

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



**“GERENCIA DE PROYECTOS:  
CASO AMPLIACIÓN DE LA PLATAFORMA DE  
LIXIVIACIÓN DE YANACocha ETAPA 6”**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**TOMO I**

**JOSÉ LUIS PANDO QUEVEDO**

**LIMA - PERÚ  
2005**

## INDICE

### TOMO I

<b>Introducción .....</b>	<b>6</b>
<b>Capítulo 1: Marco Conceptual .....</b>	<b>8</b>
1.1 La Gerencia de Proyectos.....	8
1.1.1 Definiciones.....	8
1.1.2 Alcances.....	12
1.1.3 Objetivos.....	14
1.1.4 Estructuración.....	15
1.1.5 Modelos.....	18
1.1.5.1 Project Management Institute.....	18
El cuerpo del conocimiento para la gerencia de proyectos.....	19
Áreas de aplicación del conocimiento, estándares y regulaciones.....	20
Entendimiento del contexto del proyecto.....	20
Conocimiento y habilidades de la gerencia general.....	22
Habilidades interpersonales .....	22
1.1.5.2 Lean Construction Institute.....	27
El Control de Producción denominado “Sistema del Último Planificador” .....	30
Control de la Unidad de Producción.....	33
Control del Flujo de Trabajo.....	36
Análisis de Restricciones.....	37
Mecanismos de Jale.....	38
Igualar carga y capacidad.....	40
Principios del LCI.....	42
Crítica a la teoría del PMI realizada por el LCI.....	44

1.2 Situación actual de la Construcción en el Perú.....	54
<b>Capítulo 2: Caso Yanacocha.....</b>	<b>60</b>
2.1 Proceso de Lixiviación.....	60
2.2 Descripción y alcances del Proyecto:	
“Ampliación del Pad de Yanacocha Etapa 6” .....	64
2.2.1 Descripción.....	64
2.2.2 Alcances.....	65
2.3 Procesos Constructivos.....	74
Principios del LCI.....	74
Implementación de los Procesos Constructivos.....	79
2.3.1 Excavaciones y Sub-drenajes.....	79
2.3.2 Rellenos y Fundaciones.....	81
2.3.3 Suelo de Revestimiento y Geosintéticos.....	83
2.3.4 Capa de Protección, Tuberías de Colección, Capa de Drenaje y Tuberías de Solución.....	88
Herramientas del LCI utilizadas en la ejecución del proyecto.....	92
2.4 Gerencia de Proyectos.....	98
<b>Capítulo 3: Modelo de Gerencia del Proyecto Propuesto.....</b>	<b>106</b>
3.1 Planeamiento, implementación, control y mejora continua.....	108
3.2 Manejo Contractual (seguridad, medio ambiente, aspecto social).....	110
<b>Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>112</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>114</b>

## **TOMO II**

### **Anexos**

Anexo 1. Presupuesto

Anexo 2. Organigrama

Anexo 3. Cronograma General de Obra

Anexo 4. Control de la Curva S

Anexo 5. Cronograma Valorizado

Anexo 6. Flujo de Caja – Previsto vs Real

Anexo 7. Informes de Productividad

Anexo 8. Especificaciones Técnicas

Anexo 9. Planos

Anexo 10. Fotografías

## INTRODUCCIÓN

En un mundo, en el cual, el manejo y la administración de un proyecto exige una mayor atención y un mayor análisis para encontrar la solución a las necesidades de los clientes o los componentes de un sistema de producción de manera cada vez más rápida y eficiente, resulta indispensable la elaboración de un modelo de gerencia de proyectos que permita aprovechar aquellas ventajas y oportunidades que ofrece el desarrollo del mismo. Como resultado de esto, el liderazgo de la gerencia de proyecto y la habilidad de su manejo son sumamente deseables para que el desarrollo de nuevos proyectos sea completado a tiempo, dentro del presupuesto y con la calidad deseada.

El modelo de gerencia de proyectos propuesto en esta investigación busca identificar los procesos que permitan la dinámica de la ejecución de un proyecto, encontrar los aciertos y desaciertos de éstos, y asegurar el éxito de los mismos.

La investigación acerca de la gerencia de proyectos nace con las interrogantes que surgieron durante la ejecución de un gran proyecto en el cual el autor participó. Saber del cómo y de qué manera se debe llevar a cabo un proyecto teniendo como base: los modelos de gerencia de proyecto, las exigencias del cliente y la experiencia obtenida de aquellos que participaron en la ejecución de diversos proyectos a través de los años.

En el primer capítulo, se desarrolla el marco conceptual, que servirá de soporte a la presente investigación, dando a conocer dos de los principales modelos de gerencia de proyectos utilizados en el mundo, los que constituyen las bases de nuestro modelo propuesto.

En el capítulo siguiente, se expone un caso real de aplicación de gerencia de proyectos en la construcción de un proyecto de inversión. Allí se indica la descripción y alcance del mismo, procesos constructivos, lecciones aprendidas: lo que se hizo bien, lo que se hizo mal y lo que se pudo haber hecho mejor.

En el último capítulo se desarrolla el modelo para la gerencia de proyectos, basado en los dos modelos anteriores y en la experiencia obtenida en el caso de aplicación.

Finalmente, se presenta una breve discusión de los resultados, el aporte de la investigación y las principales conclusiones a las que se llegan.

Las limitaciones del presente informe constituyen el análisis de un solo caso de aplicación de gerencia de proyectos y en una de las etapas de un proyecto de inversión; pero esto no desmerece el pretender abrir nuevas perspectivas acerca del tema que sirva de base para investigaciones futuras.

## Capítulo 1: Marco Conceptual

### 1.1 La Gerencia de Proyectos

#### 1.1.1 Definiciones

Hoy en día, existen una diversidad de modelos de gerencia de proyectos, que describir cada uno de ellos tomaría una cantidad infinita de páginas, lo cual no forma parte del objetivo del presente documento. Es por ello, que se ha visto conveniente partir de dos de estos modelos, los cuales son reconocidos y practicados a nivel mundial.

El Instituto de Gerencia de Proyectos (*Project Management Institute - PMI*), una de las innumerables entidades dedicada exclusivamente a la gerencia de proyectos, define a un proyecto como un esfuerzo temporario emprendido para lograr un único objetivo en particular, donde la administración o la gerencia de proyectos puede ser aplicada sin importar la magnitud, el presupuesto o el tiempo de ejecución.

A su vez, el Instituto de la Construcción Lean (*Lean Construction Institute - LCI*), define a los proyectos como sistemas temporales de producción, los cuales son estructurados de manera tal que dan un máximo valor al producto o servicio minimizando los “desperdicios” durante la producción.

Se puede definir a un proyecto de inversión como el conjunto de actividades y tareas<sup>1</sup> que tienen un objetivo específico, realizado bajo ciertas especificaciones y tiene lugar en un medio físico determinado. Un proyecto de inversión está provisto de un tiempo

---

<sup>1</sup> *Actividad.* Conjunto de operaciones o tareas propias de una persona o conjunto de personas.  
*Tarea.* Trabajo que debe realizarse en un tiempo limitado.

definido, un presupuesto, determinados recursos y es liderado por un conjunto multidisciplinario de profesionales.

Un proyecto nace con una idea, enfocada a satisfacer necesidades diversas, luego, esta idea es evaluada con la finalidad de determinar si el proyecto es viable técnica y económicamente para que, posteriormente el grupo involucrado decida invertir o no, llevando a la implementación del mismo para finalmente ponerlo en marcha. Dicho en otras palabras, un proyecto de inversión está constituido por varias etapas, que siguen una secuencia definida, y que buscan objetivos específicos (Ver Figura N°1). Para este caso particular, la aplicación de la teoría de gerencia de proyectos es realizada en la etapa de ejecución, pudiendo ser aplicada fácil e indistintamente a todas y cada una de las etapas que constituyen un proyecto.

La frase “gerencia de proyectos” comenzó a surgir al final de la década del cincuenta e inicios de la década del sesenta cuando el tamaño, alcance, duración y recursos requeridos para nuevos proyectos comenzaron a merecer una mayor atención y un mayor análisis.

El PMI define a la gerencia de proyectos como la aplicación del conocimiento, habilidades, instrumentos y técnicas a un amplio espectro de actividades para encontrar los objetivos de un proyecto en particular.

Por su parte, el LCI indica más detalladamente que un proyecto está conformado por sistemas de producción que perduran a lo largo de éste, donde se suministran materiales, información y recursos. De allí, que la gerencia de proyectos (o gerencia de producción) es entendida en términos de diseño, operación y mejora.



Los sistemas de la producción desarrollados por el LCI son diseñados para lograr tres metas fundamentales:

Entregar el producto o servicio oportunamente

Maximizar el valor

Minimizar el desperdicio

Para conseguir estas metas, el diseño de un sistema de producción deberá tener en cuenta:

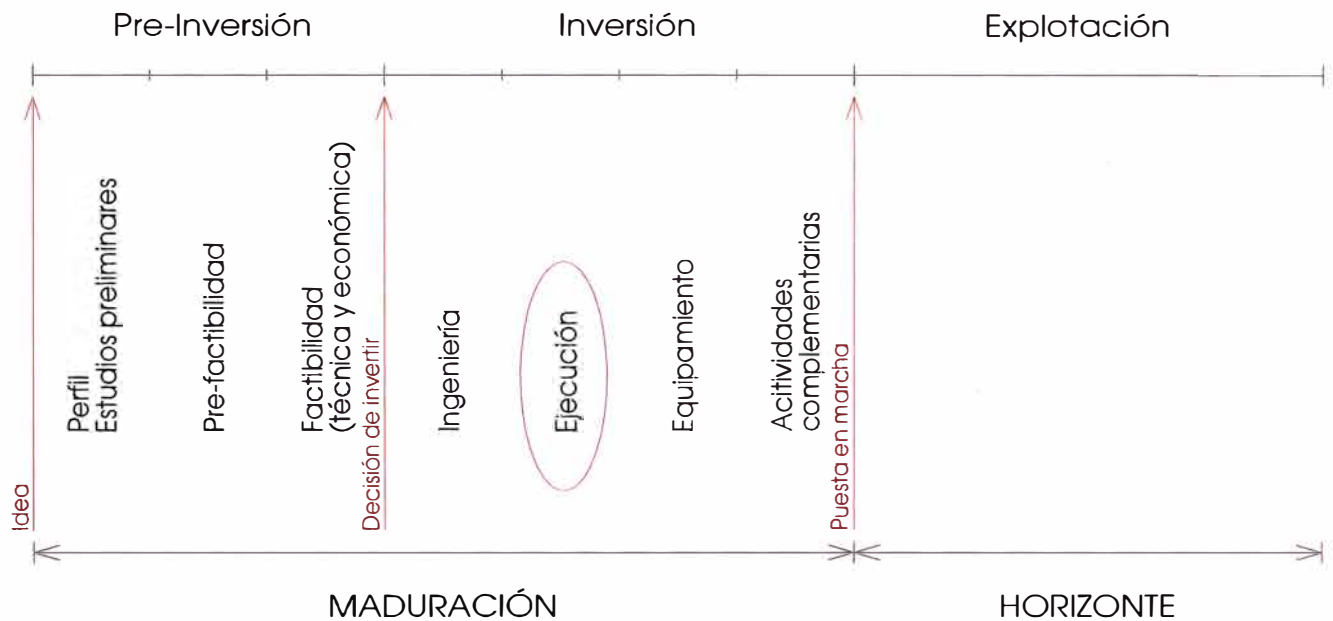
La estructuración del trabajo para la generación de valor

El entendimiento de la crítica y la ampliación de los propósitos del cliente

El incremento del control del sistema de producción (que viene a ser sino la habilidad para conseguir los propósitos)

Así mismo, la operación es concebida por el LCI, como la planificación, control y corrección del sistema; donde para planificar se deberá determinar las metas específicas para el sistema, para controlar se deberá avanzar hacia esas metas, y para corregir se deberá cambiar o mejorar los medios que se utilizan o en todo caso las metas a seguir.

