lado, y sobre la clasificación de tiempos no productivos posibles eliminables, se realizaron variados estudios de tiempos presentados con más detalles en los anexos 4.3, 4.4, 4.5.

Se evaluaron las mediciones y se obtuvieron:

##### Estudio de tiempos

Para el subproceso de *fabricación de concreto* se analizaron los siguientes resultados, de las mediciones tomadas a las actividades realizadas por la planta, en vista de ser un equipo dependiente de la mano de obra y de otros equipos (por el manipuleo de bolsas y el acopio de agregados)

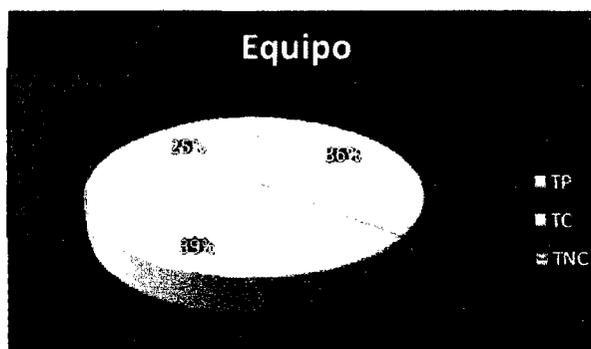


Fig. 4.23.- Distribución de tiempos para las actividades que realiza la mini planta.

La dificultad en el carguío de las bolsas por parte de los trabajadores, generaba lapsos de tiempos de espera en la alimentación de la mini planta con respecto al cemento, además que la capacidad de la tolva alimentadora era otra limitante, Se debe tener en cuenta que en un inicio solo se contaba con una tolva alimentadora de cemento de 4 bolsas de capacidad.

Entonces, analizando este panorama es que se realiza un diagrama de Pareto de las actividades del ayudante, con la finalidad de conocer los tiempos del trabajo.

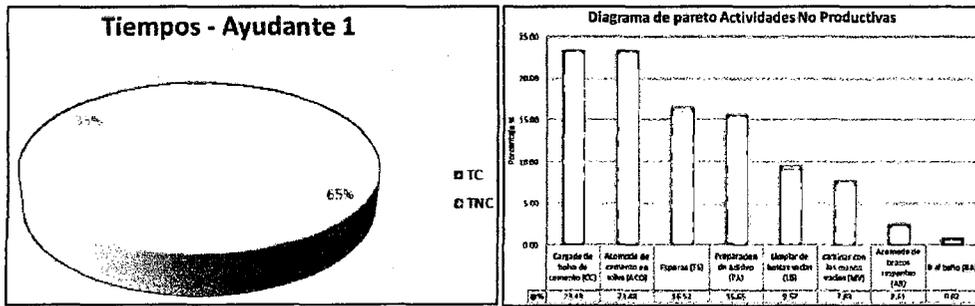


Fig. 4.24.- Izquierda, Distribución de tiempos de uno de los ayudantes. Derecha, diagrama de Pareto de las actividades que realiza.

Se confirma con esto la alta proporción de tiempo destinada al carguío de las bolsas.

Otro factor de la baja productividad en la fabricación del concreto es la interrupción durante la producción para un nuevo acopio de agregados, (los que se encuentran al alcance de los brazos raspantes) los cuales al haberse agotado ocasionan esperas a la producción reflejadas en el 25% de tiempo no contributorio.

Lo que se busca con este diagrama al igual que con los de Ishikawa es evaluar las causales de baja productividad, y poder dar cuenta de las actividades que se involucran para así proponer mejoras en estas.

Para la *colocación del concreto* se obtuvo la siguiente distribución de tiempos:

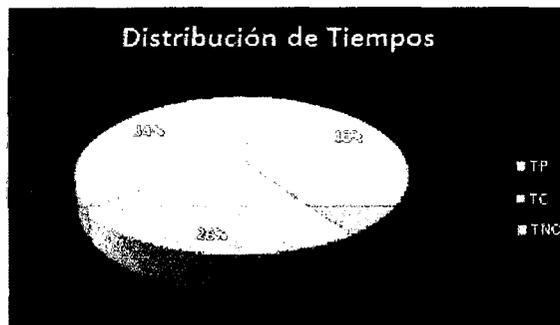


Fig. 4.25.- Distribución de tiempos de la cuadrilla de colocación de concreto.

La elevada cantidad de tiempo no contributorio hacía suponer en primera instancia que la cuadrilla se encontraba sobredimensionada, por eso realizando una carta balance para determinar las actividades implicadas dentro del Tiempo C y NC, se llegó a lo siguiente:

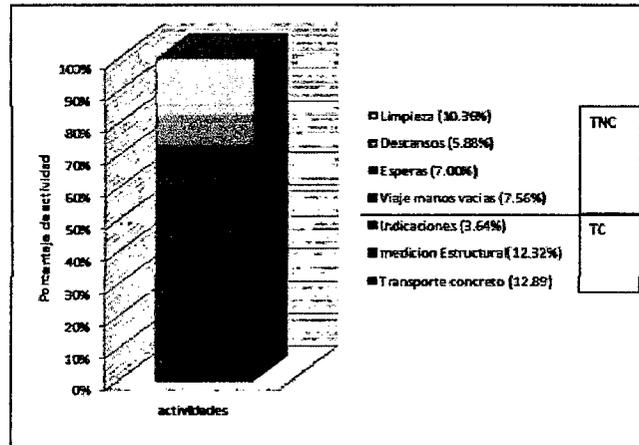


Fig. 4.26.- Carta balance para la cuadrilla de colocación de concreto.

Cabe recalcar que los trabajos de limpieza aquí mencionados hacen referencia a la limpieza con escobas u otros objetos para eliminar los desperdicios y residuos de la zona de trabajo, más no la limpieza de algún material o equipo que realice algún trabajo productivo. De todas maneras esta actividad la realizaban los trabajadores que no estaban directamente ligados a trabajos productivos pues no había que hacer para ellos más que ponerse a barrer.

Para el encofrado y colocación del acero así como para la colocación de concreto se contaba inicialmente con una cuadrilla de 4 encofradores, 4 albañiles y 2 ayudantes, luego de las mediciones de tiempo se logró obtener:

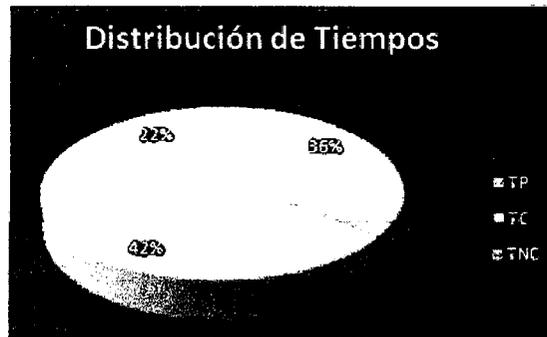


Fig. 4.27.- Distribución de tiempos de la cuadrilla encofrado y colocación de acero

Se realizó un total de 60 mediciones con frecuencias de 1 minuto, es decir durante una hora. Aquí fue interesante plasmar los resultados en una carta balance para concientizarse de las actividades que mayor porcentaje de tiempo evidenciaban, se busca con esto optimizar los procesos o reemplazar actividades por otras más productivas. La Fig. 4.28 muestra el desarrollo de la carta balance

La limpieza del encofrado como principal actividad contributiva, hace inferir deficiencias, problemas o trabajos dificultosos en dicha actividad. Lo que se buscará aquí es encontrar la oportunidad de mejora.

La colocación del tubo de acero para la fijación de la malla de refuerzo, resulta otra actividad que demanda muchas horas hombre, así como la aplicación del desmoldante durante las actividades de preparación del encofrado.

Se vio conveniente realizar las mediciones de los trabajos del *desencofrado* en horas de la mañana, pues resultaría clave mejorar la productividad de este proceso y poder dar inicio al vaciado del concreto con un flujo más continuo.

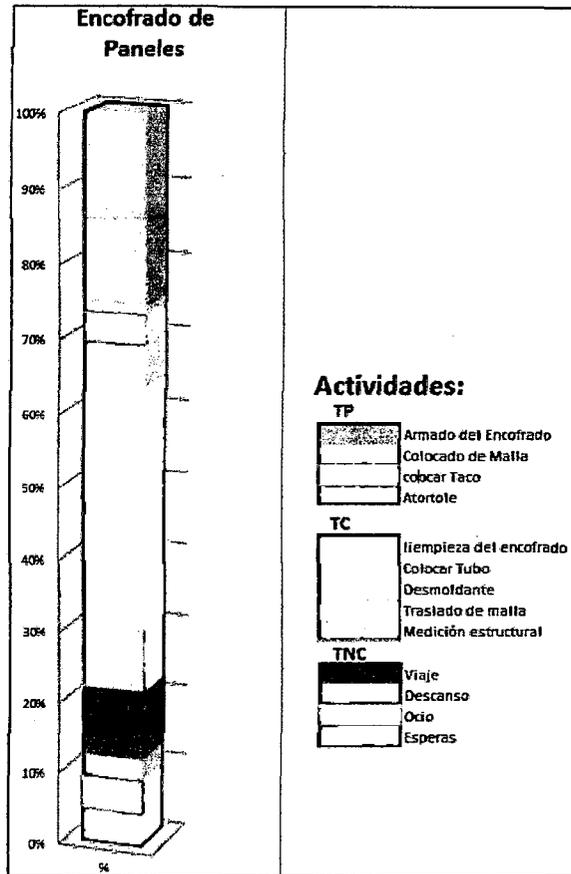


Fig. 4.28.- Carta Balance de la cuadrilla de encofrado de paneles.

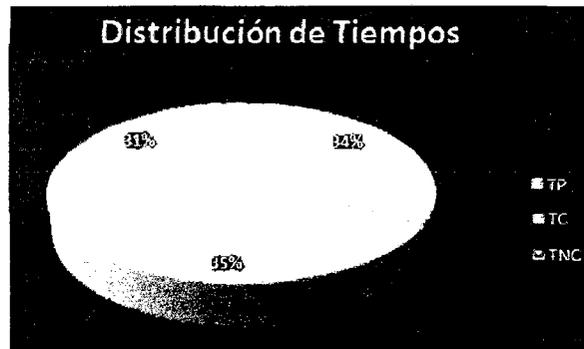


Fig. 4.29.- Distribución de tiempos de la cuadrilla de desencofrado.

El desencofrado también contaba con la misma cuadrilla que para el encofrado, siendo notables los tiempos no contributivos, este caso muestra sobre

dimensionamiento en la mano de obra, a su vez que el espacio disponible para las operaciones se interfería con el traslado de los paneles de concreto ya endurecidos, ocasionando retrasos en las actividades por para para dejar retirar los paneles.

#### 4.2.3.- PROPUESTAS DE MEJORA Y CONTROL

Con los resultados de las mediciones se pudieron detectar muchas oportunidades de mejora que a simple vista no saltaban a la luz, con esto se quiere demostrar la aplicación de las técnicas estadísticas de estudio. Se hace especial agradecimiento a los ingenieros de campo y a la Jefa de calidad de la obra por los aportes brindados y las implementaciones en campo para mejorar la productividad de los procesos en la fabricación de los paneles de concreto.

A continuación se muestran los casos más resaltantes y como permitieron optimizar los trabajos.

Elevación del bloque divisor: Entre uno de los Implementos fijos establecidos en la fase de instalación de la planta se encuentra el que se denomina como **bloque divisor**, cuya función es mantener separados los agregados evitando la contaminación entre los gruesos y los finos. Al elevar la altura del bloque de madera su función no solo es la de separar la piedra de la arena sino que además incrementa la capacidad para almacenar mayor cantidad de insumos acorde con la producción de un día de trabajo, sin la necesidad de volver a cargar y acopiar los agregados por gastos del material en plena etapa de producción. Eliminando tiempos de espera y utilización de equipos para tal trabajo.



Fig. 4.30.- Bloque de madera divisor de agregados.

Almacenamiento cercano de cemento.- Con la finalidad de poder utilizar la tolva de cemento de 1.3 toneladas y reducir HH en carga de cemento, se construyó una plataforma de madera de 3x6 m<sup>2</sup> de área y 2.0 m de altura. Este lugar almacena mayores cantidades de bolsas de cemento y es desde donde se abastece dicha tolva alimentadora de cemento.

La alimentación se hace más continúa y el tiempo de espera se reduce a cero para la alimentación de la planta, e inclusive por la facilidad de carga de las bolsas, el trabajo de dos ayudantes lo puede realizar solo una persona, quien al dejar cargada la alimentadora de cemento, se puede dar tiempo suficiente para realizar las actividades de preparación de aditivos y limpiezas, movimientos del brazo raspante, entre otros.



Fig. 4.31.- Tarima de almacenamiento de Cemento para alimentar planta.

Transferencia de volúmenes de concreto: Se trató de ajustar la cantidad de producción por ciclo de la mini planta con la finalidad de vaciar el volumen justo requerido por cada panel. ¿En que traía ventajas esto?, se ahorraban los tiempos de re-transporte de concreto de un panel a otro, luego de cada deposición del chute con el minicagador, pues el volumen cargado por el chute era casi el mismo que el del molde del encofrado.

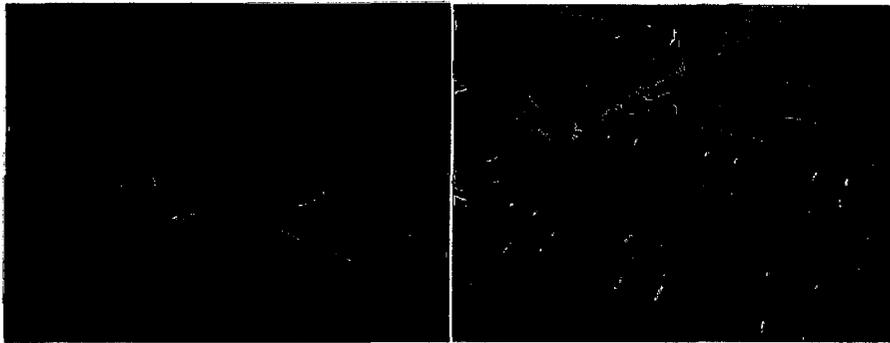
Lo que demuestra con esto una vez más la adaptación de procesos repetitivos como parte de la industrialización del trabajo, puesto que esta mejora era solo compatible en los paneles de dimensiones de  $1.5 \times 1.5\text{m}^2$ . Pues de otro modo al querer proceder análogamente con los paneles de dimensiones variables se ocasionan tiempos de re-acomode del concreto. Sin embargo la mejora se hizo notar puesto que la cantidad predominante a fabricar fueron los paneles de 1.5m de lado y ancho en casi un 80% sobre el total.



Fig. 4.32.- Se busca volúmenes de producción manejables acorde con volúmenes requeridos, reduciendo los tiempos del re-transporte manual una vez vaciado.

Reducción de cuadrilla.- Con los valores de los tiempos no contributorios se tuvo en cuenta el sobredimensionamiento de las cuadrillas. De 10 trabajadores que inicialmente realizaban las actividades se pasó a 6, entre encofradores, albañiles y ayudantes. Un factor que ayudó a la reducción de cuadrilla fue el nivel de conocimiento para las actividades realizadas, el cual iba en incremento con el pasar de los días. Y permitió repartir a los trabajadores a otros frentes de trabajo diferentes.

Pre armado de tubos de fijación con las clavijas.- Como se explicó, lo que se realizaba en un inicio era pre armar la malla de refuerzo junto con las clavijas en el taller, para luego de ser transportadas hasta el molde de encofrado, conectar el tubo previamente señalado en campo Fig. 4.33. Se nota aquí una doble actividad de señalización de medidas, tanto en el tubo como en la malla, la cual se eliminó al pre armar desde el taller el tubo de fijación junto con las clavijas Fig. 4.34, transportando la malla suelta hasta el encofrado armado y amarrando ambas estructuras dentro del molde de encofrado.



**Fig. 4.33.**- Doble actividad de medición tanto en los tubos como en la malla pre-armada con las clavijas en el taller.

---

Lo que se encontró finalmente fue la facilidad de transportar la malla con menor peso desde el taller, la eliminación de la actividad de señalización de medidas en el tubo de fijación. Y la facilidad de armar el tubo de acero al fijar la malla completa al encofrado.



**Fig. 4.34.**- Tubos de fijación de malla amarrados con clavijas desde el almacén.

---

Transporte de paneles de concreto.- Para transportar los paneles ya endurecidos con los equipos de acarreo (camión grúa, etc.) se adoptaron dos factores muy importantes para que las maquinas no interfieran con los trabajos de desencofrado y encofrado que se daban simultáneamente: (1) acarrear los paneles más alejados de la zona donde se está desencofrando, y (2) realizarlo en el menor tiempo posible. La finalidad era tanto reducir las obstrucciones a los demás trabajos adyacentes y a su vez economizar en el gasto de equipos.