Actualmente, la gerencia de proyectos es utilizada a nivel mundial por diferentes organizaciones, para encontrar las necesidades de sus clientes, permitiendo que el desarrollo de los proyectos sea completado en el tiempo establecido y dentro del presupuesto, lo que constituye uno de los objetivos para cualquier proyecto. El desarrollar una adecuada gerencia de proyectos permitirá asegurar la utilización más efectiva y eficiente de los recursos que se dispongan. La gerencia de proyectos se logra a través de la aplicación e integración de los procesos que involucran la gerencia misma, donde el gerente y su equipo son los responsables de lo que es apropiado en cada proyecto asignado.

**Figura Nº1:**

Etapas de un proyecto de inversión

El aplicar la gerencia de proyectos a un proyecto incluye:

- Identificar y establecer objetivos claros y factibles
- Equilibrar las demandas que compiten en el alcance, tiempo, costo, riesgo y calidad de un proyecto
- Adaptar especificaciones y planos
- Satisfacer a clientes con necesidades y expectativas diferentes

A menudo, los gerentes de proyectos discuten de una *triple limitación*<sup>1</sup> en manejar el alcance de los objetivos de un proyecto. La calidad del proyecto se verá afectada por el equilibrio de estos tres factores: calidad, tiempo y costo. La alta calidad de un proyecto constituye en entregar un producto, servicio o resultado requerido dentro del alcance, tiempo y presupuesto. Las relaciones entre estos factores son tales que si cualquiera de los

<sup>1</sup> Esta *triple limitación* la constituye el alcance, el tiempo y el costo de un proyecto.

tres cambia, por lo menos uno de ellos es probable de ser afectado.



### Figura N°2:

La gerencia de proyectos está enfocada a alcanzar los objetivos de un proyecto de inversión

En algunas oportunidades, se ha dado el caso en que los gerentes de proyectos manejan proyectos en respuesta a la incertidumbre, lo cual tendrá un efecto positivo o negativo sobre alguno de los objetivos del proyecto. Cabe indicar que, en muchos casos el desarrollo de los proyectos a menudo ha tenido impactos sociales, económicos, ambientales que han excedido en duración al proyecto mismo; es por ello, que la gerencia deberá manejar y monitorear estos problemas oportunamente.

#### 1.1.2 Alcances

El hombre desde sus inicios se ha encontrado planificando y manejando proyectos. Siempre y dondequiera que las civilizaciones prevalecieron, había proyectos que manejar: edificios por erigir, caminos por pavimentar, leyes por escribir. Sin los instrumentos avanzados, técnicas y metodologías con que se cuenta actualmente, los riesgos que implican a las personas en

crear cronogramas, localizar materiales y recursos, prevalecerían aún más.

La disciplina de la gerencia de proyectos juega un papel muy importante en el área competitiva y global de un negocio. La gerencia de proyectos permite:

- Innovar los procesos o sistemas que conforman un proyecto
- Planificar, organizar y controlar las iniciativas estratégicas
- Controlar el desempeño de la empresa
- Analizar las desviaciones relevantes y pronosticar su impacto en la empresa o en el proyecto (o proyectos)

Satisfacer al cliente con más y mejores productos o servicios más rápidos, lleva a tener una eficiencia más grande. Hoy más que nunca las organizaciones necesitan a individuos y equipos con el conocimiento sólido y habilidades de gerencia de proyectos para asumir grandes retos.



**Figura N°3:**

Alcances de la Gerencia de Proyectos

### 1.1.3 Objetivos

La alta planificación en una organización tiende a encontrar objetivos y limitaciones globales concretas, gobernando el proyecto entero. Estos objetivos se manejan al más alto nivel de detalle en los procesos de planeamiento que especifica los medios para lograr dichos fines.

La aplicación de la gerencia de proyectos busca:

- Establecer medidas de éxito
- Determinar el o los objetivos del cliente y su lineamiento
- Cuantificar el valor proporcionado por el costo
- Optimizar el uso de recursos de la empresa
- Incorporar principios de calidad
- Poner en práctica los planes estratégicos
- Asegurar el tiempo de ejecución



**Figura N°4:**  
Objetivos de la Gerencia de Proyectos

En las últimas décadas, la gerencia de proyectos ha ganado popularidad a causa de los cambios significativos producto de su aplicación, los que destacan<sup>1</sup>:

La reducción de personal (tener menos personas para realizar un número mayor de actividades)

El crecimiento de los proyectos y/o servicios de una empresa son cada vez mayores y más complejos

La violenta competencia global

El acceso más rápido a la información por medio de vastas redes de comunicación

La presencia de clientes más sofisticados que demandan bienes y/o servicios con estándares de calidad cada vez más altos

El crecimiento tecnológico exponencial

El establecimiento de prácticas uniformes para mejores proyectos

#### 1.1.4 Estructuración

De manera simultánea al surgimiento de teorías de gerencia de proyectos, se ha venido dando lugar a una revolución de nuevas estructuras organizacionales en el manejo de los proyectos; así como, de nuevas formas de estructurar el desarrollo de éstos.

La introducción de nuevas estructuras organizacionales ha tenido lugar debido a determinadas condiciones externas como:<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Project Management Institute, 2000. *“Project Management. A Proven Process for Success”*. Pág. 5.

<sup>2</sup> Piedrahita M., Santiago. *“Gerencia de Proyectos. Una Visión Integrada”*. Universidad Pontificia Bolivariana. Pág 6.

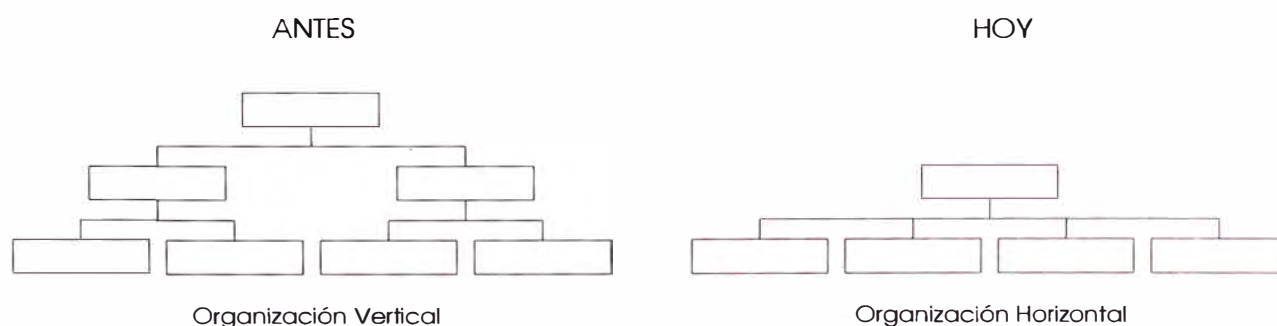
- El incremento de competitividad en los mercados
- Los cambios tecnológicos
- La mayor orientación hacia el cliente y su satisfacción
- La necesidad de lograr un mejor control de los recursos

Los altos directivos empezaron a comprender que las organizaciones deberían tener una estructura dinámica, y que por consiguiente, requerían de un cambio. La implementación de la gerencia de proyectos ha encontrado grandes problemas para su adaptación en empresas con estructuras organizacionales tradicionales, generalmente burocratizadas y con poca disponibilidad al cambio.

Por varios años, se ha buscado desde una perspectiva exterior, la solución a estos problemas. Realmente, no existe una definición de la estructura perfecta de una empresa, pues ésta depende del tipo de organización, tamaño, mercados que atiende, entre otros. Sin embargo, sea cual fuese la estructura usada, la mejor es aquella que logra una optimización de los recursos. Está claro que para lograr este objetivo, las organizaciones actuales deberán contar con una gran dosis de comunicación, así como también, con claras y bien definidas interfases entre las diferentes divisiones o departamentos de la organización. En esta nueva estructura organizacional deberá existir un objetivo permanente de crear posiciones que realmente generen compromiso en la gente. La autoestima que genera el comprometerse en una tarea que realmente aporta en mayor o menor grado a la organización y sobre todo al proyecto es una de las mayores formas de motivar empresas.

Referente a la manera de desarrollar un proyecto, es necesario de que éste sea estructurado en procesos, los cuales deberán ser iterativos debido a la existencia y necesidad de que la elaboración

progresiva<sup>1</sup> en un proyecto se da a través del ciclo de vida del mismo. Esto hace, que el equipo aprenda más acerca de un proyecto, y luego pueda mejorarlo a un gran nivel de detalle. Por lo cual, la preparación para el rol del gerente de proyectos, consiste en ganar una comprensión básica de los procesos y del conocimiento que son comunes a la mayoría de proyectos. Cada proceso constituye un conjunto de acciones y actividades interrelacionadas, las que son desarrolladas para lograr un conjunto de productos, resultados, o servicios. La integración de la gerencia de proyectos requiere que cada proceso sea apropiadamente alineado y conectado con los otros procesos para facilitar su coordinación. Estos procesos de interacción requieren a menudo intercambios entre los requerimientos y los objetivos del proyecto.



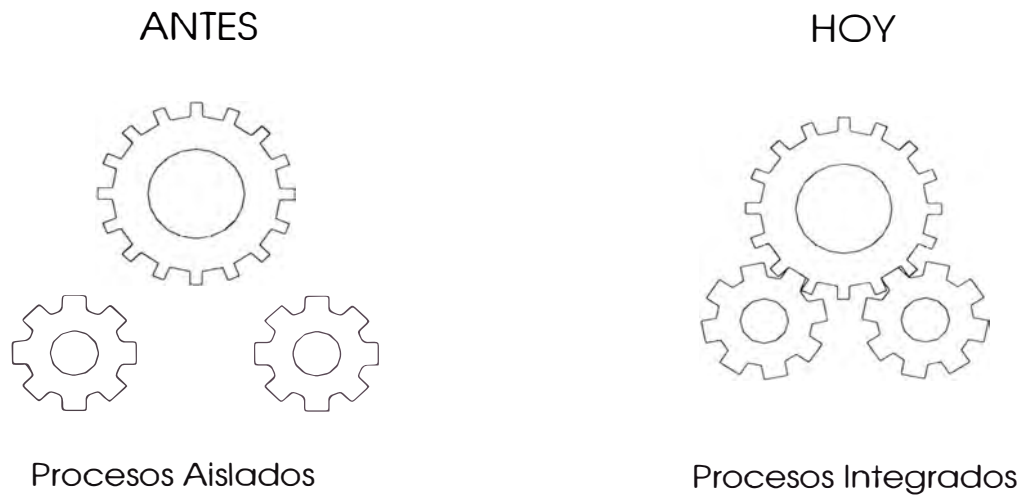
**Figura N°5:**

Formas de estructuras organizacionales

Sin importar que los trabajos sean muy sencillos o muy pequeños, el desarrollo de un proyecto requiere de una planificación y de un control que son realizados en diferentes lugares dentro de una organización, y en tiempos diferentes durante la vida de un proyecto.

<sup>1</sup> *Elaboración Progresiva*. Significa desarrollar el proyecto en pasos, y continuar por incrementos. Project Management Institute, 2004. “*PMBOK Guide – Third Edition*”. Pág. 6.





**Figura N°6:**

Formas de estructuración de los procesos que forman un proyecto y/o las fases de éste

### 1.1.5 Modelos

#### 1.1.5.1 Project Management Institute

Gran parte del conocimiento, herramientas y técnicas del manejo de proyectos es única para la gerencia de proyectos, tal como la estructura de división de trabajo, el análisis de la ruta crítica y la gerencia del valor agregado<sup>1</sup>. El Instituto

<sup>1</sup> *Estructura de División de Trabajo*. (Work Breakdown Structure – WBS). Viene a ser la división del proyecto entre las partes que lo componen de manera lógica y sistemática con el fin de establecer paquetes de trabajo que permitan un manejo más fácil y efectivo del mismo. Esta división jerárquica de trabajo organiza y define el alcance total del proyecto y es ejecutada por el equipo del proyecto para alcanzar los objetivos y crear las entregas requeridas por el proyecto. Cada nivel descendente representa una definición cada vez más detallada del trabajo a realizar.

*Ruta Crítica*. Generalmente, pero no siempre, es la secuencia de actividades programadas que determina la duración de un proyecto. Por lo general, es la ruta más larga por la que atraviesa un proyecto.

*Método de la Ruta Crítica*. Es una técnica de análisis utilizada para determinar la flexibilidad del cronograma de un proyecto por intermedio de varias rutas de red lógicas, y lograr de esta manera, la mínima duración total del proyecto. Para ello, toma como base las fechas “hito” del proyecto y el tiempo que demora en ejecutar las distintas actividades ya sea por intermedio de pasos hacia delante o pasos hacia atrás a partir de estas fechas pre-establecidas.

de Gerencia de Proyectos (PMI) considera que para lograr una eficiencia en gerencia de proyectos se requiere que el equipo de la gerencia entienda y use el conocimiento y habilidades de por lo menos cinco de las siguientes denominadas *áreas del experto*, las mismas que serán descritas posteriormente:

El cuerpo del conocimiento para la gerencia de proyectos  
Áreas de aplicación del conocimiento, estándares y regulaciones  
Entendimiento del contexto del proyecto  
Conocimiento y habilidades de la gerencia general  
Habilidades interpersonales

### **El cuerpo del conocimiento para la gerencia de proyectos**

Describe el único conocimiento en el campo de la gerencia de proyectos y superpone otras disciplinas de gerencia.

La Figura N°7 muestra el común de las áreas del experto necesarias para el equipo de gerencia del proyectos. La *Guía PMBOK* es, por lo tanto, un subconjunto del extenso Cuerpo del Conocimiento para la Gerencia de Proyectos.

---

*Valor Agregado.* Es el valor del trabajo terminado expresado en términos del presupuesto aprobado que ha sido asignado para una actividad del cronograma o para un componente de la Estructura de División de Trabajo. También se refiere al costo presupuestado del trabajo realizado.

*Gerencia del Valor Agregado.* Es una metodología de gerencia para integrar el alcance, el cronograma, y los recursos, y medir objetivamente el desarrollo y progreso del proyecto. El desarrollo es medido por determinación del costo presupuestado del trabajo realizado (por ejemplo, valor agregado) y comparado con el costo real de éste (por ejemplo, costo real). El progreso es medido por comparación del valor generado con el valor planificado.

*Técnica del Valor Agregado.* Es una técnica específica para medir el desarrollo del trabajo componente de la Estructura de División de Trabajo, cuenta de control, o proyecto.

“Gerencia de Proyectos:  
Caso Ampliación de la Plataforma de Lixiviación de Yanacocha Etapa 6”  
José Luis Pando Quevedo

## Áreas de aplicación del conocimiento, estándares y regulaciones

Las áreas de aplicación son categorías de proyectos que tienen elementos significativos en común en dichos proyectos, pero no son necesarios o deben estar presentes en todos los proyectos. Las áreas de aplicación son usualmente definidas en términos de:

- Departamentos funcionales y disciplinas de soporte, tales como legal, gerencia de la producción e inventario, publicidad, logística, y personal
- Elementos técnicos, tales como desarrollo de software o ingeniería, y algunas veces una clase específica de ingeniería, tales como ingeniería sanitaria o ingeniería de construcción
- Especializaciones de gerencia, tales como la del que contrata, desarrollo comunitario, y desarrollo de un nuevo producto
- Grupos de industria, tales como automovilístico, químico, agrícola, y servicios financieros.

Cada área de aplicación generalmente tiene un conjunto de estándares y prácticas aceptadas, que a menudo han sido codificados en regulaciones.

## Entendimiento del contexto del proyecto

Todos los proyectos son planificados e implementados virtualmente en un contexto social, económico y ambiental, y tienen destinados involuntarios impactos positivos y/o negativos.

**Ámbito cultural y social.** Consiste en entender cómo el proyecto afecta a las personas y cómo las personas afectan al proyecto. Esto puede requerir un entendimiento de los aspectos de la economía demografía, educación, ética, étnico, religioso, y otras características a quienes el proyecto afecta o quienes puedan tener un interés en el proyecto.

**Ámbito internacional y político.** Algunos miembros del equipo necesitarán familiarizarse con los clientes y las leyes vigentes

(internacionales, nacionales, regionales y locales), así como el clima político que podría afectar negativamente el desarrollo del proyecto. Otros factores internacionales a considerar son las diferencias de los tiempos – zonas, feriados nacionales y regionales, etc.

- **Ámbito ambiental.** El desarrollo de un proyecto puede afectar los alrededores físicos donde se lleva a cabo; algunos miembros del equipo deberán tener conocimiento acerca de la ecología local y geografía física que podría afectar negativamente al proyecto o ser afectado por el proyecto.



**Figura N°7:**

Áreas del experto necesarias por el equipo de gerencia

## Conocimiento y habilidades de la gerencia general

La gerencia general abarca el planeamiento, organización, provisión, ejecución, y control de las operaciones de una empresa. Esto incluye las disciplinas de soporte tales como:

Administración financiera y contabilidad

Compras y adquisición

Ventas y publicidad

Contratos y leyes comerciales

Producción y distribución

Logística y cadena de suministro

Planeamiento estratégico, planeamiento táctico, y planeamiento operacional

Estructura organizacional, conducta organizacional, administración de personal, compensación, beneficios, y líneas de carrera

Salud y prácticas de seguridad

Información tecnológica

La gerencia general proporciona el fundamento para construir las habilidades de la gerencia de proyectos y es a menudo esencial para el gerente. Una amplia literatura documenta todas estas habilidades, y sus aplicaciones son fundamentalmente las mismas en cualquier proyecto.

## Habilidades interpersonales

Las relaciones interpersonales de la gerencia incluyen:

**Comunicación efectiva.** Que viene a ser sino el intercambio de información

**Influencia de la organización.** La habilidad de “obtener las cosas hechas”

**Liderazgo.** El desarrollo de una visión y una estrategia, y la motivación para alcanzarlas y vencer las barreras de cambio

**Negociación y gerencia de conflictos.** Consultar con otros para ponerse de acuerdo o para llegar a un acuerdo

**Resolución de problemas.** La combinación de problemas definidos, identificación de alternativas y análisis, y toma de decisiones.

El PMI indica que la gerencia de proyectos está comprendida en cinco procesos: Inicio, Planificación, Ejecución, Control y Cierre.

Para que un proyecto pueda ser exitoso, el equipo de proyecto debe (en ese orden):

Seleccionar los procesos apropiados para encontrar los objetivos del proyecto

Utilizar un enfoque definido para adaptar las especificaciones y planos

Obedecer los objetivos para encontrar las necesidades y expectativas de los clientes

Balancear las demandas del alcance, tiempo, costo, calidad, recursos y riesgos para producir un producto o brindar un servicio de calidad

El PMI indica que, toda esta información es necesaria para iniciar, planificar, ejecutar, monitorear y controlar, y cerrar un solo proyecto. Identificar estos procesos, permiten mostrar un aumento de oportunidades de éxito en la mayoría de los proyectos la mayor parte del tiempo. Esto no significa que el conocimiento, las habilidades y procesos descritos por el PMI deberán ser siempre aplicados uniformemente en todos los proyectos. El gerente de proyectos, en colaboración con su equipo es siempre responsable de determinar qué procesos son apropiados, y el grado de rigor en que deberán ser aplicados para la ejecución de los mismos y alcanzar el objetivo deseado de un proyecto dado.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Project Management Institute, 2004. “*PMBOK Guide - Third Edition*”. Pág. 37.

Los procesos de un proyecto son desarrollados por el equipo del proyecto y generalmente caen en una o dos de las categorías siguientes, los que a su vez se superponen e interactúan a través de un proyecto:

Los procesos de gerencia de proyectos, que son comunes a la mayoría de proyectos la mayor parte del tiempo y son asociados por su desarrollo para un propósito integrado. El propósito es iniciar, planificar, ejecutar, monitorear y controlar, y cerrar un proyecto. Estos procesos interactúan unos con otros de las maneras más complejas que no pueden ser explicados completamente en un documento ni con la ayuda de gráficas. Los procesos pueden también interactuar en relación al alcance del proyecto, costo, cronograma, etc.