El camión grúa demandaba 8HM de trabajo para el transporte total de los 70 paneles hasta la zona de curado, se vio la manera de reducir ese gasto y alquilar un equipo de acarreo como el telehandler que podía transportar la misma cantidad de paneles que el camión grúa pero en la mitad del tiempo. Utilizando la grúa tan solo para el apilado de los paneles en columnas de hasta 6 paños. Así, se encontró menos tiempo de uso de los equipos en la zona de trabajo. Además que se dividieron las actividades tanto de la grúa como del telehandler. Permitiendo trabajar en su propia área sin permanecer mucho tiempo procurando un sistema rotatorio en las actividades de la cuadrilla de producción de paneles. La diferencia en costo fue notoria puesto que el tiempo en que se realizaba el transporte total se redujo a la mitad, esto es aproximadamente 4.5HM para llevar los paneles a la zona de curado.



**Fig. 4.35.**- Izquierda, transporte de paneles hecho únicamente por camión grúa.  
Derecha, Adición del transporte con telehandler.

### 4.3.- ANÁLISIS ECONÓMICO Y DE TIEMPOS

En la obra en estudio el costo de producción del concreto 350 Kg/cm<sup>2</sup> preparado con la mini planta alcanzó valores de ahorro económico en el orden de un 15-20% de diferencia contra el concreto premezclado en planta, dependiendo de las condiciones de obra.

Para el presupuesto de la producción en obra se tienen en cuenta las siguientes variables: (1) El alquiler de los equipos de fabricación y transporte, (2) la energía consumida por los mismos, (3) la mano de obra requerida y (4) los materiales de insumo para la mezcla. Se realizó la recopilación de datos desde el registro de materiales de la empresa contratista y desde el control de gastos de la obra para obtener los precios de la mano de obra y los recursos consumibles.

El costo de la producción por m<sup>3</sup> del concreto de 350Kg/cm<sup>2</sup> se muestra con mayores detalles en el Anexo 4.6 donde se analizan principalmente los recursos utilizados y el precio vigente a la fecha, tanto de los materiales y equipos necesarios.

Es importante recalcar que los equipos utilizados en su mayoría son proveídos por la central de equipos de la empresa contratista y que por tal motivo los costos referentes, representan valores más económicos en comparación con proveedores externos que ofrecen el alquiler de sus equipos.

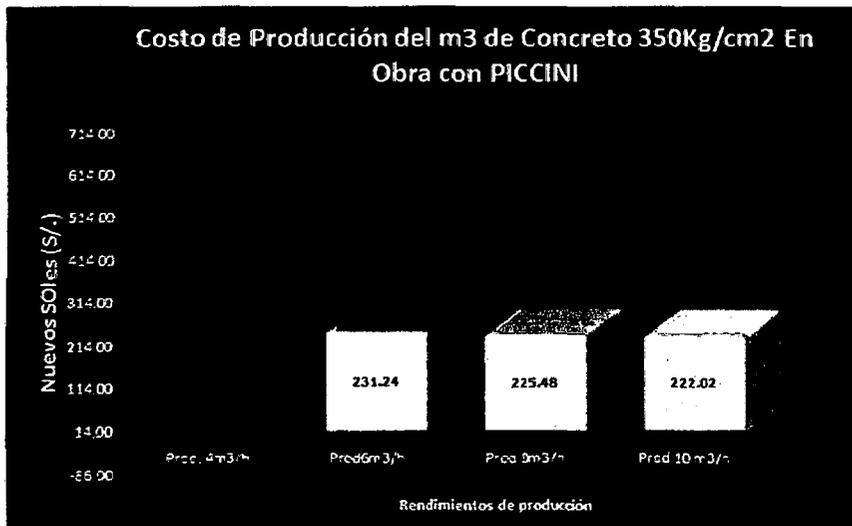


Fig. 4.36.- Costos de producción del concreto 350 Kg/cm<sup>2</sup> en función al ratio de producción

Por el mes de Julio se hicieron pedidos de concreto premezclado para la producción de paneles, se tuvo la oportunidad de realizar mediciones de tiempo a las cuadrillas de trabajo para los vaciados, que por ese entonces ya era la cuadrilla redimensionada de 6 trabajadores, se pudieron apreciar los siguientes resultados.

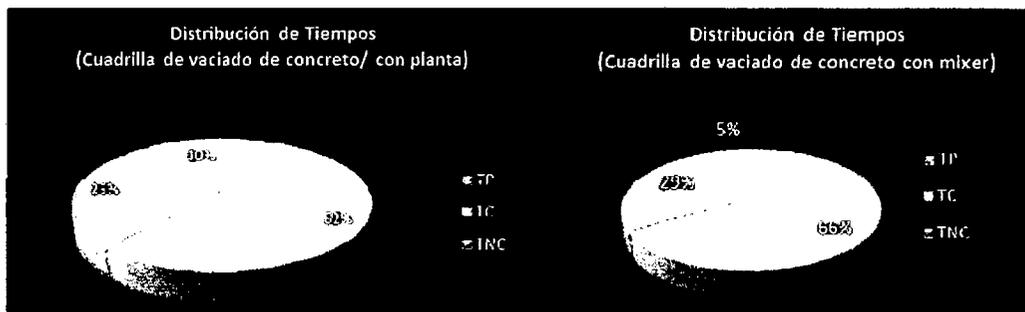


Fig. 4.37.- Izquierda, distribución de tiempos para la colocación del concreto desde mini-planta con mejoras implementadas. Derecha, colocación de concreto con mixer de concreto premezclado.

Como se puede apreciar ambas distribuciones de tiempo se encuentran dentro de un rango aceptable. En el vaciado con concreto premezclado se pudo encontrar que la cuadrilla trabajaba a un ritmo de producción de lo más similar posible al de trabajar con la mini planta mezcladora.

La clave del asunto no está en la velocidad del vaciado si no en la velocidad de la cuadrilla de colocación del concreto, la cual imponía el ritmo de producción.

El tiempo completo de vaciado con premezclado de los 70 paneles fue de 2h 20 min, tiempo que también normalmente demandaba la producción con el concreto preparado con la mini planta.

Se puede notar que se adicionan otras actividades contributorias en el proceso de vaciado con el mixer, la comunicación con el chofer, el raspado del chute del mixer al pasar de un panel a otro panel, el mismo viaje del mixer en su posicionamiento para vaciar cada panel.

Para la actividad en estudio, al realizar el vaciado con premezclado, el camión mezclador resulta tener considerables tiempos de esperas durante la descarga, pues, como ya se mencionó, el ritmo de vaciado está determinado por la velocidad de la cuadrilla de colocación del concreto, quienes lo acomodan,

nivelan y preparan para el acabado final. No siendo rentable tener un mixer esperando por los costos adicionales que generan.

#### 4.4.- CONTROL DE LA CALIDAD

El control de la calidad en campo se llevaba a cabo desde la llegada de los materiales de insumo. En principio con los agregados, realizando los ensayos de granulometría, humedad y pesos específicos necesarios para garantizar la calidad de los mismos, exigidos por las especificaciones técnicas del proyecto.

El consumo de cemento en bolsas, condicionaba el control desde fábrica, con certificados de calidad que garantizaban su uso, del mismo modo con los aditivos.

Durante la preparación del concreto con la mini planta, el técnico de calidad supervisa las proporciones dosificadas correctamente y el tiempo de mezclado, así como las condiciones para regular el concreto. Posteriormente se recogen muestreos de la mezcla verificando el asentamiento y pesos específicos. Finalmente se extraen muestras del concreto en probetas para comprobar la resistencia  $f_c$  a los 7, 14 y 28 días tal y como las Especificaciones Técnicas lo indican. Las pruebas se ensayan en el laboratorio siguiendo la norma ACI-214, llevándose un record estadístico de todos los resultados obtenidos en las pruebas.

Se puede apreciar la secuencia de control descrita en el capítulo uno (Fig. 1.3), que refleja el ciclo de ensayos seguidos en campo.

Es muy importante resaltar que los distintos ajustes de materiales que se dieron durante el tiempo de producción con la planta representaron un ingreso económico que aunque ciertamente no fueron cuantificados, reflejan una ventajosa opción de manejar los recursos de manera independiente a diferencia de tan solo adquirir directamente el concreto premezclado de planta y no conocer el consumo real de las materias primas.

## **CAPITULO V: VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO DE LA MINI-PLANTA**

En este capítulo se evaluarán los factores más importantes que influyen o que están relacionados con el rendimiento de la operación de la planta. Por lo general cualquier equipo trabaja con menos del 100% de la eficiencia teórica estipulada por el fabricante. Conociendo y partiéndose de esta premisa, para el caso de la mini planta se pueden encontrar parámetros importantes, los cuales entrarán como parte del estudio de la producción de la mini planta de concreto.

En un principio, este análisis se basa en los manuales y especificaciones técnicas de la planta (Ver Anexo 3.1), posteriormente se analizan las condiciones reales en las que trabajará el equipo.

### **Contexto general**

Encontrar las variables y factores que influyen en el rendimiento de algún equipo es una forma eficaz de determinar qué tan favorable o no resulta ser su desempeño. A su vez la medición del rendimiento hace posible mejorar los niveles de operación y productividad de la misma.

Como se mencionó anteriormente, basándose en las mismas características técnicas del equipo se podrán encontrar variables intrínsecas a la planta, que condicionan un rendimiento específico.

El análisis final del rendimiento y la optimización en equipos probablemente pueda ser descrita como una ciencia inexacta no solo regida por las reglas de la física, sino también sujeto a un diverso conjunto de variables que van desde las condiciones de los recursos de insumos y materia prima a trabajar, hasta los caprichos de la naturaleza humana inherente a cualquier operación personal.

## Caso de la Planta PICCINI

Debido a que para obtener el máximo rendimiento de la planta se debe trabajar con un único tipo de concreto, por el contexto de la obra a desarrollarse, su estudio debe adaptarse a condiciones específicas.

La medición del rendimiento de la Planta se realiza en la zona de fabricación de concreto, llevando un control de producción diario.

Por otro lado durante la producción de la planta, valiéndose de información recogida de campo y de laboratorio se podrá reflejar la calidad de la producción obtenida según las especificaciones técnicas del proyecto.

Reconociendo entonces que el rendimiento de la Planta obedece a determinados factores que influyen en su operación, a continuación se tratará de mostrar analítica y experimentalmente qué variables o factores son las más influyentes en el rendimiento de Mini planta PICCINI MF400:

### 5.1.- FACTORES DEL ABASTECIMIENTO DE LA PLANTA

Influencia del Agregado: Como parte de los estándares de calidad y acorde a la mejor productividad, las mezclas de concreto más trabajables y en algunos casos de mayor resistencia se consiguen con agregados debidamente homogéneos. Que cumplan con los requisitos establecidos para conformar el concreto (ASTM - C33).

Al ocupar los agregados los  $\frac{3}{4}$  de la mezcla, su presencia tiene una primordial importancia en el producto final, es así que se obtendrán mejores comportamientos de trabajabilidad del concreto en mezclas con agregados de granulometría adecuada. Esto se interpreta finalmente en mayores facilidades para el vaciado y la colocación del concreto junto con mejores condiciones para un fluido transporte de la mezcla a vaciar.

Tipos de abastecimientos: Si el cemento ingresa por bolsas, existirán momentos determinados de la producción donde se pueden producir vacíos de producción (tiempos improductivos) por falta de carga de las mismas bolsas de cemento. A diferencia de contar con un silo de grandes capacidades (10 -15 ton) teniendo

menores posibilidades de interrupciones en el carguío del cemento. Pudiéndose inclusive abastecer de cemento a granel por las noches en momentos de menos tráfico, de tal manera de tenerlo listo para el día siguiente.

Así mismo la preparación y carga de los aditivos, al realizarla manualmente genera tiempos de espera, contaminación y pérdidas en el material. Su contraparte sería un dosificador de aditivo el cual proporciona la medida exacta en las condiciones adecuadas para adicionarlo a la mezcla.

Concretos de distintos diseños: Como se vio, En la obra en investigación, con la mini-planta se realizaron producciones de concreto de 100, 280 y 350 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia, dependiendo de los requerimientos y de su disponibilidad.

Los tiempos de acopio de agregados, estudiados en el capítulo IV, tienen una representación importante en el proceso constructivo, al momento de paralizar la producción para hacer la recarga del agregado agotado. Que de contar con un solo equipo tanto acopiador como despachador, la fabricación de concreto se ve interrumpida.

Más aún cuando se utiliza el equipo para la fabricación de concreto de distintos tipos de resistencia en el día, se hace variar el tipo de agregado (piedras de distintas dimensiones constantemente acopiadas) esto implica dos cosas: (a) Tener una zona para agregados correctamente clasificada y (b) contar con equipos exclusivos para acopio.

Ocurriría lo contrario de solo producir un concreto de única resistencia en el proyecto, con ello podría alcanzarse un máximo rendimiento de la planta en el día. Lo cual parecería lo más lógico teniendo en cuenta las dimensiones y capacidades de producción de esta mini planta.

## **5.2.- FACTORES PROPIOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA**

Capacidad de Balanza: La capacidad efectiva de la balanza de la mini planta es de 720 Kg por tanda. La balanza como tal almacena los agregados y el cemento, en sus dos compartimientos estratégicamente diseñados para la posterior mezcla, sin embargo la mayor restricción que presente se encuentra en el

módulo del cemento, por lo que es un compartimiento cerrado. Conectado al alimentador del cemento (sinfin), ver Fig. 5.1



Fig. 5.1. –Vista superior de la balanza de la mini planta, se señala la división de la balanza para el cemento.

Con esto se quiere dejar notar que la capacidad de almacenamiento para los agregados permite una mayor carga de los mismos, siendo el único impedimento la cantidad de cemento para cumplir la dosificación adecuada.

La siguiente tabla muestra los rendimientos de la planta con relación al concreto a producir, en función también a la cantidad de cemento.

fecha:	Agosto 2010		
Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cant. De concreto por ciclo (m <sup>3</sup> )	Rendimiento efectivo de producción (m <sup>3</sup> /h)	Cemento por tanda (Kg)
100	0.4	10	90.4
210	0.4	10	95.3
280	0.4	10	100
350	0.33	8	142.7

Tabla 5.1.- Relación de la tanda de concreto por ciclo a producir con la planta y la resistencia del concreto a producir. Las resaltadas son cantidades estimadas.

Graduación del sistema de pesaje: Un correcto desempeño de la mini planta es el reflejo de un buen mantenimiento preventivo, En ese sentido es importante el ajuste en el sistema de pesaje.

Es muy cierto que de entre los costos de las materias primas el que mayor representación tiene es el del cemento. Por otro lado las normas son muy claras al establecer que un concreto de calidad se obtiene sin exceder cuanto más el 2% el consumo teórico del cemento. De este modo se pueden lograr reportes confiables de consumo de cemento, proponer alternativas de mejora, modificar la dosificación y tener un real ahorro al ajustar el consumo de los materiales. Un estudio realizado en el mes de junio sobre el consumo del cemento reveló un indicador de 1.45% en déficit. Anexo 5.1.

### **5.3.- FACTORES OPERATIVOS Y DE TRABAJO CON LA PLANTA DE CONCRETO**

Experiencia de personal: Este es un factor de vital importancia. El conocimiento aplicado con la experiencia ayuda a mejorar el funcionamiento de los equipos en planta. Muchas veces surgen problemas técnicos con la planta de concreto, si el personal carece de principios básicos de mecánica y de mantenimiento, no podrá resolver los problemas

Control de impureza en los materiales de Insumo: Trabajar con agregados limpios, más allá de conocer la procedencia de sus canteras, no solo depende del cumplimiento de los certificados de calidad del agregado, sino también del cuidado que se le de en campo al momento de recepcionarlos y almacenarlos.

Otro factor importante es el cuidado durante las labores de carguío del material, percatándose de no introducir algún cuerpo extraño, y evitando los conglomerados de material (cemento o concreto residual) que puedan afectar tanto la calidad del producto como las componentes mecánicas de la planta.

En la obra en estudio se tuvo un inconveniente por un descuido en este último control. Cuando un aparente desperfecto en el dispositivo de carga del cemento

evitaba el carguío a la balanza. El tornillo sinfín del alimentador encontraba algo que le impedía rotar.

Inmediatamente se tuvieron que paralizar las actividades para resolver el problema. Se requirió de un camión grúa para realizar el desmontaje del alimentador y proceder a desatascarlo.



Fig. 5.2.- Inconveniente con el ingreso del cemento a la balanza. Desarme de la planta para desatascar el alimentador de cemento.

El sobre-esfuerzo que realiza el alimentador cuando encuentra algún cuerpo extraño o grumos de cemento requiere de mayor potencia del motor y ocasiona un decremento en la vida útil del equipo. De ahí la importancia de una alimentación sin impurezas en la medida de lo posible.

Condición de lluvias y Fenómenos climáticos: El rendimiento y funcionalidad de la planta se ve afectado por la presencia de lluvias, ya que los materiales de insumo son propensos a ser alterados por las mismas precipitaciones, incrementando el contenido de humedad, para el caso del cemento y los aditivos que se encuentran expuestos.