Los procesos orientados a un producto, que especifican y crean los productos de un proyecto. Estos procesos típicamente son definidos por el ciclo de vida del proyecto y varían por el área de aplicación.

En la mayoría de los proyectos, y sobre todo en aquellos largos y complejos, pueden darse lugar a algunos procesos que deberán tener que ser iterados varias veces para alcanzar los resultados de los mismos. El fracaso puede tomar acción durante un proceso que deberá usualmente afectar a este proceso y a otros procesos relacionados, es por ello, que el éxito de la gerencia de proyectos incluye el manejo activo de estas interacciones.

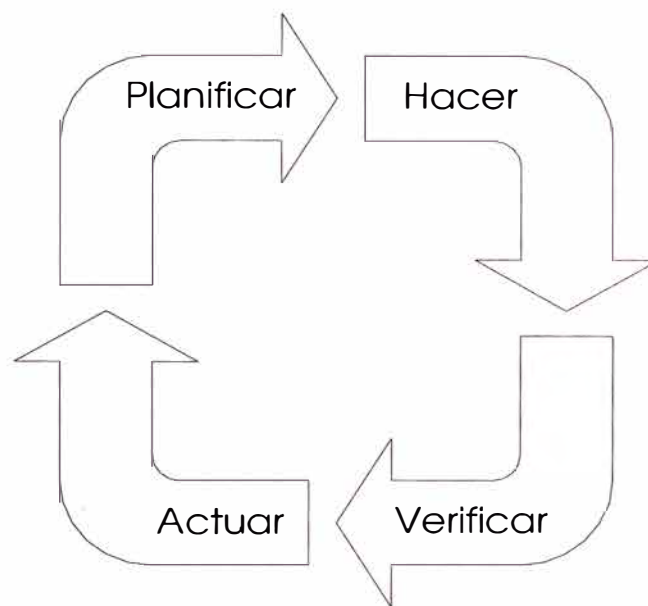
Los procesos de gerencia de proyectos pueden ser representados como elementos distintos con interfaces bien definidas; sin embargo, en la práctica, éstos se superponen e interactúan entre sí. Las especificaciones de un proyecto deben ser definidas como objetivos a ser alcanzados basados en la complejidad, riesgo, tamaño, agenda, y experiencia del equipo del proyecto, disponibilidad de recursos, cantidad de información histórica, madurez en gerencia de proyectos de la organización, industria y área de aplicación.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Project Management Institute, 2004. "*PMBOK Guide - Third Edition*". Pág. 39.

El ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (*Plan-Do-Check-Act*), el cual se muestra en la Figura N°8, es la base para la interacción entre los procesos de gerencia de proyectos.

La naturaleza integradora de los Grupos de Proceso que define el PMI es mucho más compleja que el ciclo básico plan-do-check-act. Sin embargo, el ciclo aumentado puede ser aplicado para las interrelaciones dentro de y entre los Grupos de Proceso.<sup>1</sup> (Figura N°9).



**Figura N°8:**

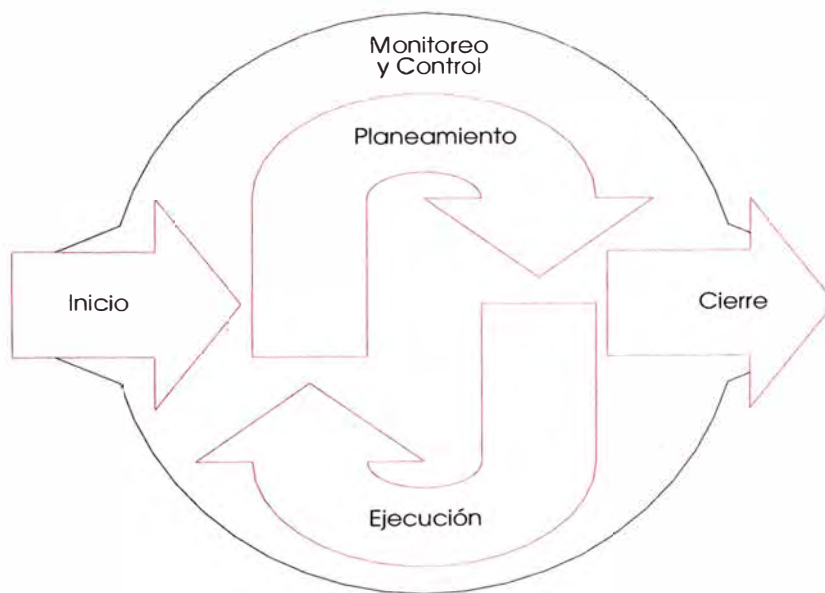
El ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar

El Grupo de Proceso de Planeamiento corresponde al “plan” componente del ciclo plan-do-check-act. El Grupo de Proceso de Ejecución corresponde al “do” y el Grupo de Proceso de Monitoreo y Control corresponde al “check y act”, respectivamente. Además, el Grupo de Proceso de Inicio inicia estos ciclos y el Grupo de Proceso de Cierre los finaliza. La naturaleza integradora de la gerencia de proyectos requiere que el Grupo de Proceso de Monitoreo y Control interaccione con cada aspecto de los otros Grupos de Proceso.

<sup>1</sup> Project Management Institute, 2004. “*PMBOK Guide - Third Edition*”. Pág. 40.



Cabe destacar, que el Grupo de Proceso de Monitoreo y Control deberá proporcionar también la retroalimentación para aplicar las acciones correctivas o preventivas a fin de hacer que el proyecto esté acorde con la implementación del plan de la gerencia de proyectos, o en su defecto, modificar apropiadamente dicho plan. Es probable que se den muchas interacciones adicionales entre los Grupos de Procesos (Los Grupos de Procesos no son fases del proyecto). Cuando los proyectos son largos y complejos, éstos pueden ser separados dentro de fases o subproyectos distintos, tales como el estudio de factibilidad, ingeniería, ejecución, equipamiento, etc. donde los grupos de procesos normalmente deberán ser repetitivos para cada fase o subproyecto.<sup>1</sup>



**Figura N°9:**

Grupos de Proceso de la Gerencia de Proyectos dibujados para el ciclo Plan-Do-Check-Act

El ciclo Plan-Do-Check-Act es aplicado a cada fase o subfase que conforma un proyecto de inversión. Es necesario indicar que la explotación de éste perdura a través del tiempo; es decir, que no tiene una fecha de término definida.

<sup>1</sup> PMI. “*Project Management Body of Knowledge*” Third Edition. Pág. 41.

Los cinco Grupos de Proceso lo constituyen:

**Grupo de Proceso de Inicio.** Define y autoriza el proyecto o una fase del proyecto.

**Grupo de Proceso de Planeamiento.** Define y refina el alcance y los objetivos del proyecto que se emprendió a dirigir, y planifica el curso de acción requerido para alcanzarlos.

**Grupo de Proyecto de Ejecución.** Integra a las personas y otros recursos para llevar a cabo el plan de gerencia de proyectos para el proyecto.

**Grupo de Proceso de Monitoreo Y Control.** Regula, mide y monitorea los progresos para identificar la variación del plan de la gerencia de proyectos a fin de que la acción correctiva pueda ser tomada cuando sea necesario y encontrar los objetivos del proyecto.

**Grupo de Proceso de Cierre.** Formaliza la aceptación del producto, servicio o resultado y lleva al proyecto o a una fase del proyecto hacia un fin ordenado.

Antes de pasar a describir la teoría de gerencia de proyectos propuesta por el Lean Construction Institute, se presenta una breve crítica a la teoría del PMI, realizada por el LCI, siendo necesaria para entender el surgimiento de esta nueva teoría en gerencia de proyectos, la cual complementa a la tan difundida teoría del PMI.

#### 1.1.5.2 Lean Construction Institute<sup>1</sup>

Para un mejor entendimiento de esta teoría, se indicará primero la forma de cómo surge esta nueva corriente en gerencia de proyectos y de qué forma fue implementada en la industria de la construcción.

---

<sup>1</sup> El *Lean Construction* se inicia en 1988 por Taiichi Ohno y Shigeo Shingo. El *Lean Construction Institute* fue fundado en Agosto de 1997 como una asociación entre Gregory A. Howell y Glenn Ballard, dedicada a la investigación, entrenamiento y consultoría en gerencia de la producción en la industria de la construcción.

Producto de la crisis mundial que se suscitaba en los años setenta, durante la segunda mitad del siglo XX, la empresa Toyota (fabricante de autos) introducía nuevos sistemas de gerencia, cuyo objetivo principal era eliminar “desperdicios”<sup>1</sup> e incorporar mucha flexibilidad a la producción. La palabra “lean” fue utilizada para denominar a una nueva forma de sistema de producción, capaz de producir más y mejores vehículos en menos tiempo, en menos espacio y con menos horas de trabajo que el sistema convencional que se venía desarrollándose hasta aquella época. Estos nuevos conceptos y técnicas fueron identificados en entregas Justo a Tiempo (*Just in Time* - JIT), en mecanismos de Jale (contra los de Empuje), en la reducción del tamaño de la serie económica, en la reducción de tiempos de arreglo, y en la creciente transparencia de un sistema de producción. El Lean Construction Institute o el Instituto de la Construcción Lean define a la producción como el diseño y la fabricación de productos diversos.

Diseñar y fabricar algo por primera vez a través de un proyecto, constituye la forma fundamental de un sistema de producción. Lauri Koskela (1992) fue el primero en alertar a la industria de la construcción de la revolución que se venía dando en la industria manufacturera, desafiando a explorar y adoptar estos nuevos conceptos y técnicas, debido a que la construcción constituía uno entre muchos tipos de proyectos basados en sistemas de producción, motivo por el cual, la teoría, las reglas y los instrumentos deberían ser desarrollados para proyectos y gerencia de proyectos basados en sistemas de producción.

Una de las características más importantes en la teoría de gerencia de proyectos desarrollada y difundida por el LCI constituye, las herramientas de control con las que cuenta, necesarias para verificar si un proyecto sigue o no el plan propuesto por la gerencia, permitiendo tomar acciones correctivas en forma oportuna, buscando equilibrar los factores de tiempo, costos y calidad (una mala calidad implica trabajos rehechos que afectan directamente al tiempo de ejecución, y por consiguiente, se tiene como resultado el incremento de los costos de producción o del proyecto).

---

<sup>1</sup> En la página 43 se define lo que viene a ser un desperdicio y los tipos que hay.

De acuerdo al LCI, un sistema de control de proyecto debe proporcionar oportunamente la información solicitada por el equipo del proyecto o por los participantes del proyecto que buscan identificar y corregir los problemas, a fin de mantener los costos y el cronograma del proyecto bajo control. El objetivo es detectar las variaciones negativas de lo planeado y tomar acciones correctivas en caso de ser necesario.