Se procura en la medida contenerlos en un almacén cercano y con la protección debida.

Plan de mantenimiento y Limpieza: Un disciplinado mantenimiento preventivo siempre en coordinación y la comunicación constante con el operador de la planta, conlleva a un uso adecuado del equipo, asegurando una continua producción de trabajo, sin paralizaciones por fallas en el mismo. Así como también a largo plazo se manejan las posibilidades de una mayor vida útil.

Será necesario reportar desde la primera situación de falla que presente, dejando en manos del técnico el constatarla y resolverla. Lo único que se logra dejando pasar el inconveniente y trabajando en mal estado, es empeorar las condiciones de operatividad de la planta.

En cuanto a la limpieza de la planta al finalizar la jornada, y más específicamente en la cuba mezcladora, se debe seguir la rigurosidad del lavado de los brazos amasadores. Muchas veces por descuido o desconocimiento se deja de lado o se hace parcialmente, (en caso siga la producción) la limpieza del equipo. Esto genera retrasos en las producciones subsiguientes, así como serios daños en los componentes del mezclador, al endurecer la mezcla sobre la superficie metálica en las distintas partes del equipo, el motor reductor, la compuerta de descarga, las paletas amasadores, las tuercas y pines. Se deterioran más rápido con el tiempo.

Como caso ilustrativo se puede exponer lo sucedido una tarde de jornada laboral en el mes de Junio. A horas de 15:30 se paralizó la producción por una rotura de tubería al lado del comedor de la obra, producto de unos trabajos de excavación de zanja. El operador de la planta en un descuido por suponer que no habría tanta demora en solucionar el problema mencionado dejó sin lavar la planta, produciendo un aglomerado de concreto endurecido en la cuba mezcladora, teniendo luego de la reparación de la tubería, una hora más de estar picando con cincel el concreto de las paletas y la superficie del mezclador.

Actividades previas a la operación de la planta: En cuanto a la operatividad de la planta algunas experiencias vividas en la obra en estudio pueden exponerse a continuación con la finalidad de evitar inconvenientes con el rendimiento de la planta durante la producción:

- Supervisión de área de trabajo (medidas de Seguridad del operador y maquina)
- Acopio de agregados (arenas y piedra) y del cemento cerca y a tiempo antes de empezar.
- Inspección de la maquina: templado de cadenas de brazos rascadores (engrase), sistema hidráulico (aceitado), brazos mezcladores (ajuste y calibración)
- Prueba en vacío, de apertura y cierre de compuerta de balanza.
- Prueba de apertura y cierre de compuerta de la cuba.
- Encendido y apagado del Mixer.
- Recepción de dosificación de laboratorio.

Distancia a la zona de vaciado: Uno de los factores más importantes e influyentes en el rendimiento de la producción del equipo, resulta ser la distancia que se transportará el concreto producido por la planta, si bien es cierto, como ya se explicó en el factor de equipos, el tiempo que dura el ciclo de fabricación de concreto debe ser el óptimo como tiempo de ida y vuelta para el transporte de concreto Fig.5.3.

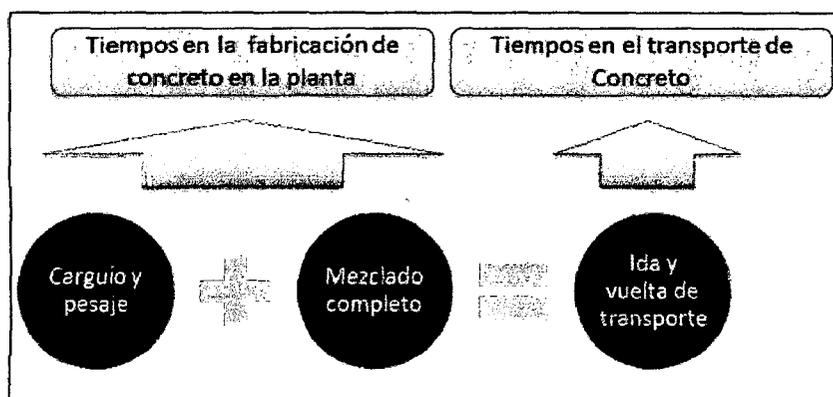


Fig. 5.3.- Representación de tiempos óptimos del transporte del concreto a la zona de vaciado.

Otro factor que determina que se cumpla este tiempo es la distancia y la accesibilidad de la zona de vaciado. La mini planta posee la ventaja de ser instalada en una mucho menor y atípica área de trabajo a diferencia de las

plantas industriales, y por ende manejar más estratégicamente la distancia a la que se encuentra el elemento a vaciar.

Tener en cuenta que se puede ocasionar tiempos de espera en los que la planta no producirá, cuando se encuentra esperando la llegada del equipo de transporte. Generando mayores tiempos de mezcla perjudicando finalmente el concreto a producirse.

#### **5.4.- FACTORES DE LOS EQUIPOS COMPLEMENTARIOS (GRÚAS, CARGADORES, ETC.)**

Equipos de despacho: para optimizar la producción que la mini planta puede rendir se debe considerar dos aspectos para la elección del tipo de transporte del concreto: (1) la velocidad del vaciado y (2) la cantidad de concreto a vaciar.

Los métodos de transporte empleados en la obra en estudio fueron: un mini cargador con un chute especial de carga para el concreto de los paneles y un camión mezclador de 3.5 m<sup>3</sup> para el shotcrete de so sentimiento. Este último dependía de una faja transportadora de 4.5m que llevaba el concreto despachado por la planta hasta el embudo de carga del camión mezclador. Solo el mini cargador fue el equipo que más rendimiento pudo sacarle a la planta, debido a los transportes cíclicos que realizaba y por las cantidades semejantes a los de la producción por tanda.

Se pueden llegar a máximos rendimientos cuando se aprovecha el tiempo de ciclo de producción de la planta para transportar una tanda de producción, así se aplica la teoría del "Just in Time", una tanda de producción entregada justo en el momento que el transporte llega para recibirla.

## CONCLUSIONES

1. El estudio realizado, permitió evaluar la productividad de un método de preparación de concreto en obra (in situ) estudiando además parámetros de calidad y costos, se reconocieron las variables que afectan directamente el rendimiento de una miniplanta concretora aportando así una herramienta de elección entre otros métodos de fabricación de concreto in situ.
2. Se pudieron optimizar los procesos ligados a la fabricación del concreto utilizando herramientas estadísticas y algunos principios de la filosofía Lean Construction, todo dentro del marco y las condiciones de un sistema constructivo de paneles prefabricados.
  - (a) Se llegaron a reducir los costos de producción del concreto en comparación con el concreto premezclado.
  - (b) Se redujeron los tiempos y la mano de obra para la fabricación del concreto en obra.En resumidas cuentas se atendieron las necesidades del cronograma del proyecto en estudio, pudiéndose decir que se obtuvo un concreto convencional de alto grado de desempeño.
3. Los máximos rendimientos de producción a los que llegó la planta para el concreto requerido por los paneles prefabricados (350 kg/cm<sup>2</sup>) resultaron en el orden de 8-9 m<sup>3</sup>/h. No se pudo alcanzar los rendimientos máximos estipulados por el fabricante de 12 a 14 m<sup>3</sup>/h, habiendo tenido las condiciones y recursos mostrados en el proceso constructivo en estudio. Los rendimientos de la miniplanta estaban sobreestimados para la producción requerida por los paneles de 25 m<sup>3</sup>/día.
4. La planta trabajaba diariamente entre 3 a 4 horas efectivas abasteciendo a los paneles, el tiempo restante de la jornada se encontraba sin utilizar. Se pudo haber optimizado el uso de la miniplanta con la finalidad de que estuviera trabajando las 8 horas de jornada, esto hubiera demandado (a) mayor cantidad de encofrados

- (140 moldes), (b) duplicar el ritmo de montaje de paneles diarios para mantener el "stock 0" o (c) Habilitar un mayor espacio para almacenamiento de paneles.
5. Si bien es cierto un mantenimiento preventivo de la mini planta demanda un costo adicional por el uso de dicho equipo, no obstante los precios de producción con la mini-planta generan tal utilidad en comparación con la compra del premezclado que se pueden compensar los costos antes mencionados.
  6. Para el caso aplicativo se obtuvo lo siguiente: el tiempo completo de vaciado con premezclado de 70 paneles resulto ser el mismo o hasta superior que el tiempo que normalmente demandaba la producción con el concreto de la mini planta (visto en Cap. IV). Se puede decir que el ritmo de fabricación del concreto se adaptó al ritmo del proceso constructivo de los paneles (Encofrado, colocación de acero, colocación de concreto, entre otros), tal que permitió un trabajo continuo evitando tiempos improductivos en los trabajadores.
  7. Quedan constatadas dos formas de llegar a máximos rendimientos con la planta: (a) cuando se aprovecha el tiempo de ciclo de producción de la planta para transportar una tanda de producción, así se aplica la teoría del "*Just in Time*", una tanda de producción entregada justo en el momento que el transporte llega para recibirla, (b) la producción por día se limita a fabricar concretos de un solo tipo de resistencia y no varios a la vez.
  8. La fabricación de concretos de variadas resistencias durante un mismo día, como se mencionó en el capítulo IV, causan reducciones en el rendimiento de producción, por los tiempos de acopio de diferentes agregados. Así mismo se tiende a generar excedentes de agregados que podrían perjudicar los accesos a la planta. teniendo en cuenta que distintos tipos de concreto demandan distintos tipos de agregado.

9. Según lo experimentado, el rendimiento de la planta resulta ser inversamente proporcional a la resistencia del concreto a producir (Fig.5.1.), esto debido a la capacidad de la balanza para restringir la cantidad de cemento. Tiene su explicación en un compartimiento aislado que tiene la mini planta para almacenar el cemento dosificado. Teniendo en cuenta que un diseño de menor resistencia requiere menor cantidad de cemento.
  
10. No obstante se podría decir que a una mejor relación agua cemento se obtienen mejores rendimiento de producción con la mini planta.

## RECOMENDACIONES

1. Estudiar la fabricación del concreto implica estudiar no solo la producción misma del concreto, sino en general la producción del producto final a elaborarse con ese concreto, se espera concientizar con este estudio la evaluación de la cadena de procesos, pues al existir factores externos que dificultan la producción se tienen que conocer de qué manera y cuanto influyen en la productividad de la fabricación del concreto, como se hizo en este estudio.
2. La fase de planeamiento es muy importante pues se requerirá de un buen análisis e interpretación para identificar las necesidades de una fabricación de concreto que vaya acorde con las normas y cumpla con los estándares de calidad.
3. Entonces, lo primordial para una buena planificación con el uso de la mini-planta son (1) un plano de distribución para las rutas coordinadas de los equipos de transporte (2) Instalaciones adecuadas (agua y desagüe, corriente) (3) mantenimiento preventivo de la planta y (4) una programación de producción semanales.
4. Se recomienda el control adecuado de los insumos para el concreto, tanto en plazos (llegadas a tiempo), como en calidad. Cumplir este rol es muy importante en la productividad de la fabricación del concreto con la mini planta. Que no estén a tiempo implica esperas y demoras, la fabricación del concreto es pues la actividad matriz. Dentro de este aspecto también recaen las facilidades de un adecuado abastecimiento, si es posible en horarios especiales, facilitando el flujo y acceso de vehículos proveedores. Entonces este factor resulta ser muy importante.
5. Resulta muy recomendable estudiar posibilidades para un mejor manejo de la relación a/c y el uso de aditivos para reducir las cantidades de cemento a utilizarse, con esto alcanzar mayores rendimientos, como se explicó en las conclusiones.

6. Es recomendable llevar un mantenimiento preventivo del equipo en sí, puesto que resultará menos oneroso que considerar un stock mínimo de repuestos en obra. Dicho stock, pareciera ser más factible al trabajar con un conjunto de mini-plantas.
  
7. Si bien es cierto las mejoras implementadas tienen base en la filosofía lean Construction. En la fabricación del concreto se recomienda y es muy importante considerarse los parámetros técnicos en cuanto a la tecnología del concreto, pues este material al tener características propias de tiempos tecnológicos y estándares de calidad, pueden jugar estos un papel preponderante para la toma de decisiones en cuanto a aumentar la productividad de su fabricación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI – 318 – 05) y comentario (ACI 318 SR-05) – USA, 2005
2. ASTM C 94, Stanford Specification for Ready Mixed concrete ASTM. West Conshohocken, PA.
3. BOTERO BOTERO, Luis Fernando - Guía de Mejoramiento Continuo para la Productividad en la Construcción de Proyectos de Vivienda (Lean Construction como estrategia de mejoramiento). Universidad EAFIT - 2004
4. CONTRERAS GUTIERREZ, Luis - Producción de concreto Premezclado y su Comercialización - Tesis de Grado - Lima Perú 1996
5. GUIO CASTILLO, Virgilio - Guía para la Innovación Tecnológica en la Construcción - Santiago, Chile 2006.
6. GONZALEZ, Vicente. "Buffers de Programación: Una Estrategia Complementaria para Reducir la Variabilidad en los Procesos de Construcción". GEPUC. Chile, 2003.
7. KOSKELA, Lauri - Application of the new production philosophy to construction (September 1992) – Stanford University
8. KUME, Hitoshi. "Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad". Editorial Norma. Bogotá, Colombia, 2002.
9. OGLESBY, PARKER Y HOWELL, Productivity improvement in construction (1989)
10. ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. "Introducción al Estudio del Trabajo". Imprenta del Journal de Geneve. Ginebra, Suiza, 1965.
11. RÍOS MIÑANO, Paolo -Planta de Concreto Premezclado Aplicación planta de Aguaytía – Tesis de Titulación– Lima, Perú 2005
12. S.A. "Productividad en la Industria de la Construcción Chilena". Revista BIT. Chile, 2001.

13. SERPELL BLEY, Alfredo. "Administración de Operaciones de Construcción". Primera Edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Chile, 1993.
14. SOLMINIHAC T., Hernán. Procesos y técnicas de construcción. 2da edición, México, D.F
15. TOMMELEIN, Iris D. Y WEISSEBERGER, Markus - "More Just in Time: Location of buffers in structural steel supply and construction processes" – 7ma Conferencia anual Internacional del Grupo Lean Construction (IGLC) -1999.
16. TRUJILLO PÁRRAGA, Joe Isaac. "Estudio de Tiempos y Modelo Productivo de Demoras de los Procesos para la Medición De la Productividad en los Procesos Constructivos". Lima, Perú 1994.

#### ESTUDIOS ANALIZADOS

1. BAEZA PEREYRA Julio, ARCUDIA ABAD Carlos, Gonzales Fajardo José, "Simulación estocástica de rendimientos de mano de obra en procesos de construcción" – UADY, México 2005
2. VARGAS SAAVEDRA, Teofilo – "Simulación en Construcción" – Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil – UNI. Lima, Perú 2010

## ANEXOS

- ANEXO 3.1:** Manual de uso y mantenimiento de la Mini-planta PICCINI MF 400
- ANEXO 3.2:** Precios Unitarios del costo de Instalación de la planta
- ANEXO 3.3:** Procedimiento Operativo para el Mantenimiento preventivo de la planta
- ANEXO 4.1:** Modelo de Simulación Cyclone para la Producción de paneles prefabricados.
- ANEXO 4.2:** Plano de Modelo de Poza de Lavado para el mezclador de la mini-planta
- ANEXO 4.3:** Estudio de Tiempos: Fabricación del concreto con la mini-planta
- ANEXO 4.4:** Estudio de Tiempos: Colocación del Concreto
- ANEXO 4.5:** Estudio de Tiempos: Encofrado y Desencofrado
- ANEXO 4.6:** Costo de Producción por m<sup>3</sup> del concreto producido con la mini-planta
- ANEXO 4.7:** Diagrama de procesos: Acopio de materiales para mini planta con el mini cargador.
- ANEXO 5.1:** Control del Consumo de cemento por bolsas en el mes de Junio.

# ANEXO

## CAPITULO III

## **ANEXO 3.1.- Manual de uso y mantenimiento de la Mini-Planta PICCINI MF 400**



officine

**PICCINI**

USO Y MANTENIMIENTO

**MEZCLADOR  
MF - 400 CTP**

**INDICE**

<b>INTRODUCCION GENERAL .....</b>	<b>3</b>
<b>CARACTERISTICAS TECNICAS .....</b>	<b>4</b>
<b>PREPARACION PARA EL MONTAJE .....</b>	<b>5</b>
<b>MONTAJE .....</b>	<b>5</b>
<b>COLOCACION DE LOS AGREGADOS Y DE LA CARGA DE CEMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>CONEXIONES .....</b>	<b>6</b>
<b>LECTURA DEL PANEL DEL CUADRO ELECTRICO ( Fig. 2 ) .....</b>	<b>7</b>
<b>PREPARACION DE LOS COMPONENTES POR PESO ( Fig. 2 ) .....</b>	<b>8</b>
<b>PROGRAMACION DE RECETAS 1 - 12 ( Fig. 2 ) .....</b>	<b>8</b>
<b>CONSUMOS TOTALES .....</b>	<b>8</b>
<b>IMPRIMIR .....</b>	<b>9</b>
<b>BORRAR .....</b>	<b>9</b>
<b>FUNCIONAMIENTO AUTOMATICO ( Fig. 2 ) .....</b>	<b>9</b>
<b>FUNCIONAMIENTO MANUAL ( Fig. 2 ) .....</b>	<b>10</b>
<b>MANTENIMIENTO .....</b>	<b>10</b>
<b>REGULACIONES .....</b>	<b>11</b>
<b>DIAGNOSTICO DE INCONVENIENTES .....</b>	<b>13</b>
<b>GARANTIA .....</b>	<b>15</b>
<b>ASISTENCIA .....</b>	<b>15</b>
<b>RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>15</b>
<b>PARTES DE RECAMBIO .....</b>	<b>15</b>

### INTRODUCCION GENERAL

Se preparó el presente Libro de instrucciones “ USO Y MANTENIMIENTO “ que se entrega con cada central, para darle un conocimiento pleno de la máquina que está usando.

En él, se recogen las características, las prestaciones, el comportamiento de la máquina y la manera para mantenerla perfectamente.

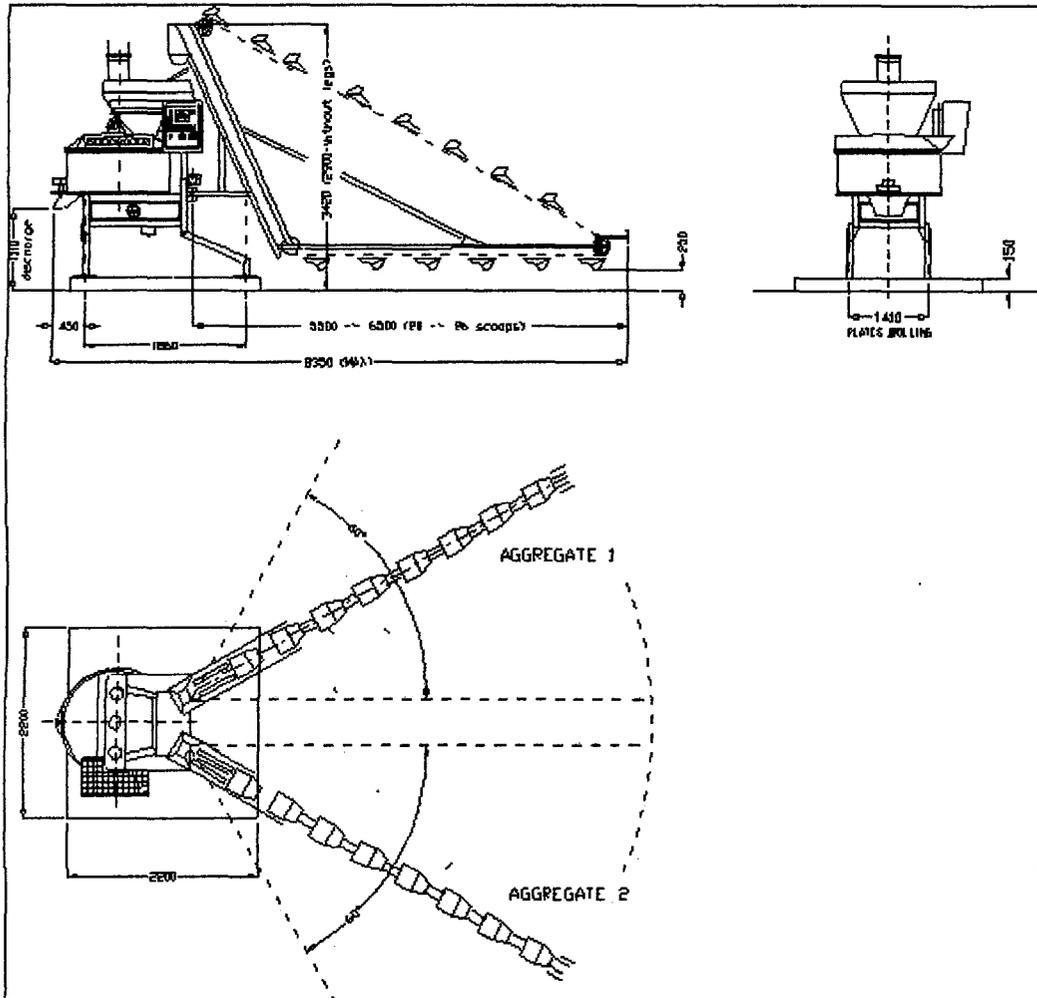
Sobre todo, es indispensable para conocer la colocación de los mandos, de los instrumentos y de los accesorios.

Le rogamos que lea con mucha atención el contenido de este libro de instrucciones y le recordamos que el buen funcionamiento de la máquina depende de las diligentes y periódicas revisiones que se realicen a la máquina con la finalidad de acertar que los órganos funcionen regularmente.

Completa la dotación, las llaves de servicio.

Las descripciones, las ilustraciones y las características indicadas en este libro de instrucciones, NO SON VINCULANTES.

La casa constructora se reserva el derecho, permaneciendo las características esenciales, de realizar, en cualquier momento y sin obligación de poner al día el contenido de este libro de instrucciones, eventuales modificaciones a la máquina con la finalidad de mejorarla o por cualquier exigencia de carácter técnico, de construcción o comercial.



*Dimensiones y tamaño de la maquina (Fig.1)*

## CARACTERISTICAS TECNICAS

Capacidad de carga	650 l
Diámetro del tanque	1,35 m
Rendimiento efectivo	450 l
Producción horaria de 20 a 35 ciclos	8 - 14 m <sup>3</sup> aproximadamente
Potencia del motor eléctrico del mezclador	10 Hp. ( 7,5 Kw)
Potencia del motor de rotación de los cangilones	3 Hp. ( 2,25 Kw)
Potencia del motor de la caja de engranajes hidráulica	1 Hp. ( 0,75 Kw)
Peso máximo de los inertes / Cemento	900 Kg
Peso de la máquina con brazo	930 Kg. aproximadamente
Instalación hídrica automática a volumen	1" con electroválvula

### PREPARACION PARA EL MONTAJE.

Para realizar el montaje del MEZCLADOR es necesario un medio para levantarlo ( una grúa o una autogrúa, etc. ) que pueda levantar individualmente cada una de las partes que la componen : - Mezclador,

- Brazo raspador.

### MONTAJE

Las proporcionadas medidas y la simplicidad de las operaciones que hay que realizar, permiten a la persona que va a utilizar la máquina, montarla en poco tiempo y con gran facilidad, incluso sin ayuda de personal especializado.

#### **A ) Colocación de la máquina.**

Descargar la máquina del medio que la transporta, colocarla en la justa posición encima de los cimientos preparados con anterioridad y sujetarla bien al terreno, con los cables que se entregan con la máquina.

#### **B) Montaje DEL BRAZO RASPADOR.**

Sujetar la sección nº 1 a la máquina con las correspondientes placas y tornillos.

Sujetar la horquilla nº 2 a la sección nº 1 metiendo los pernos.

Sujetar el tensor nº 3 a la sección nº 1 y a la horquilla nº 2 metiendo los pernos.

Montaje de la catenaria.

Meter la catenaria por la parte superior del plano inclinado.

Enganchar los dos extremos usando un tensor.

**N.B.: CONTROLLEN QUE LAS CADENAS, EN LOS PUNTOS DE EMPALME ESTEN ALINEADOS PERFECTAMENTE.**

Colocar el brazo raspador en perfecta posición vertical para evitar bruscos movimientos de un inerte a otro ( el control hay que realizarlo con un nivel colocado en el montante oblicuo del brazo ).

Apretar bien las placas de sujección de los brazos a la máquina.

Apretar bien los tornillos y tensar la catenaria actuando en los tornillos.

Fijar las dos abrazaderas porta cables a las placas de empalme del brazo, extender los cables de emergencia laterales que corren por el brazo raspador y tensarlos hasta que el pistón del tope no empiece a abrirse.

**COLOCACION DE LOS AGREGADOS Y DE LA CARGA DE CEMENTO**

Antes de empezar el ciclo de producción es necesario tener en cuenta que :

- El inerte de piedrecitas hay que descargarlo por el lado izquierdo mirando a la caja de engranajes desde el lado del brazo raspador.

La arena, por el lado derecho.

- Durante las operaciones de descarga, tener cuidado de que los inertes no cubran los cangilones terminales del bazo.

**CONEXIONES****HIDRAULICAS.**

- 1) Enganchar los tubos hidráulicos de ajuste, según la numeración indicada en dichos tubos.

**ELECTRICOS.**

- 1) Dar la corriente al cuadro eléctrico, conectado la toma de tierra y las tres fases al borne " RST ".

- 2) Asegúrense de que la instalación eléctrica esté conectada con la toma de tierra.

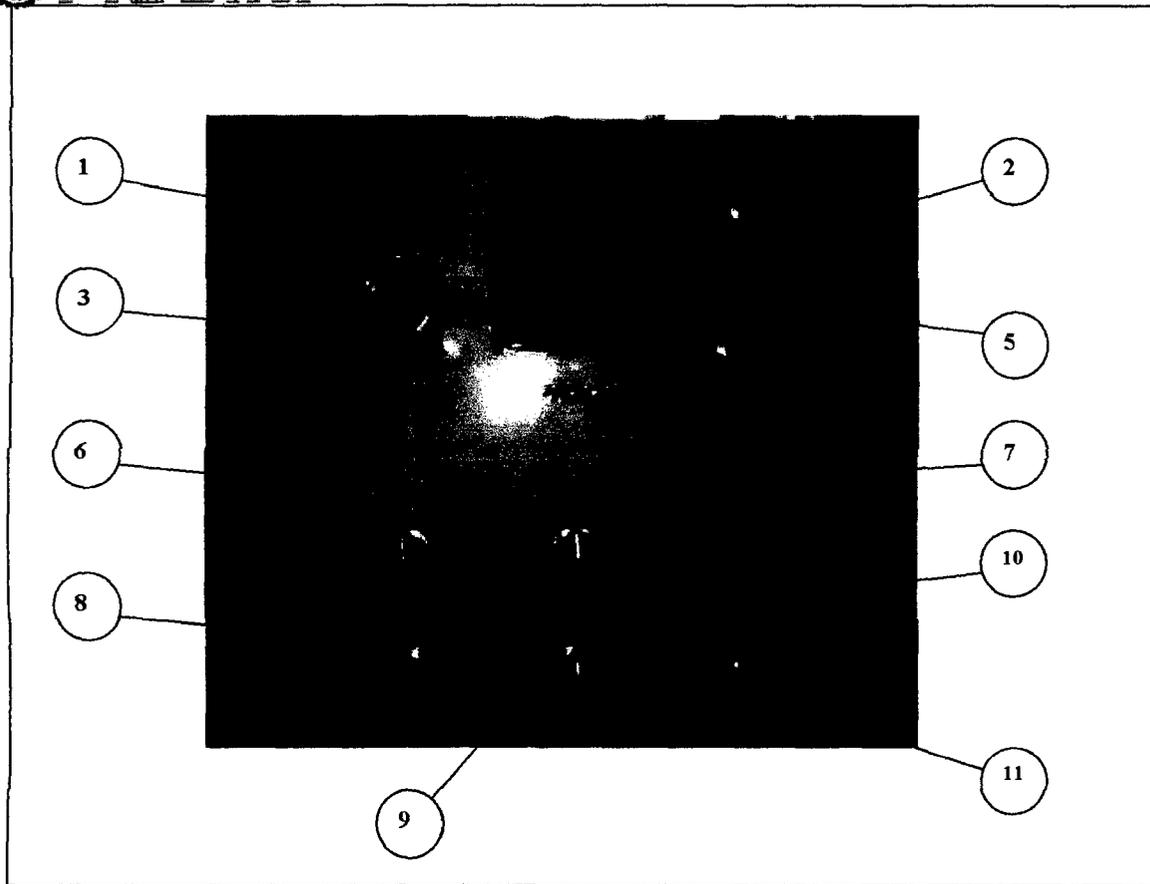
**¡ CUIDADO !, Toda la instalación está preparada para una alimentación de 380 voltios 50 Hz. ( salvo que el cliente haya solicitado una alimentación distinta ).**

- 3) Terminada la conexión, controlen el sentido de rotación del mezclador ( sentido horario ) actuando en el selector ; si los mandos de "DESCARGA MEZCLA " están invertidos, no toquen el selector sino inviertan la posición de las dos fases de los bornes " RST ".

**AGUA.**

- 1) Conecten la instalación del agua a la red hídrica.

Para un buen funcionamiento de la máquina es necesario que el agua llegue con una presión de, por lo menos, 4 atmósferas y que no supere las 6 y con un caudal mínimo de 200 litros por minuto.



**LECTURA DEL PANEL DEL CUADRO ELECTRICO ( Fig. 2 )**

1. PILOTO LINEA
2. PILOTO TERMICO
3. TEMPORIZADOR DE AGUA
4. DISPLAY WEIGHT CONTROLER
5. SELECTOR DE INICIO DEL CICLO
6. SELECTOR DEL AGUA
7. SELECTOR DE ROTACION DE LA MEZCLA
8. SELECTOR DE ELECCION INERTE
9. SELECTOR DE CEMENTO Y VIBRADOR
10. INTERRUPTOR GENERAL DE LA LINEA ELECTRICA
11. PULSADOR DE EMERGENCIA. Pulsándolo, se paran todos los movimientos de la máquina

**PREPARACION DE LOS COMPONENTES POR PESO ( Fig. 2 )****AGUA.**

Disponer el tiempo en segundos, los necesarios para la entrada del volumen de agua deseado con el temporizador " 3 ".

**PROGRAMACION DE RECETAS 1 - 12 ( Fig. 2 )**

- Cuando se enciende la instalación, se visualiza el peso en el display, entonces, pulsar la tecla MENU y aparece escrito " F 1 " ( puesta al día de la fórmula ). Para pasar a otras fórmulas pulsar las flechas " + " o " - ".
- " F 1 " : Si confirmo el dato con ENTER, entraré en el programa. Entonces se enciende el LED R1 y se ve durante 1 segundo P1, peso del primo inerte que se puede cambiar según las propias exigencias pulsando las flechas " + " o " - " y se confirma con ENTER. Después se pasa al segundo elemento P2 y se realiza el mismo procedimiento hasta terminar los elementos a nuestra disposición. Si no se desea utilizar un elemento, basta con escribir el valor 0.
- " CARGO TIPO PARA 1 DOSIS DE 400 l. CON DOS INERTES " :
  - 450 Kg. ARENA " P1 "
  - 240 Kg. GRAVA " P2 "
  - 110 Kg. CEMENTO " P3 "
  - 80 l. AGUA.
- Es buena norma no cargar la máquina más de los pesos indicados para no causar daños a los aparatos electrónicos.
- El temporizador en la pos. 3 sirve para cuantificar el agua que hay que meter en la mezcla, su escala y la regulación en segundos, desde 1 hasta 60 segundos.

EN EL CASO DE QUE LA MAQUINA NO DISPONGA DE TRANSPORTADOR o DE " CUEVANO ", el trabajador tendrá que realizar manualmente la descarga del material.

EN EL CASO DE QUE SE PARE LA MAQUINA POR FALTA DE ENERGIA ELECTRICA o EMERGENCIA cuando se estaba realizando un ciclo automático, hay que terminar manualmente el ciclo empezado y, después, partir de nuevo en automático.

**CONSUMOS TOTALES**

- Para visualizar los consumos presentes, pulsar ENTER durante unos 3 segundos aproximadamente y aparecerá escrito " TOT " durante unos 2 segundos, después P1 durante un segundo y, en seguida, el valor de producto consumido para P1. Confirmar con ENTER y se verá escrito P2 durante 1 segundo y, a continuación, el valor del producto consumido para P2. Confirmar con ENTER. Repitiendo la operación antes descrita, se verán los productos sucesivos.

**IMPRIMIR**

- En presencia de impresora, pulsar la tecla “ FLECHA HACIA ABAJO “ y se imprimirán los consumos.

**BORRAR**

- Pulsando la tecla ENTER durante unos 3 segundos, aproximadamente, aparecerá escrito “ CANC “. Si confirmo con ENTER, se borrarán los consumos y se volverá a visualizar el peso. Pulsando la tecla “ FLECHA HACIA ARRIBA “, se anula la orden y se sale del programa.

**FUNCIONAMIENTO AUTOMATICO ( Fig. 2 )****1) TRABAJANDO CON DOS INERTES PROGRAMADOS.**

A ) Dejar el selector “ 8 “ en la posición central.

B ) Empezar el ciclo de trabajo dando el impulso “ START “ al “ 5 “ del RADIO ( La máquina se para después de haber cargado los dos inertes ).

C ) La máquina está preparada para descargar los inertes solamente cuando el piloto verde de OK está encendido.