En un control de proyecto tradicional, los objetos a controlar son el tiempo y los recursos. El control del tiempo involucra la planificación, la programación y el monitoreo. La planificación decide lo que deberá ser alcanzado y en qué secuencia. La programación determina el tiempo y la duración de cada actividad. Y por último, el monitoreo verifica el progreso de actividades contra el cronograma y los pronósticos en que el trabajo deberá ser concluido. En este caso, el objetivo del control del tiempo es la producción o el progreso, no la productividad. Por su parte, los recursos (horas de trabajo, equipo, materiales) son planificados y controlados por sistemas de control de costos, siendo el objetivo de los mismos la productividad, es decir, el uso eficiente de ellos. Un presupuesto se prepara para el uso de una cantidad determinada de recursos, y éste se controla comparándolo con lo presupuestado, y los pronósticos periódicos están hechos de recursos requeridos basados en el estado actual del proyecto.

Las decisiones que se toman respecto al presupuesto, cronograma, productividad y producción deben ser interdependientes, debido a que estos últimos se relacionan formalmente en sistemas que agregan valor, los cuales proponen una solución al problema del progreso y de gastos de recursos que no necesariamente coinciden. No olvidar que, el análisis de valor agregado es un medio para controlar proyectos basados en la productividad y el progreso.

La Estructura de División de Trabajo (cuyas siglas en inglés son WBS: *Work Breakdown Structure*) proporciona un banco de datos donde los problemas se pueden identificar, analizar y ser solucionados tomando la acción correctiva. Sin acciones correctivas, un sistema de control de proyecto llega a ser meramente un sistema de reporte de costo/cronograma. Es de esperarse las desviaciones

con respecto al plan durante el desarrollo de un proyecto, puesto que son inevitables. Si las acciones correctivas impuestas no son suficientes habría que analizar nuevamente el problema y más al detalle. Es imposible tomar buenas decisiones acerca de causas o correcciones de desviaciones, tomando de referencia sólo la productividad y el progreso de datos, sin comprender el flujo de trabajo.

Como se comentó anteriormente, los controles de producción tradicionales de un proyecto han sido llevados a cabo luego de haberse realizado algunas variaciones durante la ejecución del mismo; el LCI propone un sistema de control de producción que permite a la gerencia de proyectos la realización de planes, administrando y controlando contratos junto con el desarrollo de la producción. El sistema propuesto es el denominado *Sistema del Último Planificador* (o *Last Planner System*), el cual se inicia con el propósito de mejorar la calidad de las actividades programadas en los planes semanales de trabajo, agregando un proceso llamado lookahead (el mismo que será comentado más adelante) diseñado para formar y controlar el flujo de trabajo, haciéndose extensivo al diseño de la construcción.

### **El Control de Producción denominado “Sistema del Último Planificador”**

Este Sistema tiene tres componentes:

- La planificación del lookahead
- El compromiso de la planificación
- El aprendizaje

El Último Planificador, es aquel individuo o grupo de individuos que comprometen el término de las tareas (a menudo semanal) del supervisor. Las reglas o los principios primarios para el control de la producción son:<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Ballard, Glenn y Howell, Gregory. “*Lean Project Management*”. Building Research & Information (2003) 31(2) Pág. 122

Ingresar las actividades del cronograma del proyecto en una ventana denominada lookahead, sólo si las restricciones de estas actividades se pueden quitar en el tiempo.

Realizar sólo tareas de calidad. Esto es, requerir que las tareas defectuosas sean rechazadas antes de permitir el paso de productos defectuosos por dichas tareas de trabajo. En sistemas de producción como proyectos de construcción, es posible intervenir en el proceso de planificación antes que en la producción directa.

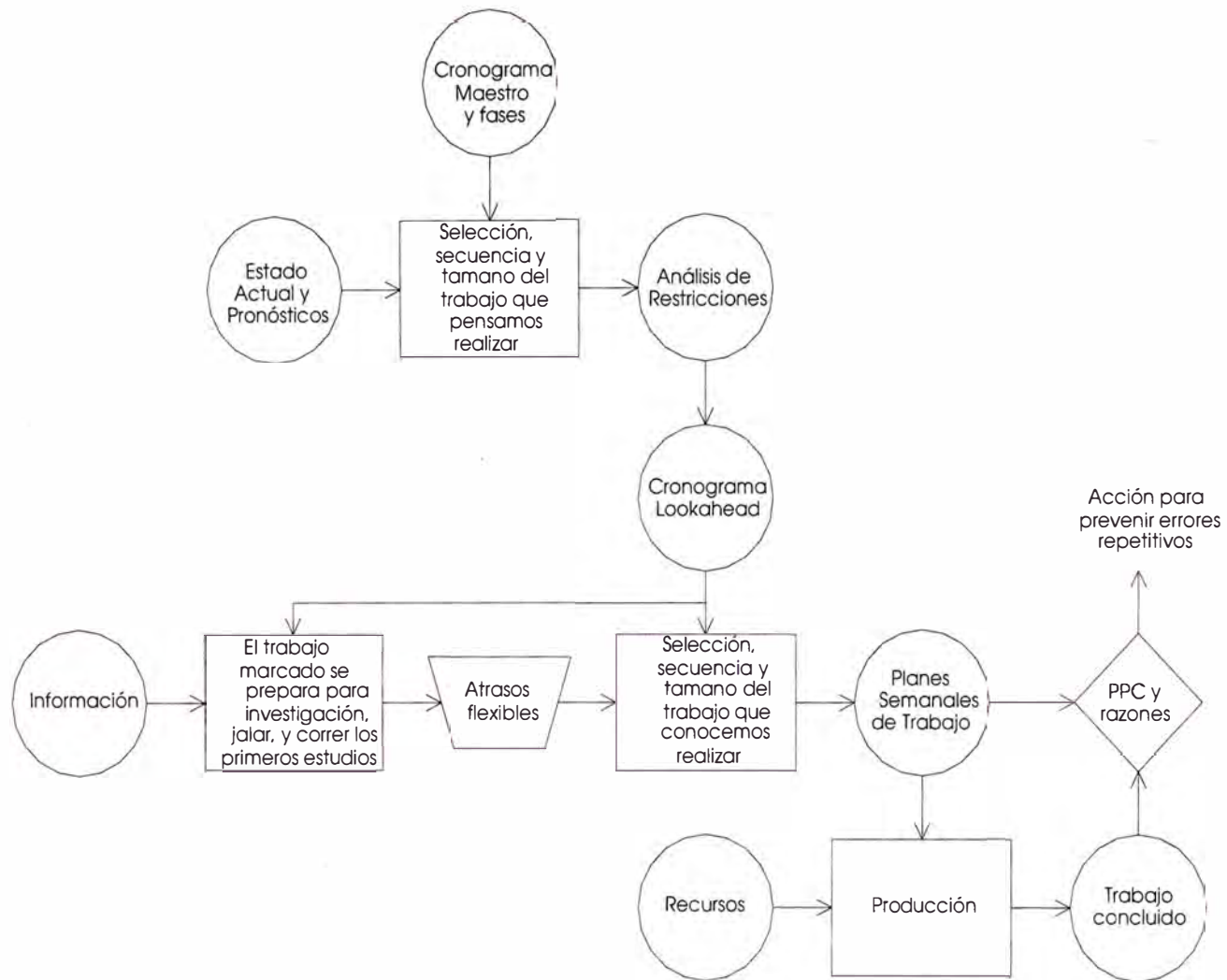
Rastrear el porcentaje de tareas concluidas para cada período del plan (por medio del PPC o Porcentaje del Plan Cumplido) y actuar anticipadamente para evitar el fracaso del plan.

La actividad esencial dentro de un sistema de control según el LCI, es monitorear los costos reales o el desarrollo del cronograma y compararlos contra los del objetivo para identificar las variaciones negativas. La acción correctiva es obviamente necesaria para corregir tales variaciones. Así mismo, el sistema de control propuesto introduce mecanismos de retroalimentación y de proyección para regular un proceso. La retroalimentación se inicia con la comparación de lo actual con lo realizado; mientras que la proyección se inicia con la comparación de lo actual con lo que se está por realizar.

Las actividades o “tareas”<sup>1</sup> son planificadas por el último planificador dentro de una organización y constituye un compromiso para el resto de la organización en cada unidad de producción. Estos indican, después de un proceso de planificación lo que mejor se HACE, de lo que se DEBE realizar dentro de las limitaciones que se PUEDE.

---

<sup>1</sup> Nombre que le da el LCI al trabajo físico y específico que se realizará día a día. Glenn Ballard, Herman. “*The Last Planner System of Production Control*”. Pág. 3-1



**Figura N°10:**  
Sistema de planificación propuesto por el LCI

Existe a veces una idea confusa como si no pudiese haber diferencia posible entre lo que se DEBE y lo que se PUEDE. La respuesta está en, que producto de la entrega irregular de recursos y la culminación imprevisible del trabajo previo requerido invalidan la secuencia prevista de lo que se HACE con lo que se DEBE, y tiene como resultado rápidamente el abandono de la planificación que dirige la producción actual.

El sistema de control de producción que propone el LCI es una filosofía, que consta de reglas y procedimientos, y un conjunto de instrumentos que facilitan la implementación de dichos procedimientos. Los procedimientos del sistema tiene dos componentes: el control de la unidad de producción y el control del flujo de trabajo. El trabajo de lo primero deberá controlar las tareas progresivamente mejores para dirigir a los trabajadores al aprender continuo y a la acción correctiva. La función del control del flujo de trabajo es quizás evidente en su nombre – causar pro activamente que el trabajo fluya a través de las unidades de producción en la mejor secuencia y porcentaje.

### ***Control de la Unidad de Producción<sup>1</sup>***

La dimensión clave del desarrollo de un sistema de planificación en el nivel de la unidad de producción es la calidad de los planes o actividades producidos.