**1 / BIS ) TRABAJANDO CON EL CEMENTO + 1 INERTE PROGRAMADOS.**

a) Colocar el SELECTOR “ 8 “ en el INERTE deseado ( 1 ó 2 ).

b) Empezar el ciclo de trabajo dando el impulso “ START “ al “ 13 “ del CEMENTO ( La máquina se para después de haber cargado el CEMENTO y el INERTE ).

c) La máquina está preparada para descargar el inerte solamente cuando el piloto verde de OK está encendido.

**2 ) Colocar la ROTACION del MEZCLADOR con el selector “ 7 “.**

3 ) Hacer entrar el agua dando el impulso “ START “ al selector “ 6 “ ( La máquina se para automáticamente después de haber terminado el tiempo pre - memorizado ).

4 ) Abrir mediante el distribuidor la COMPUERTA de la TOLVA de PESADA haciendo bajar al MEZCLADOR casi el 50 % aproximadamente de su contenido, solicitarlo y esperar unos segundos antes de completar la descarga.

5 ) Realizada la mezcla y descargarla abriendo la compuerta del mezclador, accionando la segunda palanca del distribuidor.

### FUNCIONAMIENTO MANUAL ( Fig. 2 )

- 1) Escoger el inerte 1 ó 2 con el selector “ 8 “.
- 2) Cargar el INERTE dando el impulso “ START “ al pulsador “ 8 “. Al llegar al peso deseado, visible a través del display “ 4 “, conmutar el selector “ 8 “ al inerte 2 ( si existe ).
- 3) Alcanzado el peso del 2 ° inerte, dar el impulso “ STOP “ para parar el RADIO.
- 4) Cargar el CEMENTO dando el impulso “ START “ al pulsador “ 9 “. Al llegar al peso deseado, visible a través del display total de los inertes, parar la salida con el impulso “ STOP “.
- 5) Abrir la compuerta de la tolva de pesado haciendo bajar en el mezclador el 50 % de su contenido y cerrarla.
- 6) Meter el 70 % del agua mediante el SELECTOR “ 6 “.
- 7) Abrir nuevamente la tolva de pesada y completar la descarga.
- 8) Añadir agua hasta que se complete la mezcla.

### MANTENIMIENTO

Para un eficaz mantenimiento de la máquina, se aconseja seguir los siguientes consejos que se dan a continuación :

- Para abrir la compuerta del cuadro de mandos, desconectar el conmutador general colocándolo en la posición “ 0 “.
- Si no es extremadamente necesario, no abran la compuerta interna del cuadro. Polvo, agua y humedad podrían causar daño a los aparatos electrónicos.
- El brazo raspador tiene que estar colocado perfectamente a plomo sobre los fulcros de rotación con el fin de evitar desequilibrios de velocidad durante el movimiento de uno o varios inertes.
- Controlar la tensión de las catenarias para evitar que se deslicen por la polea o que se salgan de las poleas.
- Controlar la presión de agresión de los cangilones sobre los inertes de manera que no provoquen un excesivo llenado de los mismos.
- La descarga de los inertes mediante volquete se realiza con el brazo en posición de ajuste inicial, teniendo cuidado de no cubrir los cangilones y de que el contacto inicial con el cúmulo se realice con los cangilones terminales.

**La descarga de los inertes se debe realizar con la máquina parada.**

- Controlen periódicamente la eficacia de la instalación de seguridad y la de la de emergencia ( cables y topes ).
- Al terminar de utilizar la central o al final del día, limpiar la parte terminal de la tolva de pesada.
- Al terminar el trabajo diario, dar la vuelta a los cangilones en zona libre para que se vacíen de los inertes y limpiar la máquina.
- Al terminar el trabajo diario, antes de que los residuos de la mezcla se solidifiquen, lavar el tanque y toda la instalación. Para la operación de lavado, colocar la palanca del grifo en posición horizontal.
- Durante el primer mes de uso, comprobar que los tornillos estén bien apretados.
- Controlar el nivel del aceite hidráulico de la caja de engranajes y de los reductores cada 150 horas de trabajo y llenarlo de nuevo, si es necesario.
- Para la caja de engranajes hidráulica utilizar aceite AGIP OSO 46 y para los reductores aceite AGIP BLASA 680.
- En el período invernal, al final del trabajo, descargar el agua de los tubos y del depósito.
- Comprobar con frecuencia que no se aflojen los tornillos que sujetan los brazos del mezclador.
- Engrasar periódicamente todas las partes de la máquina que se mueven.

**REGULACIONES****REGULACION DEL TENSADO DE LA CATENARIA**

Se realiza, actuando sobre los tornillos del registro.

**REGULACION DE LA PRESION DE AGRESION DE LOS CANGILONES SOBRE LOS INERTES**

Las presiones de trabajo sobre los cúmulos de la arena y de la grava, se regulan respectivamente con las manillas colocadas en la caja de engranajes. Realizar las siguientes operaciones :

- 1) Aflojar la tuerca de la manilla sobre la que hay que trabajar.
- 2) Poner en funcionamiento el brazo,
- 3) Si los cangilones recogen demasiado material y el motor de la rotación funciona bajo esfuerzo, girar la manilla en sentido antihorario para disminuir la presión y , viceversa, si los cangilones no recogen suficiente material, girar la manilla en sentido horario para aumentar la presión. El valor de la presión se controla visualmente en el manómetro.
- 4) Valores indicativos de la presión : Arena 20 - 40 bar. y grava 40 - 50 bar.

**REGULACION DEL MEZCLADOR**

Comprobar que las palas colocadas dentro del tanque estén bien reguladas, ya que con el pasar del tiempo, por culpa del desgaste o de que se aflojen los tornillos, las medidas que aparecen en la figura pueden cambiar y la máquina ya no responde a las características originales.

Además, si los tornillos se aflojan demasiado, las palas van a rozar las paredes laterales o el fondo del tanque, causando un consumo anómalo o la rotura de ambas partes. Un esfuerzo excesivo al que se someta el reductor, en parecidas circunstancias, podría provocar la ruptura del mismo.

**!!! CUIDADO !!!**

**No dejen nunca y por ningún motivo la mezcla dentro del tanque. Antes de cada parada en el trabajo descarguen siempre el tanque. En el caso de que falte la corriente eléctrica, quiten la mezcla por la compuerta de inspección colocada por encima del mezclador.**

**Antes de abrir la compuerta, coloquen el interruptor general en la posición “ 0 “.**

**El endurecimiento de la mezcla dentro del tanque provoca graves roturas en los órganos mecánicos cuando se pone en marcha la máquina, roturas que afectarán a todo el sistema de mezclado.**

**Las roturas o las averías causadas por la inobservancia de estas reglas no van incluidas en la garantía.**

**DIAGNOSTICO DE INCONVENIENTES**

Este cuadro contiene las indicaciones de carácter general que permiten localizar eventuales averías y repararlas rápidamente.

Para intervenciones particularmente complicadas, consulten con nuestra Oficina Técnica.

<b>INCONVENIENTES</b>	<b>CAUSAS PROBABLES.</b>	<b>INTERVENCION.</b>
<i>SE ENCIENDE EL PILOTO TERMICO.</i>	SALTO EL INTERRUPTOR DE SOBRECARGA ELECTRICA.	PULSAR EL PULSANTE ROJO COLOCADO BAJO EL TELERRUPTOR INTERNO DEL CUADRO.
<i>EXCESIVO O INSUFICIENTE LLENADO DE LOS CANGILONES.</i>	PRESION DE AGRESION DE LOS CANGILONES INCORRECTA.	REGULAR LA PRESION.
<i>SE DESLIZA LA CADENA DE LOS CANGILONES.</i>	INSUFICIENTE TENSADO DE LA CADENA.	REGULAR EL TENSADO.
<i>DISPLAY INERTES / CEMENTO NO EN " 0 ".</i>	DOSADOR NO COMPLETAMENTE VACIO. VARILLA NO LIBRE.	LIMPIAR EL DOSIFICADOR. LIBERAR LA VARILLA DE EVENTUALES FORZADURAS.
<i>FALTA DE BAJADA DEL CEMENTO.</i>	FORMACION DE CONGLOMERADOS DE CEMENTO A LA ENTRADA DE LA COCLEA.	QUITAR LOS CONGLOMERADOS.
<i>FALTA DE ROTACION DE LOS CANGILONES.</i>	PILOTO TERMICO ENCENDIDO. TOPES LATERALES DEL BRAZO DESACTIVADOS.	PONER EN FUNCIONAMIENTO EL TERMICO CON EL PULSADOR COLOCADO EN EL CUADRO ELECTRICO. PONER EN FUNCIONAMIENTO O CAMBIAR EL TOPE.
<i>FALTA DE STOP DE PESADA DE INERTES O DEL CEMENTO.</i>	CORTOCIRCUITO.	CONTROLAR LA CAMARA ELECTRICA. PUEDE ESTAR QUEMADO EL PANEL DEL DISPLAY.

<b>FALTA DE APERTURA DE LA COMPUERTA.</b>	<b>FALTA DE SIMULACION DE 1ª PUESTA EN MARCHA DEL CICLO EMPASTO Y DESCARGA.</b>  <b>TEMPORIZADOR " TA " QUE NO PARTE.</b>	<b>SIMULAR LA 1ª PUESTA EN MARCHA DEL CICLO " DESCARGA DE LA MEZCLA " .</b>  <b>CONTROLAR EL TEMPORIZADOR " TA " Y, SI ES DEFECTUOSO, CAMBIARLO.</b>  <b>CONTROLAR SI LOS TOPES DE LA COMPUERTA FUNCIONAN, SINO, CAMBIARLOS O COMPROBAR SI ESTAN BIEN REGULADOS RESPECTO A LAS LEVAS DE LA COMPUERTA.</b>
<b>NO ENTRA EL AGUA EN EL MEZCLADOR.</b>	<b>QUEMADA LA BOBINA DE LA ELECTROVALVULA.</b>  <b>SELECTOR " 4 " NO COLOCADO EN " AUT " .</b>  <b>TEMPORIZADOR " TA " QUE NO PARTE.</b>	<b>CAMBIAR LA BOBINA.</b>  <b>COLOCAR EL SELECTOR " 4 " EN AUT.</b>  <b>CONTROLAR EL TEMPORIZADOR " TA " Y, SI ES DEFECTUOSO, CAMBIARLO.</b>
<b>SE TERMINO LA DOSIFICACION DEL AGUA Y ESTA CONTINUA ENTRANDO.</b>	<b>ENTRADA DE ARENA EN EL CUERPO DE LA ELECTROVALVULA.</b>	<b>DESMONTAR EL CUERPO DE LA ELECTROVALVULA Y LIMPIARLO CON MUCHO CUIDADO.</b>
<b>NO SE PARA EL VIBRADOR DE DOSIFICACION DE LOS INERTES.</b>	<b>COMPUERTA NO CERRADA COMPLETAMENTE.</b>	<b>LIMPIAR LA COMPUERTA O REGULARLA HASTA QUE SE CIERRE PERFECTAMENTE.</b>
<b>NO PARTE EL CICLO PRODUCTIVO EN AUTOMÁTICO.</b>	<b>COMPUERTA DE DESCARGA DE LOS INERTES ABIERTA.</b>  <b>PILOTO ROJO " BRAZO " APAGADO.</b>	<b>ELIMINAR EVENTUALES IMPEDIMENTOS HASTA QUE LA COMPUERTA SE CIERRE PERFECTAMENTE.</b>  <b>COLOCAR UN SELECTOR EN EL BRAZO O PONER EN FUNCIONAMIENTO EL TOPE.</b>

### **GARANTIA**

La máquina, si se usa normalmente, está garantizada por un período de tiempo de 6 meses, tiempo que empieza a correr a partir de la fecha de entrega de la misma.

La garantía se limita a la sustitución gratuita de las partes que, según un exclusivo juicio de los técnicos de la parte vendedora, tengan defectos en el material o en su construcción. Se excluye cualquier resarcimiento de cualquier otro tipo.

Todos los gastos necesario para dicha sustitución, correrán a cargo del cliente.

La garantía decae en caso de manumisión de la máquina o de cambio de propiedad de la misma.

No se responde por daños causados por descuidos en el mantenimiento de la máquina o en el caso de que el trabajador realice con la misma maniobras equivocadas.

### **ASISTENCIA**

Algunas operaciones de mantenimiento no se pueden realizar con las herramientas normales de las que dispone el cliente, por lo tanto, se aconseja, siempre que se presenten casos difíciles, confiar en la experiencia de personas competentes.

### **RESPONSABILIDAD**

La parte vendedora declina toda responsabilidad por cualquier accidente y por sus consecuencias y por daños causados a las personas o a las cosas que se pudieran verificar durante el uso de la máquina que fabricó.

En el caso de contestación, se hará referencia a las condiciones generales de venta de la parte vendedora aceptadas implícitamente por el comprador en el momento en que realizó el pedido.

### **PARTES DE RECAMBIO**

Para solicitar piezas de recambio, hay que citar :

- 1) El tipo de máquina,
- 2) La matrícula,
- 3) La denominación del conjunto o cuadro en el que se encuentra,
- 4) El número del detalle o su código.

Los números 1 y 2 se pueden ver en la placa que lleva cada máquina.

Los números 3 y 4, en los diseños que ilustran el presente libro de instrucciones.

**CONSUMOS**

**ES POSIBLE CALCULAR Y VISUALIZAR LOS CONSUMOS SÓLO SI ESTÁN HABILITADOS EN LAS CONSTANTES "SECRETAS".**

**VISUALIZACIÓN:**

Presionar la tecla **ENTER** durante 3 segundos; aparecerá el mensajeKOK durante 2 segundos, a continuación el mensaje P1 durante 1 segundo y a continuación la cantidad consumida del producto 1; confirmar mediante **ENTER**, con lo que aparecerá el mensajeP2 durante 1 segundo y a continuación la cantidad consumida del producto 2. Confirmando siempre con **ENTER** se pasará al producto sucesivo.

El microprocesador puede almacenar como máximo 9999 divisiones; al superarse este valor automáticamente el consumo será puesto en cero; cuando el consumo del producto alcanza el valor de 9000 divisiones, el led del producto en visualización del peso se enciende de modo intermitente.

**IMPRESIÓN :**

Durante la visualización de los consumos presionar  , será impreso el valor con indicación de fecha y hora y se retornará a la visualización del peso.

**CANCELACIÓN:**

Presionando nuevamente**ENTER** durante 3 segundos en visualización de los consumos, aparecerá el mensajeCANC;

confirmando con **ENTER** se cancelarán los consumos y se retornará a la visualización del peso; presionando  será anulado el mando, con consiguiente salida. En caso de estar conectada la impresora, será impreso el mensaje "PUESTA EN CERO CONSUMOS", con indicación de fecha y hora.

Para salir de la visualización de los consumos y retornar a la visualización del peso presionar  .

**ALARMAS**

**KARA** (centelleante) se visualiza si al convocar en dosificación una fórmula el peso presente en la balanza es superior al mínimo predispuesto en las constantes. Predisponer nuevamente la balanza en tara para hacer partir la dosificación o presionar **DOSA** para anularla.

**F. \_ \_ \_** (centelleante) se visualiza si la fórmula convocada para la dosificación no está programada. Presionar **DOSA** para salir.

**CONS** (centelleante) se visualiza cuando, al comenzar una dosificación, el contacto CONSENSO no está cerrado (led de input 1 apagado). Cerrar el contacto para habilitar la dosificación o anularla presionando **DOSA**.

**P. - - -** (centelleante) se visualiza cuando, al comenzar una dosificación, la suma de los componentes programados en fórmula supera el peso máximo programado. Presionar **DOSA** para salir.

**XALK** (centelleante) en dosificación si ha sido presionada la tecla **DOSA** y se ha interrumpido momentáneamente el ciclo; presionar nuevamente **DOSA** para anularlo por completo o bien **ENTER** para reanudarlo.

**BLOC** indica que se ha verificado una interrupción de corriente durante una dosificación; presionar la tecla **DOSA** o cerrar el contacto de STOP para anular el ciclo o bien la tecla **ENTER** para reanudarlo desde el punto en que se encontraba al verificarse la interrupción de corriente.

**Anexo 3.2.- Precios unitarios del costo de instalación de la planta**

Encofrado y Desencofrado para Losa de Concreto							
Partida							
Rendimiento	m2/DIA	MO.20.00	EQ.20.00	Costo unitario directo por : m2		28.34	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$I.	Parcial \$I.	
		<b>Mano de Obra</b>					
Capataz Civil		hh	0.2000	0.10000	1805	1.81	
Peón		hh	1.0000	0.50000	1151	5.76	
Operario		hh	1.0000	0.50000	1428	7.14	
						14.70	
		<b>Materiales</b>					
Desmoldante		gh		0.00740	1568	0.12	
Clavo para Madera		kg		0.10000	2.45	0.25	
Alambre Negro #8		kg		0.10000	254	0.25	
Triplay para encofrado		pl		0.01157	9833	1.14	
Madera para encofrado		p2		2.25000	4.13	9.29	
						11.05	
		<b>Equipos</b>					
Herramientas		% MO		2.00000	1475	0.30	
Sierra Circular y Gerfope		día	0.10000	0.05500	6000	0.30	
						0.60	

Concreto fc=175 kg/cm2							
Partida							
Rendimiento	m3/DIA	MO.0.00	EQ.0.00	Costo unitario directo por : m3		231.45	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$I.	Parcial \$I.	
		<b>Subpartidas</b>					
Transporte de Concreto		m3		1.00000	1.65	1.65	
Colocación Concreto		m3		1.00000	3093	3093	
Preparación de Concreto con Mezcladora de concreto 11 P320 HP		m3		1.00000	19865	19865	
						231.45	

Colocación Concreto							
Partida							
Rendimiento	m3/DIA	MO.56.00	EQ.56.00	Costo unitario directo por : m3		80.83	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$I.	Parcial \$I.	
		<b>Mano de Obra</b>					
Capataz Civil		hh	1.00000	0.17657	1805	3.22	
Oficial		hh	2.00000	0.35714	1273	4.55	
Operador Liviano		hh	2.00000	0.35714	1339	4.78	
Operario		hh	3.00000	0.53571	1428	7.65	
Peón		hh	4.00000	0.71429	1151	9.22	
						28.42	
		<b>Equipos</b>					
Herramientas		% MO		3.16000	31.19	0.99	
Vibrador a Diesel de 1'-3"		hm	2.00000	0.35714	4.28	1.53	
						2.51	

PREPARACIÓN DE CONCRETO MEZCLADORA CONCRETO 9 A 11 P3- 20 HP							
Partida							
Rendimiento	m3/DIA	MO. 71.5	EQ.71.50	Costo unitario directo por: m3		198.85	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.	
<b>Mano de Obra</b>							
Capataz Civil		hh	0.2000	0.02797	18.05	0.50	
Operador Pesado		hh	1.0000	0.13996	15.49	2.17	
Operador Mediano		hh	1.1000	0.15395	14.43	2.22	
Peón		hh	2.0000	0.27972	11.51	3.22	
Operario		hh	2.0000	0.27972	14.28	3.99	
							12.11
<b>Materiales</b>							
Arme Gruesa		m3		0.59600	39.57	23.15	
Piedra Chancada 3/4"		m3		0.71500	40.00	28.60	
Cemento Tipo I		bs		7.54510	15.26	115.14	
							166.89
<b>Equipos</b>							
Herramientas		%MO		4.60000	12.10	0.56	
Mezcladora concreto tambor 11p320HP		hm		0.57140	27.50	15.71	
							16.27
<b>Subpartidas</b>							
Agua para la Obra		m3		0.20000	17.94	3.59	
							3.59

Transporte de Concreto con Carretilla							
Partida							
Rendimiento	m3/DIA	MO.96.00	EQ.96.00	Costo unitario directo por: m3		1.66	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.	
<b>Mano de Obra</b>							
Operador Liviano		hh	1.0000	0.10417	15.49	1.61	
							1.61
<b>Equipos</b>							
Herramientas		%MO		3.00000	1.61	0.05	
							0.05

LIMPIEZA DE TERRENO (Manual)							
Partida							
Rendimiento	m2/DIA	MO.40.00		Costo unitario directo por: m2		2.55	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.	
<b>MANO DE OBRA</b>							
OPERARIO		HH	0.02	13.52	0.27		
PEON		HH	0.2	10.81	2.16		
							2.43
<b>EQUIPO</b>							
HERRAMIENTAS MANUALES(% MANO DE OBRA)		0.01	5	0	0.12		
							0.12

EXCAVACION PARA LOSA DE CIMENTACION							
Partida							
Rendimiento	m3/DIA	MO.3.60		Costo unitario directo por: m3		28.21	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.	
<b>MANO DE OBRA</b>							
CAPATAZ		HH	0.2222	17.58	3.91		
PEON		HH	2.2222	10.81	24.02		
							27.93
<b>EQUIPO</b>							
HERRAMIENTAS MANUALES(% MANO DE OBRA)		0.01	1	0	0.28		
							0.28

Partida		ACERO EN CIMENTOS REFORZADOS (HABILITACION Y COLOCACION)				
Rendimiento	Kg/DIA	MO.180.00	Costo unitario directo por :Kg		4.14	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
<b>MANO de OBRA</b>						1.29
CAPATAZ		HH	0.0089	17.58	0.16	
OFICIAL		HH	0.0444	11.97	0.53	
OPERARIO		HH	0.0444	13.52	0.6	
<b>EQUIPO</b>						0.08
CIZALLA FE CONSTRUCCION MANUAL HASTA 1"		HM	0.023	1.55	0.04	
HERRAMIENTAS MANUALES(% MANO DE OBRA)		0.01	3	0	0.04	
<b>MATERIALES</b>						2.77
ALAMBRE NEGRO # 8		KG	0.05	4.62	0.23	
FIERRO CORRUGADO PROMEDIO		KG	1.02	2.49	2.54	

Partida		INSTALACION DE TUBERIA PDESAGUE PVC DN - 150MM (6") INCL PRUEBA HIDRAULICA				
Rendimiento	m/DIA	MO.180.00	Costo unitario directo por :m		2.61	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
<b>MANO de OBRA</b>						2.56
CAPATAZ CLASE "A"		HH	0.006	17.58	0.11	
OFICIAL		HH	0.06	11.97	0.72	
OPERARIO		HH	0.06	13.52	0.81	
PEON		HH	0.085	10.81	0.92	
<b>EQUIPO</b>						0.05
HERRAMIENTAS MANUALES(% MANO DE OBRA)		0.01	2	0	0.05	

Partida		Conformación, perfilado y compactado manual				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 136.000	EQ. 136.000	Costo unitario directo por : m2		6.30
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
<b>Mano de Obra</b>						
Capataz Civil		hh	0.20000	0.01471	18.05	0.27
Operador L/Mano		hh	1.00000	0.07353	13.38	0.98
Peón		hh	1.00000	0.07353	11.51	0.85
<b>Equipos</b>						2.10
Compactador Vibratorio (Tipo Plancha) 4HP		hm	1.00000	0.10560	15.60	1.65
Herramientas		%MO		3.50000	2.10	0.07
						4.20

PLAN DE LUBRICACION Y MANTENIMIENTO MECANICO DE LA PLANTA PICINI MF 400

PML/PMM  
50/125/250/500/1000/2000 Hrs

OBRA :		TÚNEL SANTA ROSA					
SERVICIO A EJECUTAR							
	INSPECCIÓN DIARIA	PMP 50	PMP 125	PMP 250	PMP 500	PMP 1000	PMP 2000
RECEPCIÓN Y MEZCLADO DE AGREGADOS							
TOLVA DE AGREGADOS	Inspeccionar visualmente	Inspeccionar visualmente, ajustar pernos si requiere.	Inspeccionar visualmente, ajustar pernos si requiere.	Inspeccionar visualmente, ajustar pernos si requiere.	Inspeccionar visualmente, ajustar pernos si requiere.	Inspeccionar visualmente, ajustar pernos si requiere.	Inspeccionar visualmente, ajustar pernos si requiere.
SOPORTE DE TOLVA DE AGREGADOS	Inspeccionar visualmente	Inspeccionar visualmente abolladura	Inspeccionar visualmente abolladura	Inspeccionar visualmente abolladura	Inspeccionar visualmente abolladura	Inspeccionar visualmente abolladura	Inspeccionar visualmente abolladura
CILINDRO HIDRÁULICO DE APERTURA Y CIERRE DE COMPUERTA DE TOLVA	Verificar Fugas de aceite	Verificar Fugas de aceite	Verificar Fugas de aceite	Verificar Fugas de aceite	Verificar Fugas de aceite	Verificar Fugas de aceite	Verificar Fugas de aceite
REDUCTOR DE MOTOR ELECTRICO DEL GUSANO DE TOLVA	Verificar Fugas de aceite	Verificar Fugas de aceite	Verificar Fugas de aceite	Verificar nivel de aceite, rellenar si es necesario	Secar muestra de aceite y llevar al laboratorio	Secar muestra de aceite y llevar al laboratorio, cambiar de aceite	Secar muestra de aceite y llevar al laboratorio, cambiar de aceite
TANQUE DEL MEZCLADOR	Verificar tanque, tapas y visagras	Verificar tanque, tapas y visagras	Verificar tanque, tapas y visagras	Verificar tanque, tapas y visagras	Verificar tanque, tapas y visagras. Regular mezclador, ver manual	Verificar tanque, tapas y visagras. Regular mezclador, ver manual	Verificar tanque, tapas y visagras. Regular mezclador, ver manual
BRAZOS DE LAS ASPAS MEZCLADORAS (PALETAS)	Verificar Posición de brazos en eje.	Verificar Posición de brazos en eje.	Verificar Posición de brazos en eje. Verificar estado de desgaste de los brazos.	Verificar Posición de brazos en eje. Verificar estado de desgaste de los brazos. Cambiar si se requiere	Verificar Posición de brazos en eje. Verificar estado de desgaste de los brazos. Cambiar si se requiere	Verificar Posición de brazos en eje. Verificar estado de desgaste de los brazos. Cambiar si se requiere	Verificar Posición de brazos en eje. Verificar estado de desgaste de los brazos. Cambiar si se requiere
TAPA DE DESCARGA DE MEZCLA	verificar fugas de aceite en alrededores y manguera	verificar fugas de aceite en alrededores y manguera	verificar fugas de aceite en alrededores y manguera	verificar fugas de aceite en alrededores y manguera	verificar fugas de aceite en alrededores y manguera	verificar fugas de aceite en alrededores y manguera	verificar fugas de aceite en alrededores y manguera
REDUCTOR DE MOTOR ELECTRICO DE EJE DE ROTACIÓN	Verificar si existen fugas de aceite	Verificar si existen fugas de aceite	Verificar si existen fugas de aceite	Verificar si existen fugas de aceite	Secar muestra de aceite y llevar al laboratorio	Secar muestra de aceite y llevar al laboratorio, cambiar de aceite.	Secar muestra de aceite y llevar al laboratorio, cambiar de aceite.
FAJAS DE TRANSMISIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO:	Verificar estado y ajuste respectivo. Cambiar si requiere	Verificar estado y ajuste respectivo. Cambiar si requiere	Verificar estado y ajuste respectivo. Cambiar si requiere	Verificar estado y ajuste respectivo. Cambiar si requiere	Verificar estado y ajuste respectivo. Cambiar si requiere	Verificar estado y ajuste respectivo. Cambiar si requiere	Verificar estado y ajuste respectivo. Cambiar si requiere
ESCALERA DE ACCESO AL MEZCLADOR:	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura
PATAS DE APOYO DE LA PLANTA DOSIFICADORA	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura
TUBERÍAS, MANGUERAS Y CONEXIONES DEL SIST ALIMENTACIÓN DE AGUA	Inspeccionar estado, revisar abrazaderas	Inspeccionar estado, revisar abrazaderas	Inspeccionar estado, revisar abrazaderas	Inspeccionar estado, revisar abrazaderas	Inspeccionar estado, revisar abrazaderas	Inspeccionar estado, revisar abrazaderas	Inspeccionar estado, revisar abrazaderas
CARGUO DEL CEMENTO							
TOLVA DE CEMENTOS	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura, ajustar si requiere	Inspeccionar visualmente si hay abolladura, ajustar si requiere	Inspeccionar visualmente si hay abolladura, ajustar si requiere	Inspeccionar visualmente si hay abolladura, ajustar si requiere	Inspeccionar visualmente si hay abolladura, ajustar si requiere	Inspeccionar visualmente si hay abolladura, ajustar si requiere
REDUCTOR DE MOTOR ELÉCTRICO DEL GUSANO TRANSPORTADOR	Verificar si existen fugas de aceite	Verificar si existen fugas de aceite	Verificar si existen fugas de aceite	Revisar nivel de aceite, revisar si es necesario	Secar muestra de aceite y llevar al laboratorio	Secar muestra de aceite y llevar al laboratorio, cambiar de aceite.	Secar muestra de aceite y llevar al laboratorio, cambiar de aceite.
CILINDRO DE SINFIN DE CEMENTOS	Inspeccionar visualmente si hay abolladura o fisura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura o fisura, revisar pernos y abrazaderas, ajustar si requiere	Inspeccionar visualmente si hay abolladura o fisura, revisar pernos y abrazaderas, ajustar si requiere	Inspeccionar visualmente si hay abolladura o fisura, revisar pernos y abrazaderas, ajustar si requiere	Inspeccionar visualmente si hay abolladura o fisura, revisar pernos y abrazaderas, ajustar si requiere	Inspeccionar visualmente si hay abolladura o fisura, revisar pernos y abrazaderas, ajustar si requiere	Inspeccionar visualmente si hay abolladura o fisura, revisar pernos y abrazaderas, ajustar si requiere
SINFIN					Verificar Nivel de desgaste	Verificar Nivel de desgaste	Verificar Nivel de desgaste
MANGA DE LONA CON ABRAZADERA	Inspeccionar si existe rotura en la manga y/o abrazadera	Inspeccionar si existe rotura en la manga y/o abrazadera	Inspeccionar si existe rotura en la manga y/o abrazadera, revisar ajuste de pernos y abrazaderas	Inspeccionar si existe rotura en la manga y/o abrazadera, revisar ajuste de pernos y abrazaderas	Inspeccionar si existe rotura en la manga y/o la abrazadera	Inspeccionar si existe rotura en la manga y/o la abrazadera	Inspeccionar si existe rotura en la manga y/o la abrazadera