Características críticas de la calidad de una actividad:

Una actividad debe ser bien definida de manera que se pueda realizar y concluir sin ambigüedades

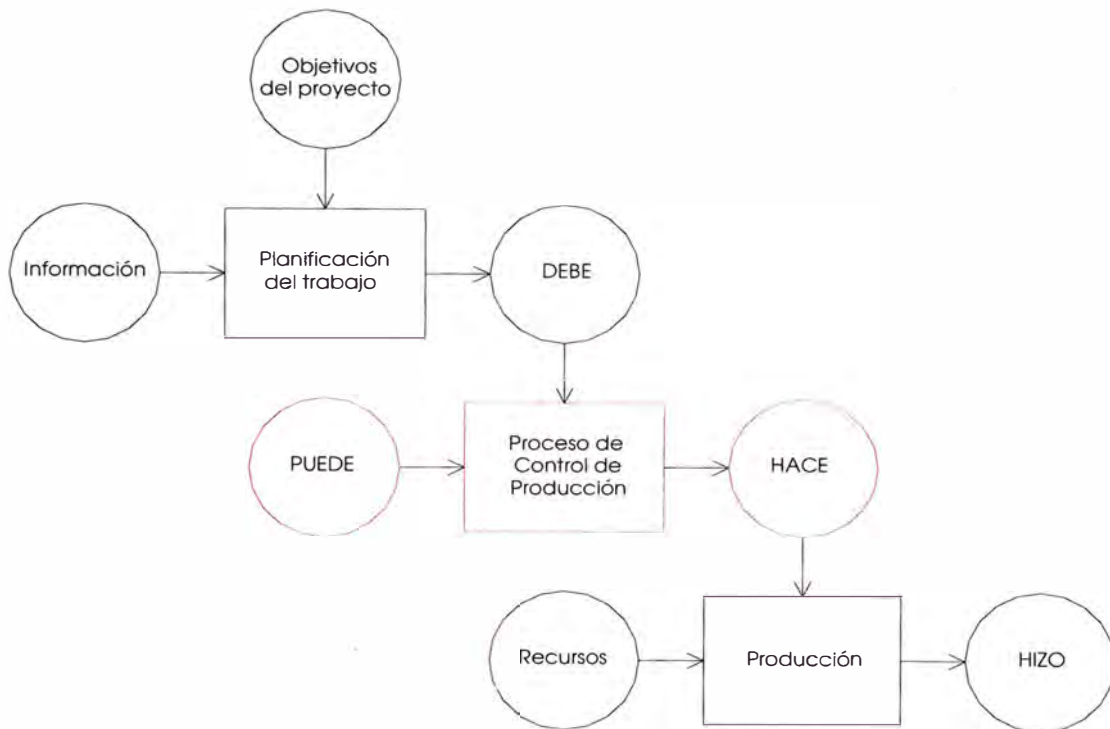
La secuencia de trabajo debe ser coherente con la lógica interna del trabajo mismo, de los compromisos y metas del proyecto, y de las estrategias de la ejecución

---

<sup>1</sup> Unidad de producción, viene a ser sino una cuadrilla constituida ya sea por equipos o por personas o ambas, que están designadas a realizar una tarea o actividad específica.



- La cantidad correcta de trabajo debe ser tal que las unidades de producción deben ser capaces de completar el trabajo dentro del presupuesto, tiempo y calidad especificados
- El trabajo seleccionado pueda ser llevado a cabo; es decir, que todo trabajo previo debe haber sido concluido y todos los recursos estén disponibles



**Figura N°11:**

Sistema de Control de Producción propuesto por el LCI

“Hoy en día, el cliente espera un producto o servicio con una calidad que él desea, entregado con rapidez y al menor costo posible”.<sup>1</sup>

El LCI considera estos criterios de calidad en el avance del cumplimiento de los trabajadores en hacer su trabajo en orden con la finalidad de protegerlos luego de la incertidumbre.

La calidad de las actividades realizadas por un supervisor puede ser revisada por una instancia superior, pero se teme que ésta no producirá datos precisos, a pesar de que las correcciones sean necesarias. El desarrollo del sistema de

<sup>1</sup> Cuatrecasas, Lluís. “Lean Management: Volver a Empezar”. Pág. 67.

planificación más se mide fácilmente de manera indirecta por los resultados de la ejecución del plan. El éxito del plan es seguramente el trabajo pronosticado que se deberá alcanzar al finalizar la semana y es medido en términos de PPC.

El Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) es el número de actividades programadas completadas divididas por el número total de actividades planificadas, expresado como un porcentaje. El PPC viene a ser para el LCI, el estándar con el cual se controla el nivel de ejercicio de la unidad de producción y es derivado de un conjunto de directivas: cronogramas del proyecto, estrategias de ejecución, tasas de unidades del presupuesto, etc. El PPC más alto corresponde a hacer más del trabajo correcto con los recursos dados; es decir, la productividad y el progreso más altos.

El PPC mide la extensión a la cual el compromiso (HACE) de las actividades de un supervisor se han alcanzado. El análisis de no conformidad puede entonces dirigirse hacia atrás para encontrar las causas; de esta manera la mejora se puede hacer en un desarrollo futuro. Encontrar las causas de la pobre calidad del plan o el fracaso para ejecutar el trabajo planeado se puede realizar en algún nivel, proceso o función de la organización. Identificar las razones por las cuales no se pudo llevar a cabo el trabajo planeado es un primer paso necesario. Las razones podrían incluir:

- Las directivas o la información fueron proporcionados defectuosamente
- La aplicación de los criterios de calidad a las actividades no fue la correcta
- La deficiente coordinación de recursos compartidos
- Cambio en la prioridad
- Error de diseño descubierto en el esfuerzo para llevar a cabo una actividad planeada

Esto proporciona los datos iniciales necesarios para el análisis y la mejora del PPC, y consecuentemente para mejorar el desarrollo del proyecto.

Cualquiera que sea la causa, se debe continuar con el monitoreo de las razones del fracaso del plan que medirá la eficacia de las acciones correctivas. Si la

acción se ha tomado para erradicar la raíz de las causas relacionados con los fracasos, y todavía continúan por ser identificados como la razón de falla de la culminación de las tareas de Planes Semanales de Trabajo, entonces se requiere de una acción diferente.

### ***Control del Flujo de Trabajo***

Consiste en controlar el trabajo que causa movimiento entre las unidades de producción en una secuencia y porcentaje deseados. El Control de la Unidad de Producción coordina la ejecución del trabajo *dentro* de las unidades de producción; mientras que el Control del Flujo de Trabajo coordina el flujo de diseño, suministro, e instalación *a través* de las unidades de producción.

En la jerarquía de planes y cronogramas, el proceso del lookahead<sup>1</sup> tiene el trabajo de controlar el flujo de trabajo. Los cronogramas del lookahead son comunes en la práctica actual de la industria de la construcción, pero típicamente desarrolla sólo la función de destacar lo que se DEBE hacer a corto plazo.

El proceso del lookahead es un cronograma de actividades potenciales para las próximas 3 a 12 semanas. El número de semanas a considerar se basa en las características del proyecto, certeza del sistema de planificación, y principalmente en el tiempo para adquirir información, materiales, personal y equipo.

#### **Funciones del Proceso del lookahead<sup>2</sup>**

- a. Establecer la secuencia y el porcentaje del flujo de trabajo
- b. Igualar el flujo de trabajo y la capacidad de las unidades de producción
- c. Descomponer el cronograma master de actividades en paquetes y operaciones de trabajo

---

<sup>1</sup> Lookahead: período de tiempo que se escoge para mirar hacia adelante.

<sup>2</sup> Tabla 3.1. Glenn Ballard, Herman. “*The Last Planner System of Production Control*”. Pág. 3-7

- d. Desarrollar métodos detallados de ejecución de trabajo
- e. Mantener listos todos los trabajos previos al que se va a realizar: es decir, asumir la existencia de un atraso de los trabajos listos
- a. Actualizar y revisar al más alto nivel los cronogramas que se necesiten

Antes de ingresar en la ventana del lookahead, el cronograma master o la fase de actividades del cronograma son analizadas a un nivel de detalle apropiado en los planes semanales de trabajo, que muestra normalmente múltiples tareas para cada actividad. Entonces cada tarea es sujeta al análisis de restricciones para determinar lo que se debe hacer para llevarla a cabo y prepararla para ser ejecutada. La regla general es permitir en la ventana del lookahead sólo actividades que puedan quedar listas para su finalización. Si el o los que planifican no están seguros que las restricciones pueden ser superadas, las tareas potenciales deberán ser retardadas a una fecha posterior.

### ***Análisis de Restricciones***

Una vez que las actividades han sido identificadas, son sujetas al análisis de restricciones. Los diferentes tipos de actividades tienen restricciones diferentes, que vienen hacer razones por las cuales la culminación de actividades en los planes semanales de trabajo no se llevaría a cabo.

El análisis de restricciones es realizado examinando cada actividad que se planifica para iniciarla dentro del período escogido como la ventana del lookahead del proyecto. Las restricciones previenen a que la actividad se identifique como una tarea lista y se tomen las acciones para quitar estas limitaciones o restricciones.

Puede darse el caso, que el análisis de restricciones requiere que los que suministran bienes y servicios dentro de un proyecto, manejen activamente su producción y entrega, y que proporcionen al que planifica la advertencia oportuna de problemas, optimistamente con suficiente plazo de espera para planear alrededor de ellos.

La regla que gobierna el análisis de restricciones es, que ninguna actividad permite retener su fecha programada a menos que los planificadores estén seguros que las restricciones se puedan quitar en el tiempo. Siguiendo con esta regla se asegura que los problemas surgirán más temprano y que los problemas que no se pueden resolver en el proceso de lookahead no se impondrán en el nivel de la producción del proyecto.

Cabe resaltar que, un mayor detalle de la especificación de restricciones y un mayor detalle de procesos permitirán tener un lookahead más sincerado y por consiguiente un porcentaje de tareas cumplidas óptimo.

El incremento del PPC lleva al aumento del desempeño, no sólo de la unidad de producción que ejecuta el Plan Semanal del Trabajo, sino también de las unidades de producción posteriores donde pueden planificar mejor cuando su trabajo es liderado por ellos. Además, cuando una unidad de producción mejora en determinar sus necesidades próximas del recurso, puede jalar estos recursos de su suministro de actividades predecesoras a medida que estén disponibles cuando sea necesario. Consecuentemente, no sorprende que la implementación del sistema propuesto por el LCI ha producido el flujo más seguro y el rendimiento más alto de un sistema de producción.

### ***Mecanismos de Jale***

Jalar es un método de introducir materiales o información en un proceso de producción. El método alternativo deberá *empujar* los ingresos en un proceso basado en la entrega del objetivo o en la fecha de culminación. Los cronogramas de construcción han sido tradicionalmente mecanismos de empuje, causando en muchos casos cruces en el futuro de acciones interdependientes. Por el contrario, el jalar permite a los materiales o a la información entrar a un proceso de producción sólo si el proceso es capaz de hacer que trabaje.

La técnica de Jale se basa en trabajar desde la culminación de una fecha objetivo hacia atrás, la cual causa tareas para ser definidas y secuenciadas de manera que su trabajo liberado sea completado oportunamente. Una regla de *jalar* es de sólo hacer el trabajo que es concluido por otra persona o por una fase predecesora. Trabajar hacia atrás desde la culminación de una fecha objetivo elimina el trabajo que ha de ser hecho como el acostumbrado y que no agrega valor.