BRAZOS DE TRANSPORTE DE AGREGADOS							
REDUCTORES DE LOS MOTORES ELECTRICOS	Verificar si existen fugas de aceite	Verificar si existen fugas de aceite	Verificar si existen fugas de aceite	Revisar nivel de aceite, rellenar de ser necesario	Sacar muestra de aceite y llevar al laboratorio	Sacar muestra de aceite y llevar al laboratorio, cambiar de aceite.	Sacar muestra de aceite y llevar al laboratorio, cambiar de aceite.
CAJÓN DE PROTECCIÓN DE CADENA DE CANDILONES Y BRAZOS SOPORTES	Inspeccionar abolladuras, ajustar pernos si requiere	Inspeccionar abolladuras, ajustar pernos si requiere. Revisar pernos, ajustar si requiere	Inspeccionar abolladuras, ajustar pernos si requiere. Revisar pernos, ajustar si requiere	Inspeccionar abolladuras, ajustar pernos si requiere. Revisar pernos, ajustar si requiere	Inspeccionar abolladuras, ajustar pernos si requiere. Revisar pernos, ajustar si requiere	Inspeccionar abolladuras, ajustar pernos si requiere. Revisar pernos, ajustar si requiere	Inspeccionar abolladuras, ajustar pernos si requiere. Revisar pernos, ajustar si requiere
CADENA DE CANDILONES	Verificar correcta tensión. Ver proced. de ajuste manual	Verificar correcta tensión. Ver proced. de ajuste manual	Verificar correcta tensión. Ver proced. de ajuste en manual	Verificar correcta tensión. Ver proced. de ajuste en manual	Verificar correcta tensión. Ver proced. de ajuste en manual	Verificar correcta tensión. Ver proced. de ajuste en manual	Verificar correcta tensión. Ver proced. de ajuste en manual
CANGILONES	Verificar pernos correctamente apretados. Ajustar si requiere	Verificar ajuste de pernos, controlar presión de agresión de los cangilones sobre Inertes(arena 20-40 bar; Grava: 40-50 bar)	Verificar ajuste de pernos, controlar presión de agresión de los cangilones sobre Inertes(arena 20-40 bar; Grava: 40-50 bar)	Verificar ajuste de pernos, controlar presión de agresión de los cangilones sobre Inertes(arena 20-40 bar; Grava: 40-50 bar)	Verificar ajuste de pernos, controlar presión de agresión de los cangilones sobre Inertes(arena 20-40 bar; Grava: 40-50 bar)	Verificar ajuste de pernos, controlar presión de agresión de los cangilones sobre Inertes(arena 20-40 bar; Grava: 40-50 bar)	Verificar ajuste de pernos, controlar presión de agresión de los cangilones sobre Inertes(arena 20-40 bar; Grava: 40-50 bar)
GUARDAS DE POLEA DE CADENA DE CANDILONES	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura	Inspeccionar visualmente si hay abolladura
SISTEMA HIDRÁULICO							
TANQUE DE ACEITE HIDRÁULICO	Sacar Muestra de aceite. Enviar a laboratorio	Sacar Muestra de aceite. Enviar a laboratorio	Sacar Muestra de aceite. Enviar a laboratorio	Sacar Muestra de aceite. Enviar a laboratorio	Sacar Muestra de aceite. Enviar a laboratorio	Sacar Muestra de aceite. Enviar a laboratorio, cambiar si requiere.	Sacar Muestra de aceite. Enviar a laboratorio, cambiar si requiere.
FILTRO					Desmontar filtro y limpiar. Cambiar si requiere	Desmontar filtro y limpiar. Cambiar si requiere	Desmontar filtro y limpiar. Cambiar si requiere
MANGUERAS HIDRÁULICAS	Revisar si hay fugas o daños a las mangueras conexiones	Revisar si hay fugas o daños a las mangueras conexiones	Revisar si hay fugas o daños a las mangueras conexiones	Revisar si hay fugas o daños a las mangueras conexiones	Revisar si hay fugas o daños a las mangueras conexiones	Revisar si hay fugas o daños a las mangueras conexiones	Revisar si hay fugas o daños a las mangueras conexiones
SISTEMA DE PESAJE							
CELIDAS DE PESAJE	Si existe algún elemento dañado, cambiarlo (elementos fijo y deslizable como pines, horquillas, etc)	Si existe algún elemento dañado, cambiarlo (elementos fijo y deslizable como pines, horquillas, etc)	Si existe algún elemento dañado, cambiarlo (elementos fijo y deslizable como pines, horquillas, etc)	Si existe algún elemento dañado, cambiarlo (elementos fijo y deslizable como pines, horquillas, etc)	Si existe algún elemento dañado, cambiarlo (elementos fijo y deslizable como pines, horquillas, etc)	Si existe algún elemento dañado, cambiarlo (elementos fijo y deslizable como pines, horquillas, etc)	Si existe algún elemento dañado, cambiarlo (elementos fijo y deslizable como pines, horquillas, etc)
SISTEMA ELECTRICO							
CABLES ELÉCTRICOS DE ALIMENTACIÓN	Revisar el estado de los cables alimentan motores electricos y tablero	Revisar el estado de los cables alimentan motores electricos y tablero	Revisar el estado de los cables alimentan motores electricos y tablero	Revisar el estado de los cables alimentan motores electricos y tablero	Revisar el estado de los cables alimentan motores electricos y tablero	Revisar el estado de los cables alimentan motores electricos y tablero	Revisar el estado de los cables alimentan motores electricos y tablero
MOTORES ELÉCTRICOS			Limpiar con aire comprimido parte externa e interna de los motores eléctricos	Limpiar con aire comprimido parte externa e interna de los motores eléctricos	Limpiar con aire comprimido parte externa e interna de los motores eléctricos	Limpiar con aire comprimido parte externa e interna de los motores eléctricos. Verificar continuidad de bobinas, medir desgaste e insuficiencia de capa de barniz.	Limpiar con aire comprimido parte externa e interna de los motores eléctricos. Verificar continuidad de bobinas, medir desgaste e insuficiencia de capa de barniz. Pulverizar al motor con disolvente eléctrico 55-25
TABLEROS DE CONTROL	Revisar estado de suciedad de tablero. Limpiar con aire comprimido si es necesario		revisar conexiones, revisar suciedad, limpiar de ser necesario. Revisar presencia de puntos de quemadura en los contactos.	revisar conexiones, revisar suciedad, limpiar de ser necesario. Revisar presencia de puntos de quemadura en los contactos.	revisar conexiones, revisar suciedad, limpiar de ser necesario. Revisar presencia de puntos de quemadura en los contactos.	revisar conexiones, revisar suciedad, limpiar de ser necesario. Revisar presencia de puntos de quemadura en los contactos.	revisar conexiones, revisar suciedad, limpiar de ser necesario. Revisar presencia de puntos de quemadura en los contactos.
LUBRICACIÓN							
LUBRICACIÓN	Lubricar todas las chumaceras, poleas y articulaciones en general		Lubricar todas las chumaceras, poleas y articulaciones en general.	Lubricar todas las chumaceras, poleas y articulaciones en general.	Lubricar todas las chumaceras, poleas y articulaciones en general.	Lubricar todas las chumaceras, poleas y articulaciones en general.	Lubricar todas las chumaceras, poleas y articulaciones en general.

# ANEXO

## CAPITULO IV

### Anexo 4.3.- Estudio de tiempos: Fabricación de concreto

CUADRILLA 1 eq y 1 oper.

HORA DE INICIO: 03:45 p.m.

HORA DE FIN:

04:00 p.m.

FECHA: 14/06/10

No de Mediciones	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15	
TP: TRABAJO PRODUCTIVO	op	eq																												
batido de mezcla (BM)																														
Descarga de concreto premezclado (DC)																														
pase de balanza a Cuba (BC)																														
aplique de agua (AA)																														
Vaciado de Aditivo (AD)																														
TC: TRABAJO CONTRIBUTIVO																														
Preparación de Aditivo (PA)																														
Carguo de arena (CA)											1																			
Carguo de piedra (CP)												1																		
Abastecimiento de Cemento (AC)													1																	
Acomode de brazos raspantes (AB)													1	1	1	1						1	1	1						
TNC: TRABAJO NO CONTRIBUTIVO																														
Ir al baño (BA)																			1	1										
Esperas (ES)		1		1		1		1		1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Limpiar terreno (LT)																														
caminar con las manos vacias (MV)	1		1		1		1		1																					

	OPERARIO	
TP	1	3.33
TC	11	36.67
TNC	15	50.00
TOTAL	30	100.00



## Anexo 4.4.- Estudio de tiempos: Colocación del concreto

HORA DE INICIO: 13:00 pm  
DIA: 23/06/2010

HORA DE TERMINO: 14:00 pm  
FRECUENCIA: 60 seg

#obs	TP			TC			TNC				Trabaj.	Observaciones	
	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L			
1			1									alb 1	
			1									alb 2	
					1							alb 3	
	1											ayud 1	
						1						enc 2	
	1											enc 4	
2			1									alb 1	
			1									alb 2	
									1			alb 3	
									1			ayud 1	
					1							enc 2	
									1			enc 4	
3			1									alb 1	
			1									alb 2	
			1									alb 3	
												ayud 1	
					1							enc 2	
	1											enc 4	
4			1									alb 1	
			1									alb 2	
					1							alb 3	
	1											ayud 1	
						1						enc 2	
		1										enc 4	
5			1									alb 1	
			1									alb 2	
			1									alb 3	
									1			ayud 1	
											1	enc 2	
									1			enc 4	
6			1									alb 1	
			1									alb 2	
			1									alb 3	
					1							ayud 1	
											1	enc 2	
	1											enc 4	
7			1									alb 1	
			1									alb 2	
					1							alb 3	
									1			ayud 1	
									1			enc 2	
									1			enc 4	
8					1							alb 1	
			1									alb 2	
					1							alb 3	
									1			ayud 1	
						1						enc 2	
									1			enc 4	



#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones
19			1								alb 1	
			1								alb 2	
			1								alb 3	
		1									ayud 1	
										1	enc 2	
						1					enc 4	
20			1								alb 1	
			1								alb 2	
					1						alb 3	
		1									ayud 1	
				1							enc 2	
								1			enc 4	
21			1								alb 1	
			1								alb 2	
			1								alb 3	
							1				ayud 1	
				1							enc 2	
						1					enc 4	
22			1								alb 1	
			1								alb 2	
							1				alb 3	
				1							ayud 1	
									1		enc 2	
						1					enc 4	
23			1								alb 1	
			1								alb 2	
			1								alb 3	
				1							ayud 1	
							1				enc 2	
						1					enc 4	
24			1								alb 1	
			1								alb 2	
			1								alb 3	
							1				ayud 1	
					1						enc 2	
						1					enc 4	
25							1				alb 1	
				1							alb 2	
					1						alb 3	
							1				ayud 1	
									1		enc 2	
								1			enc 4	
26			1								alb 1	
				1							alb 2	
										1	alb 3	
										1	ayud 1	
							1				enc 2	
											enc 4	
27			1								alb 1	
							1				alb 2	
							1				alb 3	
							1				ayud 1	
				1							enc 2	
											enc 4	
28			1								alb 1	
				1							alb 2	
							1				alb 3	
				1							ayud 1	

#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones
29						1					enc 2	
											enc 4	
				1						1	alb 1	
					1						alb 2	
						1					alb 3	
30											ayud 1	
											enc 2	
										1	enc 4	
				1							alb 1	
					1						alb 2	
31											alb 3	
										1	ayud 1	
		1									enc 2	
											enc 4	
										1	alb 1	
32											alb 2	
											alb 3	
											ayud 1	
										1	enc 2	
											enc 4	
33											alb 1	
											alb 2	
											alb 3	
										1	ayud 1	
										1	enc 2	
34											enc 4	
											alb 1	
											alb 2	
											alb 3	
											ayud 1	
35											enc 2	
											enc 4	
											alb 1	
											alb 2	
											alb 3	
36											ayud 1	
											enc 2	
											enc 4	
											alb 1	
											alb 2	
37											alb 3	
											ayud 1	
										1	enc 2	
											enc 4	
											alb 1	
38											alb 2	
											alb 3	
										1		

						1					1	ayud 1	
												enc 2	
												enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
39		1										alb 1	
			1									alb 2	
										1		alb 3	
									1			ayud 1	
												enc 2	
		1										enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
40		1										alb 1	
			1									alb 2	
										1		alb 3	
									1			ayud 1	
												enc 2	
		1										enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
41			1									alb 1	
			1									alb 2	
				1								alb 3	
						1						ayud 1	
												enc 2	
				1								enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
42		1										alb 1	
											1	alb 2	
										1		alb 3	
												ayud 1	
												enc 2	
		1										enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
43			1									alb 1	
			1									alb 2	
			1									alb 3	
										1		ayud 1	
												enc 2	
		1										enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
44			1									alb 1	
			1									alb 2	
										1		alb 3	
						1					1	ayud 1	
												enc 2	
		1										enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
45			1									alb 1	
											1	alb 2	
			1									alb 3	
										1		ayud 1	
												enc 2	
				1								enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
46			1									alb 1	
			1									alb 2	
										1		alb 3	
											1	ayud 1	
												enc 2	
				1								enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
47			1									alb 1	
			1									alb 2	
				1								alb 3	
											1	ayud 1	
												enc 2	
				1								enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
			1									alb 1	
			1									alb 2	

48			1								1	alb 3	
												ayud 1	
												enc 2	
		1										enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
49				1								alb 1	
			1									alb 2	
				1								alb 3	
									1			ayud 1	
						1						enc 2	
		1										enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
50			1									alb 1	
				1								alb 2	
				1								alb 3	
									1			ayud 1	
						1						enc 2	
		1										enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
51			1									alb 1	
			1									alb 2	
			1									alb 3	
									1			ayud 1	
						1						enc 2	
				1								enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
52			1									alb 1	
				1								alb 2	
					1							alb 3	
									1			ayud 1	
						1						enc 2	
				1								enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
53				1								alb 1	
								1				alb 2	
					1							alb 3	
											1	ayud 1	
			1								1	enc 2	
												enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
54			1									alb 1	
								1				alb 2	
					1							alb 3	
							1					ayud 1	
											1	enc 2	
				1								enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
55				1								alb 1	
				1								alb 2	
					1							alb 3	
							1					ayud 1	
										1		enc 2	
		1										enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
56				1								alb 1	
			1									alb 2	
					1							alb 3	
									1			ayud 1	
						1						enc 2	
				1								enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
57			1									alb 1	
			1									alb 2	
				1								alb 3	
							1					ayud 1	
										1		enc 2	
		1										enc 4	
#obs	VC	Vib	Niv	Tc	Med	Ind	V	E	Desc	L	Trabaj.	Observaciones	
			1									alb 1	

58			1									alb 2	
					1							alb 3	
				1								ayud 1	
										1		enc 2	
		1										enc 4	
<b>#obs</b>	<b>VC</b>	<b>Vib</b>	<b>Niv</b>	<b>Tc</b>	<b>Med</b>	<b>Ind</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>Desc</b>	<b>L</b>	<b>Trabaj.</b>	<b>Observaciones</b>	
59			1									alb 1	
			1									alb 2	
			1									alb 3	
									1			ayud 1	
					1							enc 2	
				1							enc 4		
<b>#obs</b>	<b>VC</b>	<b>Vib</b>	<b>Niv</b>	<b>Tc</b>	<b>Med</b>	<b>Ind</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>Desc</b>	<b>L</b>	<b>Trabaj.</b>	<b>Observaciones</b>	
60			1									alb 1	
			1									alb 2	
					1							alb 3	
							1					ayud 1	
											1	enc 2	
				1							enc 4		
144			103			110							
357													
40.34			28.85			30.81							

### Anexo 4.5.- Estudio de tiempos: Encofrado y Colocación de acero

HORA DE INICIO: 09:15 a.m.  
DIA: 25/06/2010

HORA DE TÉRMINO: 10:15 a.m.  
FRECUENCIA: 60 seg

#obs	TP					TC					TNC					Trabaj.	Observaciones			
	AE	CM	Pin	Taco	Aym	Le	Var	Desm	Tras	Med	Ind	V	Desc	Oc	E			L	ShP	
1							1												ab 1	
								1							1				ab 2	
									1										ab 3	
																1			ab 4	
																			ayud 1	Ayudante carg. Cemento
2							1												ab 1	
								1							1				ab 2	
									1										ab 3	
																1			ab 4	
																			ayud 1	
3							1												ab 1	
								1											ab 2	
									1										ab 3	
																1			ab 4	
																			ayud 1	
4							1						1						ab 1	
								1											ab 2	
									1										ab 3	
																1			ab 4	
																			ayud 1	
5							1												ab 1	
								1					1						ab 2	
									1					1					ab 3	
																1			ab 4	
																			ayud 1	
6								1					1						ab 1	
									1										ab 2	
																			ab 3	
																			ab 4	
																			ayud 1	
7							1												ab 1	
								1											ab 2	
									1										ab 3	
																			ab 4	
																			ayud 1	se unio alfonso
8							1												ab 1	
								1											ab 2	
									1										ab 3	
																			ab 4	
																			ayud 1	
9							1												ab 1	
								1											ab 2	
									1										ab 3	
																			ab 4	
																			ayud 1	
10							1												ab 1	
								1											ab 2	
									1										ab 3	
																			ab 4	
																			ayud 1	
11							1												ab 1	
								1							1				ab 2	
									1										ab 3	
																			ab 4	
																			ayud 1	
#obs	AE	CM	Pin	Taco	Aym	Le	Var	Desm	Tras	Med	Ind	V	Desc	Oc	E	L	ShP	Trabaj.	Observaciones	
1																			ab 1	



#obs	AE	CM	Pin	Taco	Aym	Le	Var	Desm	Tras	Med	Ind	V	Desc	Oc	E	L	SnP	Trabaj.	Observaciones
25	1																		ab 1
				1															ab 2
						1													ab 3
							1												ab 4
															1				ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
26	1																		ab 1
				1															ab 2
						1													ab 3
							1												ab 4
														1					ayud 1
															1			enc 1	
																			enc 4
27	1																		ab 1
							1												ab 2
								1											ab 3
									1										ab 4
																			ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
28	1																		ab 1
				1															ab 2
						1													ab 3
							1												ab 4
														1					ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
29	1																		ab 1
							1												ab 2
								1											ab 3
									1										ab 4
																			ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
30	1																		ab 1
				1															ab 2
						1													ab 3
							1												ab 4
														1					ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
31	1																		ab 1
							1												ab 2
								1											ab 3
									1										ab 4
																			ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
32	1																		ab 1
																			ab 2
																			ab 3
																			ab 4
																			ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
33	1																		ab 1
																			ab 2
																			ab 3
																			ab 4
																			ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
34	1																		ab 1
																			ab 2
																			ab 3
																			ab 4
																			ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
35	1																		ab 1
																			ab 2
																			ab 3
																			ab 4
																			ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
36	1																		ab 1
																			ab 2
																			ab 3
																			ab 4
																			ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
37	1																		ab 1
																			ab 2
																			ab 3
																			ab 4
																			ayud 1

#obs	AE	CM	Pln	Taco	Aym	Le	Var	Desm	Tras	Med	Ind	V	Desc	Oc	E	L	SnP	Trabaj.	Observaciones
38	1				1													ab 1	
				1														ab 2	
						1												ab 3	
								1										ab 4	
	1																	ayud 1	
39	1				1													ab 1	
				1														ab 2	
																		ab 3	
															1			ab 4	esperas por grua que no deja tr
	1															1		ayud 1	
40	1				1													ab 1	
	1			1														ab 2	
																		ab 3	
																		ab 4	
	1																	ayud 1	
41	1				1													ab 1	
																		ab 2	
																		ab 3	
																		ab 4	
	1																	ayud 1	
42	1				1													ab 1	
				1														ab 2	
							1											ab 3	
																		ab 4	
	1																	ayud 1	
43	1				1													ab 1	
				1														ab 2	
																		ab 3	
																		ab 4	
	1																	ayud 1	
44	1				1													ab 1	
																		ab 2	
																		ab 3	
																		ab 4	
	1																	ayud 1	
45	1				1													ab 1	
																		ab 2	
																		ab 3	
																		ab 4	
	1																	ayud 1	
46	1				1													ab 1	
				1														ab 2	se fue a otro frente salinas
																		ab 3	
																		ab 4	
	1																	ayud 1	
47	1				1													ab 1	
				1														ab 2	
																		ab 3	
																		ab 4	
	1																	ayud 1	
48	1				1													ab 1	
																		ab 2	
																		ab 3	
																		ab 4	
	1																	ayud 1	
49	1				1													ab 1	
																		ab 2	
																		ab 3	
																		ab 4	
	1																	ayud 1	
50	1				1													ab 1	
																		ab 2	
																		ab 3	

#obs	AE	CM	Pln	Taco	Aym	Le	Var	Desm	Tras	Med	Ind	V	Deac	Oc	E	L	SinP	Trabaj.	Observaciones
50								1											db 4
								1											ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
51																			db 1
																			db 2
																			db 3
																			db 4
																			ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
52																			db 1
																			db 2
																			db 3
																			db 4
																			ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
53																			db 1
																			db 2
																			db 3
																			db 4
																			ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
54																			db 1
																			db 2
																			db 3
																			db 4
																			ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
55																			db 1
																			db 2
																			db 3
																			db 4
																			ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
56																			db 1
																			db 2
																			db 3
																			db 4
																			ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
57																			db 1
																			db 2
																			db 3
																			db 4
																			ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
58																			db 1
																			db 2
																			db 3
																			db 4
																			ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
59																			db 1
																			db 2
																			db 3
																			db 4
																			ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
60																			db 1
																			db 2
																			db 3
																			db 4
																			ayud 1
																			enc 1
																			enc 4
																	142	165	87
																	394		
																	36.04	41.88	22.08

## Costo de Producción del m<sup>3</sup> de concreto de 350 Kg/cm<sup>2</sup> con Mini planta concretera (S/.)

Obra: Tunel Santa Rosa  
Partida: Producción de Concreto  
Frente: Elaboración de Prefabricado  
Diseño de Concreto : 350 Kg/cm<sup>2</sup>

PE Piedra	2780 Kg/m <sup>3</sup>	PE Arena	2680 Kg/m <sup>3</sup>
-----------	------------------------	----------	------------------------

Precios en Soles (S/.)						
MATERIAL (1)	m <sup>3</sup>	lt	kg	bolsa	galon	Proveedor
cemento			0.40	16.8		LA VIGA - Cemento SOL
Piedra 67	47.6		0.0171			FRTH - Cantera La Gloria
arena	46.4		0.0173			UNICON - Cantera Jicamarca
Aditivo		3.69			13.9	QUIMICA SUIZA - EUCO
Agua (con alquiler de bomba)		0.008				

costo por m<sup>3</sup>:  
**208.18 S/.**

Precios en Soles (S/.)			
EQUIPO (2)	Posesión	Mantto	Cost. x Hora
Planta Picdnl	12.21	6.45	18.66
Bod Cat	9.17	5.33	14.5
<b>total=</b>			<b>92.1848</b>

costo p Hora producida:

**92.1848 S/.**

Precios en Soles (S/.)					
MANO DE OBRA (3)	Jorn. Básico	Desc. Sem.	BUC	Bonif. Movil	Cost. x Hora
Operador de Planta	244.8	40.8	78.34	43.2	8.48
Operador Bod Cat	244.8	40.8	78.34	43.2	8.48
Ayudante 1	193.8	32.3	58.14	43.2	6.82
<b>total</b>					<b>23.79</b>

costo p Hora trabajo:

**23.79 S/.**

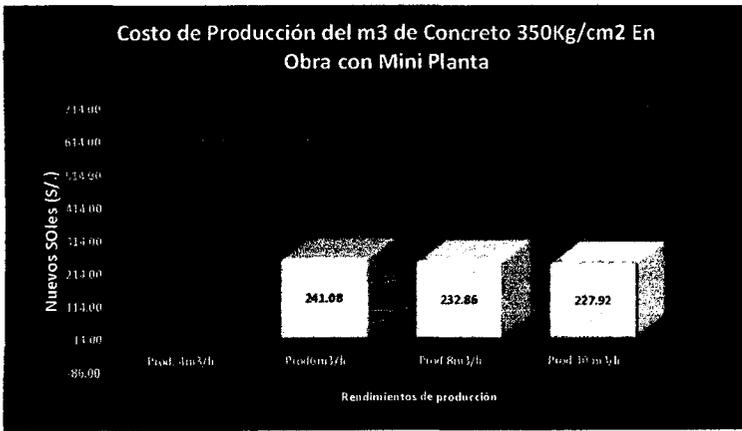
ENERGÍA (4)			
	Und.	PU (\$)	PU (S/.)
Alquiler de Grupo electrógeno 500 kw-440 V	mes	10054	8385.04
Compra de Petroleo	galon	12.53	34.84

costo por hora (consid.6h al día)

**81.42 S/.**

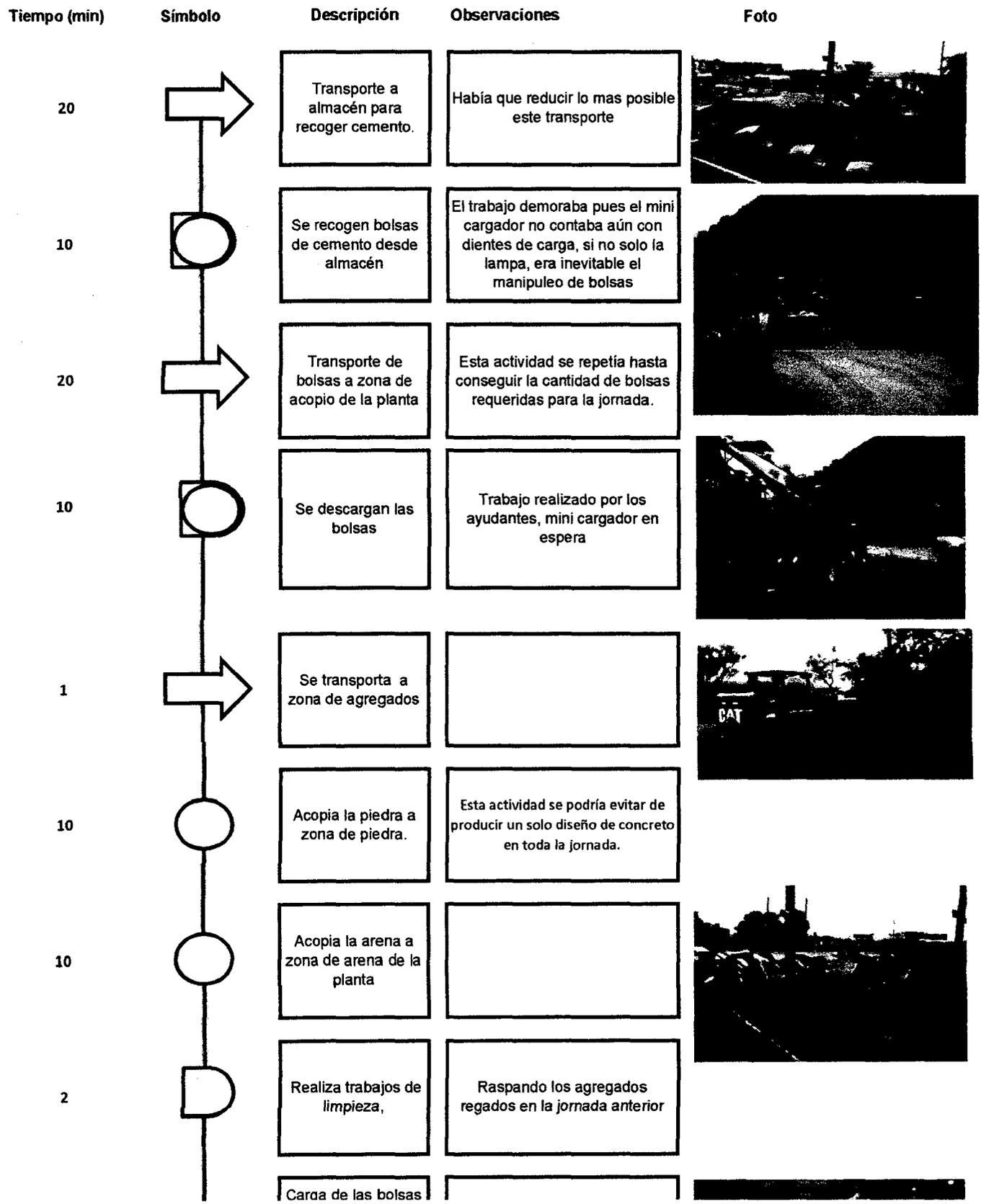
Costo de Producción de:	Prod. 4m <sup>3</sup> /h	Prod6m <sup>3</sup> /h	Prod 8m <sup>3</sup> /h	Prod 10 m <sup>3</sup> /h
1 m <sup>3</sup>	257.53	241.08	232.86	227.92
7 m <sup>3</sup>	1802.72	1687.57	1630.00	1595.45
10m <sup>3</sup>	2575.31	2410.82	2328.57	2279.22

- (1) De Cotizaciones solicitadas en Almacén de obra  
(2) De Central de Equipos de obra  
(3) De Sistema de Mano de obra  
(4) De Oficina Técnica de obra

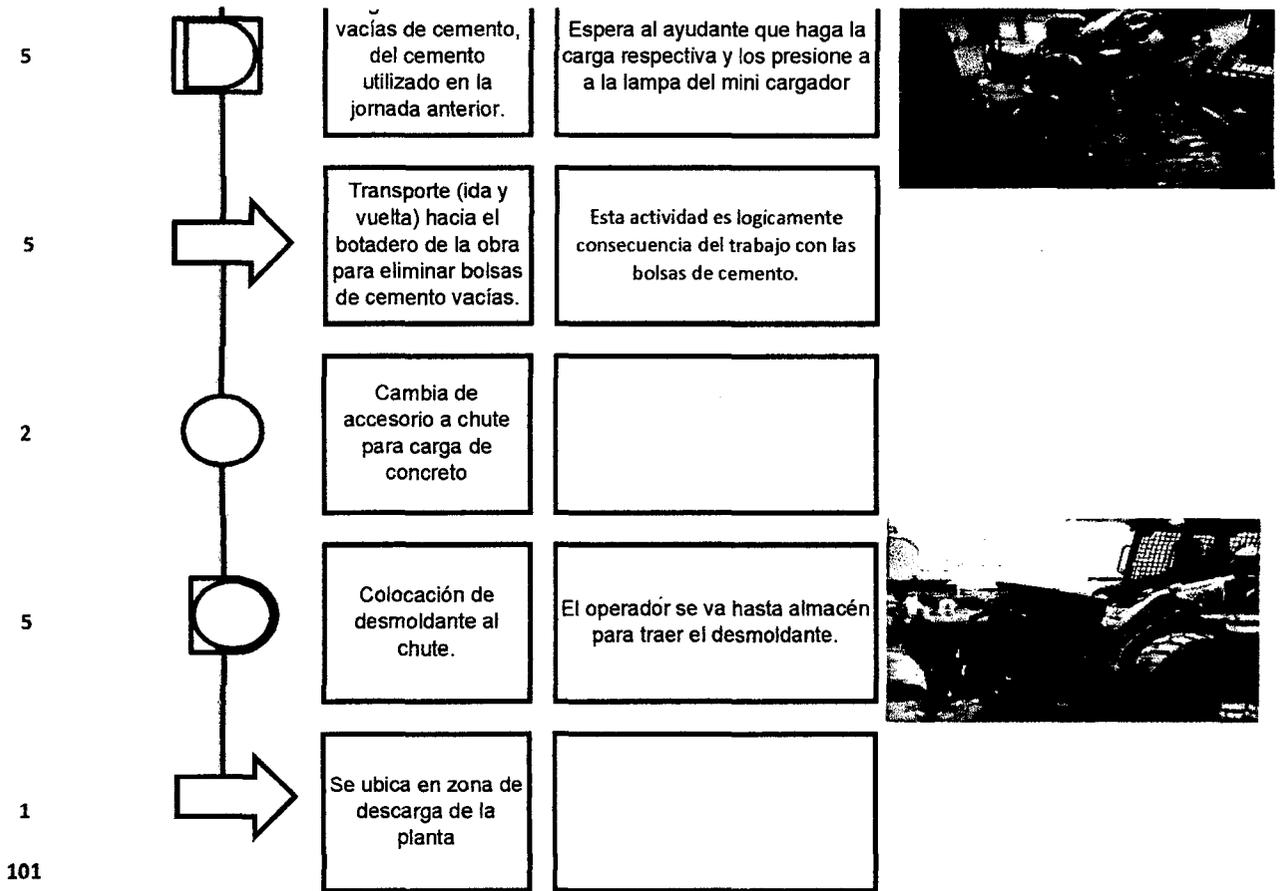


Número de Operaciones	6
Número de Inspecciones	1
Número de Transportes	5
Número de Demoras	5

**ANEXO 4.7.- Diagrama de Procesos: Acopio de materiales para la planta con el Mini-cargador**



Anexo 4.7.- Diagrama de procesos\_Acopio de materiales para mini planta con el minicargador



# ANEXO

# CAPITULO V

### Anexo 5.1.- Control de consumo de cemento por bolsas en el mes de Junio

Fecha: 01 al 30 de Junio - 2010  
 Partida: Elaboración de prefabricados

Fecha	tandas prod.	m3	Utilizado		teórico		diferencia	Diseño	Pérdidas			
			kg.	bolsas	kg.	Bolsas			Bol./Tanda	Bolsas al día	Bls/m3	%inc.
Mar 01-06-10	74	24.42	11602.5	272	11561.40	272.03	0.97	2	0.01	0.97	0.04	0.36
Mie 02-06-10	74	24.42	11432.5	269	11561.40	272.03	-3.03	2	-0.04	-3.03	-0.12	-1.11
Jue 03-06-10	72	23.76	11390.0	268	11248.93	264.68	3.32	2	0.05	3.32	0.14	1.25
Vie 04-06-10	65	21.45	10327.5	243	10155.29	238.95	4.05	2	0.06	4.05	0.19	1.70
Sab 05-06-10	62	20.46	9817.5	231	9686.58	227.92	3.08	2	0.05	3.08	0.15	1.35
Lun 07-06-10	58	19.14	9392.5	221	9061.64	213.22	7.78	2	0.13	7.78	0.41	3.65
mar 08-06-10	70	23.1	11050.0	260	10936.46	257.33	2.67	2	0.04	2.67	0.12	1.04
Mie 09-06-10	56	18.48	8925.0	210	8749.17	205.86	4.14	2	0.07	4.14	0.22	2.01
Jue 10-06-10	55	18.15	8925.0	210	8592.94	202.19	7.81	2	0.14	7.81	0.43	3.86
Vie 11-06-10	55	18.15	8712.5	205	8592.94	202.19	2.81	2	0.05	2.81	0.16	1.39
Sab 12-06-10	56	18.48	7862.5	185	7992.42	188.06	-3.06	2	-0.05	-3.06	-0.17	-1.63
Lun 14-06-10	56	18.48	8075.0	190	7992.42	188.06	1.94	3	0.03	1.94	0.11	1.03
mar 15-06-10	57	18.81	8287.5	195	8135.14	191.41	3.59	3	0.06	3.59	0.19	1.87
Mie 16-06-10	60	19.8	8712.5	205	8563.30	201.49	3.51	3	0.06	3.51	0.18	1.74
Jue 17-06-10	61	20.13	8797.5	207	8706.02	204.85	2.15	3	0.04	2.15	0.11	1.05
Vie 18-06-10	63	20.79	8925.0	210	8991.47	211.56	-1.56	3	-0.02	-1.56	-0.08	-0.74
Sab 19-06-10	70	23.1	10030.0	236	9990.52	235.07	0.93	3	0.01	0.93	0.04	0.40
Lun 21-06-10	71	23.43	10285.0	242	10133.24	238.43	3.57	3	0.05	3.57	0.15	1.50
Mar 22-06-10	57	18.81	8202.5	193	8135.14	191.41	1.59	3	0.03	1.59	0.08	0.83
Mie 23-06-10	57	18.81	8160.0	192	8135.14	191.41	0.59	3	0.01	0.59	0.03	0.31
Jue 24-06-10	58	19.14	8415.0	198	8277.86	194.77	3.23	3	0.06	3.23	0.17	1.66
vie 25-06-10	70	23.1	10200.0	240	9990.52	235.07	4.93	3	0.07	4.93	0.21	2.10
sab 26-06-10	71	23.43	10200.0	240	10133.24	238.43	1.57	3	0.02	1.57	0.07	0.66
Lun 28-06-10	60	19.8	8627.5	203	8563.30	201.49	1.51	3	0.03	1.51	0.08	0.75
Mar 29-06-10	71	23.43	10242.5	241	10133.24	238.43	2.57	3	0.04	2.57	0.11	1.08
Mie 30-06-10	70	23.1	10242.5	241	9990.52	235.07	5.93	3	0.08	5.93	0.26	2.52

Ratios de pérdida Promedio

bol/m3 = 0.13

% incidencia = 1.45

# Incidencia del desperdicio en el consumo del Cemento (%)