El proceso de la planificación *jale* implica el desarrollo de los siguientes pasos:

Definir el trabajo y las entregas (o resultados de éste) para ser incluidos en la fase del cronograma

Determinar la fecha de culminación para esta fase, teniendo en cuenta las liberaciones del ínterin de fases previas o de fases subsiguientes

Utilizar como base la planificación tentativa del equipo, que ha desarrollado una red lógica de actividades requeridas para completar la fase, trabajando hacia atrás, desde la fecha de culminación e incorporar algún evento provisional

Aplicar las duraciones a cada actividad, con alguna contingencia y teniendo en cuenta la variabilidad de la duración en las estimaciones, siendo necesario la coordinación entre los responsables de cada fase o proceso, de manera tal que fomente confianza en el flujo de trabajo a ser manejado

Reconsiderar la lógica, las intensidades de los recursos y los métodos de trabajo que tratan de acortar la duración. Es decir, proporcionar duraciones aceptables para las tareas a ser asignadas, donde las incertidumbres se reducirán y las cargas injustas se rectificarán

Determinar la fecha de inicio de la práctica más temprana para la fase

Si hay tiempo después de comparar el tiempo entre el inicio y la culminación con la duración de las actividades tentativas, decidir qué actividades adicionales se pueden realizar

¿Cuál de las duraciones de actividades son muy frágiles?

Ordenar las actividades frágiles por el grado de incertidumbre

Asignar el tiempo disponible para las actividades frágiles en orden crítico

Una vez que el equipo ha acordado la fase del cronograma y las actividades que lo componen, sólo podrá ser cambiado bajo tres condiciones:

- El contrato principal cambia
- Las actividades en el cronograma no pueden ser realizadas sin la infracción de las reglas del Último Planificador (esto es, permitir a las tareas programadas avanzar en la ventana del lookahead sólo si se está seguro que éstas pueden ser realizadas cuando se tengan listas para programar) o
- Alguien propone una mejor idea y todos los miembros del equipo pueden ser persuadidos a concordar

Ítem	Descripción	Semana Anterior	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Observaciones / Razones
1	Actividad 1								
2	Actividad 2								
...	...								
n	Actividad n								

↑ PPC                                      ↑ Lookahead                                      ↑ Análisis de Restricciones

**Figura N°12:**

Formato en el que se puede implementar las herramientas del Lean Construction Institute

### ***Igualar carga y capacidad***

El igualar la carga de trabajo a la capacidad dentro de un sistema de producción es crítico para la productividad de las unidades de producción por las cuales el

trabajo fluye en el sistema, y es también crítico para el tiempo del ciclo del sistema.

Junto a sus otras funciones, el proceso del lookahead supone mantener un atraso de actividades flexibles para cada unidad de producción (UP). Para hacerlo así, se requiere estimar la carga de varias fracciones de trabajo que se colocarán en las UP's y las capacidades de las UP's para procesar dichas fracciones de trabajo. En cualquier certeza de estimaciones de carga y capacidad, el que planifica debe hacer algunos ajustes. O cambiar la carga para igualar la capacidad, o cambiar la capacidad para igualar la carga, o, más comúnmente, una combinación de las dos.

Dadas las ventajas de mantener una fuerza de trabajo fija y evitar cambios frecuentes, la preferencia es a menudo ajustar la carga. Sin embargo, eso no será el caso cuando existen presiones en una etapa importante planificada o por las fechas de término.

La carga puede ser cambiada para igualar la capacidad retardando o acelerando el flujo de trabajo. La capacidad se puede cambiar para igualar la carga por aumento o reducción de recursos. El jalar ayuda a equilibrar la carga y la capacidad debido a que la UP puede solicitar lo que necesita y en las cantidades adecuadas.

El tiempo de *ciclo* es el correspondiente al total de las actividades asignadas a un puesto de trabajo. Si todos los puestos tienen asignadas actividades que comportan un tiempo total igual, el proceso de producción está equilibrado o balanceado; es decir, se ha alcanzado una sincronización.<sup>1</sup>

El LCI propone un modelo de control de producción a la gerencia de proyectos, dotado de un mecanismo que transforma lo que se DEBE hacer en lo que se PUEDE hacer, de manera tal de formar un inventario de trabajo listo. Esto es, que las actividades de los Planes Semanales de Trabajo se pueden llevar a cabo

<sup>1</sup> Cuatrecasas, Lluís. “*Lean Management: Volver a Empezar*”. Pág. 126.



siempre que éstas constituyan un compromiso para la persona o grupo de personas que producen dichas actividades; es decir, lo que ellos HARÁN realmente.

## Principios del LCI

La gerencia de proyectos propuesta por el Instituto de la Construcción Lean (LCI), se caracteriza por un conjunto de principios que le permite obtener cotas muy elevadas de eficiencia en calidad, tiempo y costos, así como la flexibilidad necesaria para ofrecer lo que el cliente desea, en la cantidad deseada y en el momento preciso.

- 1er. Principio: producir bienes y servicios enfocados al cliente
- 2do. Principio: gestionar procesos en flujo y no en operaciones aisladas
- 3er. Principio: mantener el flujo regular y constante (equilibrado). Esto es, distribuir las tareas entre los puestos de trabajo de forma que la carga que deba soportar cada uno sea similar (evitar los cuellos de botella<sup>1</sup>)
- 4to. Principio: generar una respuesta rápida y correcta a la demanda. Esto se puede lograr dando un enfoque “pull” o de “jale”, que consiste en llevar a cabo exclusivamente la producción de aquellos productos o servicios que hayan sido demandados. Jalar la producción hacia el sistema productivo.<sup>2</sup>
- 5to. Principio: la mejora continua

Las empresas que practican la gerencia de proyectos propuesta por el LCI obtienen productos y/o brindan servicios con las características que valora el

<sup>1</sup> “Cuellos de botella”. Operaciones cuya capacidad es limitada e inferior a la requerida, lo cual limitan la capacidad de todo el sistema productivo e impiden que éste produzca más. Estos limitan la productividad global del proceso en que se encuentran, y por consiguiente, aumentan los tiempos de entrega del producto.

<sup>2</sup> Como referencia, el enfoque “push” o “empujar” consiste en producir aquello para lo que se está mejor preparado y es “empujado” hacia el mercado.

cliente; por tanto, sus procesos deben estar enfocados a él, sin incurrir en actividades que no aporten valor (evitar desperdicios) y dotar a sus procesos de la máxima flexibilidad.

Es importante, describir lo que significa “desperdicio”, a fin de tenerlo en cuenta y no caer en él. Desperdicio es toda actividad o consumo de algún recurso, inútil, que no aporta valor alguno al producto o servicio en producción; es decir, que no sirve para la finalidad del proceso.<sup>3</sup> La gerencia de proyectos del LCI se basa en llevar a cabo cualquier proceso con el mínimo posible de actividades y recursos.

Existen 7 tipos de desperdicio:

1. Producir una cantidad elevada de productos o brindar un servicio sin tener en cuenta la demanda.
2. Utilizar procedimientos inadecuados.
3. Cualquier acumulación de material que no está siendo objeto de actividad alguna; es decir, cualquier inventario o stock.
4. Transporte innecesarios de materiales.
5. Movimientos innecesarios del personal.
6. Tiempos perdidos: por espera de materiales, ausencia del trabajador, ausencia de materiales, o por averías.
7. Defectos de calidad que trasciende el puesto por donde se han producido (retrabajos, paradas en el proceso, aumento del tiempo del proceso y entrega al cliente e insatisfacción de éste).

Otros tipos actividades o aspectos que generan desperdicios constituyen: la producción en grandes cantidades o lotes, la falta de información, la falta de comunicación, la falta de conocimiento del personal, entre otros.

El LCI indica que la productividad lo proporciona el propio tiempo de ciclo del proceso de producción. La eficiencia, con criterios actuales, exige una productividad de los procesos, ajustada a la demanda y no la máxima posible. La

<sup>3</sup> Cuatrecasas, Lluís. “*Lean Management: Volver a Empezar*”. Pág. 88.

productividad de cualquier proceso hay que ajustarla a la demanda, que puede ser variable, sin que a los trabajadores les sobre ni les falte tiempo, al final de la jornada.

Implantar la gerencia de proyectos del LCI a toda una empresa implica:<sup>1</sup>

1. Orientar la actividad de todos los departamentos de la empresa, al cliente. Eliminar el desperdicio “insatisfacción al cliente” con la gestión por procesos con equipos inter departamentales, orientada siempre al cliente.
2. Tener una organización ágil y flexible. El desperdicio a eliminar es la “burocracia”. Optar por una organización plana, con pocos niveles jerárquicos y de manera horizontal.
3. Fomentar relaciones externas satisfactorias, basadas en la armonía, la calidad y la flexibilidad. El desperdicio a eliminar es la insatisfacción de los entes relacionados.
4. Ejercer el liderazgo y fomentar la iniciativa a todos los niveles y favorecer así, la impulsión de las mejoras y la creatividad; basados en la implicación y la motivación. El desperdicio a eliminar es el desaprovechamiento del capital humano, su iniciativa y creatividad.
5. Dotar a la empresa de una infraestructura con un sistema de información adecuado, suficiente y al alcance de todo el personal. El desperdicio a eliminar es la información muy pobre y abundante.
6. Aprovechar las oportunidades que el producto se ajuste a las necesidades y requerimientos de los clientes. El desperdicio a eliminar es el desaprovechamiento de oportunidades.

### **Crítica a la teoría del PMI realizada por el LCI**

El LCI afirma que la base teórica de la gerencia de proyectos está cimentada en la Guía del PMBOK publicada por el PMI y en su mayoría aplicada en la práctica.

<sup>1</sup> Cuatrecasas, Lluís. “*Lean Management: Volver a Empezar*”. Pág. 251-253.

Luego de que el LCI ha analizado el impacto de las deficiencias observadas de esta teoría en la práctica, la profesión y la evolución de la misma, indica que esta teoría está en desuso y que tiene que ser sustituida por una base teórica más amplia y mucho más poderosa.<sup>1</sup>

En un reciente informe publicado por el PMI (1999), acerca del futuro de la gerencia de proyectos y sus profesionales, se han identificado varias tendencias, tal como los avances tecnológicos y el acelerado cambio globalizado, en relación a la cual la gerencia de proyectos debe tomar un papel importante en facilitar y permitir los cambios que involucra.

Así mismo, la gerencia de proyectos practicada por el PMI, está cimentada en una teoría implícita y estrecha que se debe desarrollar, extender y enriquecer. Ciertamente, es la pobreza de esta teoría que explica muchos de los acontecidos problemas en gerencia de proyectos, tal como los fracasos frecuentes de los proyectos, la falta de compromiso hacia métodos de gerencia y el bajo porcentaje de renovación de estos métodos.

El LCI indica que la teoría de gerencia de proyectos debe ser preceptiva: debería revelar cómo su accionar contribuye a un conjunto de metas:

1. Obtener productos o brindar servicios en general.
2. Como metas internas: la reducción de costos y del nivel de utilización.
3. Como metas externas: relacionadas con las necesidades del cliente, como la calidad, la seriedad y la flexibilidad.

Esto sería posible mediante: el diseño de sistemas que se empleen en diseñar y en producir; el control de estos sistemas; y la mejora de los mismos.

La Guía del PMBOK indica que los proyectos se componen de dos clases de procesos: los procesos de gerencia de proyectos y los procesos orientados a un producto (que especifican y crean el producto del proyecto). Los procesos de

<sup>1</sup>Koskela, Lauri y Howell, Gregory. *"The Underlying Theory of Project Management is Obsolote"*. Proceedings of the PMI Research Conference, 2002. Pág. 293-302.

gerencia del proyecto son divididos a su vez en procesos de inicio, planificación, ejecución, control y fin. El LCI indica que para redefinir la teoría de gerencia de proyectos, habría que centrarse primero en la apropiada teoría de lo que significa un proyecto (es decir, en los procesos orientados a un producto), y luego en la teoría de lo que significa gerencia, cubriendo los procesos de planificación, ejecución y control.

Como punto de partida para la redefinición de la teoría de proyecto (mencionado también en la Guía del PMBOK), se puede decir, que el gerenciar o administrar el alcance de un proyecto es la razón de la gerencia de proyectos, el mismo que es definido mediante la Estructura de División de Trabajo. El PMI lo define de la siguiente manera:

Una cantidad adecuada o suficiente del trabajo se realiza;  
El trabajo innecesario no se realiza;  
El trabajo que se realiza entrega el propósito indicado del proyecto.

Desde el punto de vista teórico, el LCI primeramente, llama conceptualismo al manejo del trabajo de la gerencia de proyectos indicada por el PMI; en segundo lugar, critica que dicho trabajo puede ser manejado descomponiendo el esfuerzo total del trabajo en fracciones más pequeñas, las cuales se relacionan en su totalidad por la dependencia secuencial y que en la Guía del PMBOK las llaman actividades y tareas; en tercer lugar, critica que este conceptualismo y el principio de la descomposición sirven para tres propósitos esenciales de la gerencia de proyectos: transformación, flujo y valor. Ciertamente, la Guía del PMBOK revela que las actividades y las tareas vienen a ser las unidades de análisis en los procesos de gerencia de proyectos. La gerencia del proceso de transformación (o de actividades y tareas) es lo que para el LCI significa la gerencia de la producción.

El LCI discute que la teoría de proyecto como transformación no es lo mejor que se tiene actualmente; bastante se tiene por hacer; esto llega a ser muy superficial cuando se compara con las teorías de producción que han existido

mucho antes del surgimiento de la gerencia de proyectos. La mayor diferencia entre la transformación y el flujo de procesos, es que este último incluye el tiempo como un atributo de la producción, ya que el tiempo es afectado por la incertidumbre en el proceso de producción, así como la interdependencia entre tareas, los cuales no se reconocen en la transformación.

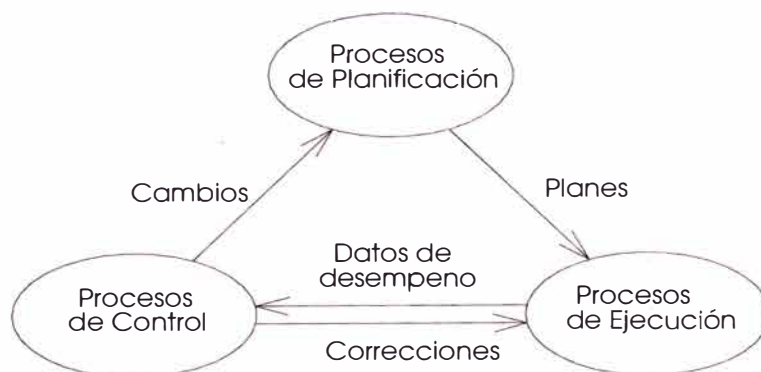
Con respecto a los propósitos de la gerencia de proyectos, el flujo dirige especialmente a que “el trabajo innecesario no se realiza”, la esencia básica deberá ser eliminar el desperdicio del flujo de procesos. Tales principios como la reducción del plazo de espera y la reducción de la variabilidad se promueven. Así, la prescripción gerencial es completamente diferente con respecto a la transformación; por ejemplo, lo anterior sugiere reducir la incertidumbre, mientras que lo último acepta la incertidumbre existente.

Por otro lado, la mayor diferencia entre la transformación y la generación de valor es que el cliente es incluido en el conceptualismo del último. Mientras que la transformación asume que los requisitos de cliente existen en el principio, y que ellos pueden ser descompuestos junto con el trabajo, la generación de valor admite que en el principio, los requisitos de cliente no están necesariamente disponibles ni bien entendidos, y que la asignación de requisitos a partes diferentes del (proyecto o) producto es un problema difícil, pues busca el propósito del negocio.

Se ha discutido que estos tres conceptos de la producción no son alternativos, que compiten en las teorías de producción, de manera parcial y complementaria. El LCI indica que lo que se necesita es una teoría de producción e instrumentos relacionados que integren completamente los conceptos de la transformación, el flujo, y el valor. Como un primer paso hacia esto, se debe conceptualizar la producción simultáneamente desde estos tres puntos de vista. La utilización de sólo el modelo de la transformación dirige no sólo a un descuido pasivo de los principios de flujo y de generación de valor sino a una infracción activa de estos principios (lo cual no toma en cuenta el PMI).

La Guía del PMBOK divide los procesos de gerencia de proyectos en procesos de inicio, planificación, ejecución, control y fin. De acuerdo a la Figura N°13, una idea central es que estos procesos forman un lazo cerrado: los procesos de planificación proporcionan un plan, este es realizado por los procesos de ejecución, y las variaciones de la línea de fondo o pedidos para el cambio llevan a correcciones en la ejecución o cambios en planes adicionales.

Como se puede apreciar, los procesos de planificación dominan la escena en la teoría del PMI. Su énfasis se centra en la planificación, con una pequeña disposición especial en la ejecución. La comparación de las teorías en el campo de las operaciones revela que la perspectiva está en la gerencia como planificación; es decir, en la creación, revisión e implementación centralizadas de planes. Este enfoque de gerencia percibe una fuerte conexión causal entre las acciones de la gerencia y los resultados de la organización.



**Figura N°13:**

El lazo cerrado de los principales procesos de la gerencia de proyectos de acuerdo a la Guía del PMBOK del PMI

Existe otro enfoque de la gerencia, llamado gerencia como organización, que se ha presentado como una contraparte a la gerencia como planificación. Donde la actividad humana se sitúa inherentemente; es decir, que es una respuesta a la situación en cuestión. De esta manera, la naturaleza estructurada del ambiente

puede contribuir a un actuar determinado. Otra importante diferencia con el modelo de gerencia como planificación es que el accionar consiste en la interacción de las subunidades; es decir, que son capaces de predecir, planificar y actuar. En lugar de la representación central, se asume que hay varias representaciones para cada subunidad diferente. La comunicación no es jerárquica, sino se basa en la interacción entre subunidades. De este modo, la gerencia implica el diseño, la coordinación y permite de otro modo las actividades autónomas. También es digno de mención que el enfoque de la gerencia como organización no es exclusiva; bastantes representaciones y planes la han aceptado como una posible base de una determinada acción.

Entre las diferencias entre el modelo de gerencia como organización con el modelo de gerencia como planificación, destacan:

1. Es imposible mantener una representación completa y reciente de las circunstancias actuales y del plan para ser cambiados.
2. La separación absoluta de la gerencia y la ejecución no se ve adecuadamente correspondida con la organización real.
3. Los planes empujan<sup>1</sup> a las tareas a su ejecución sin tomar en cuenta la posición del sistema de producción.

La teoría del PMI es desconcertante referente a la teoría de ejecución por su breve redacción. La única referencia directa a la actual interfase entre el plan y lo que se realiza está de acuerdo al sistema de autorización de trabajo. El LCI indica que el asunto básico es asignar tareas o trabajos a cuadrillas de equipos o mano de obra, usualmente por una autoridad central, proceso denominado despacho.

Obviamente, despachar consiste en dos cosas: decidir (para escoger la tarea para una cuadrilla de trabajo de aquellas tareas predefinidas que se encuentran listas para su ejecución), y comunicar la tarea (o la autorización) a la cuadrilla de trabajo. Sin embargo, en el caso del PMI, esa decisión se toma en gran parte

<sup>1</sup> La contraparte vienen a ser los Mecanismos de Jale, han sido descritos líneas arriba (Pág. 38).



con cuidado en la planificación, y así el despacho se reduce a una mera comunicación: la autorización o la notificación escritas u orales del inicio del trabajo.

Existen dos tipos de crítica contra la teoría de despacho del PMI. La primera crítica dirige a la suposición de que las entradas (o actividades previas) para una tarea y los recursos para ser ejecutada están listos al momento de la autorización. Esta crítica empieza de la teoría de la planificación – la gerencia como planificación. En este enfoque, se asume la realización de tareas empujadas por el plan a la ejecución. Sin embargo, como fue discutido líneas arriba, es muy difícil de mantener un plan reciente, y así las tareas empujadas por el plan no corresponden a la realidad, es decir sus requisitos previos en términos de tareas de su antecesor (u otras entradas) no existen necesariamente. Esto conlleva a la situación que para una acción mayor de tareas a ser iniciada, cuando es empujada por el plan, carece crónicamente de una o más de sus actividades previas.

La segunda crítica dirige a que la ejecución se da a través del flujo de la autorización de una tarea. Se asume que la tarea que se entiende completamente, es iniciada y completada según el plan una vez autorizada. Sin embargo, esta opinión ha sido desafiada por la perspectiva de la ejecución, donde se discute que el trabajo en organizaciones es coordinado para realizar y mantener los compromisos. El ciclo del compromiso inicia con una oferta o un pedido, seguido por una promesa, su desarrollo y la declaración de la culminación. Así, la ejecución es coordinada por los compromisos de las personas que lo realizan antes que por la actuación del control central por medio de órdenes.

La perspectiva de la ejecución revela dos defectos básicos del modelo de despacho. Primero, al despachar, debe haber comunicación de dos formas entre el director y los ejecutores. Segundo, es necesario considerar el compromiso del ejecutor; un trabajo se iniciará realmente y será completado sólo si el ejecutor es obligado a darse cuenta de ello.

La teoría del PMI divide el proceso central de control en dos sub-procesos: el reporte del desempeño y el control general de cambio. Basado en lo primero, las correcciones se prescriben para los procesos de ejecución (como es el modelo del termostato), y basado en lo último, los cambios se prescriben para los procesos de planificación.

El PMI al parecer se ha basado en tres teorías de gerencia: la gerencia como planificación, el modelo de despacho y el modelo de termostato. El primero es evidente de la estructura y del enfoque de la Guía del PMBOK. El segundo es aparente de la discusión de la ejecución en dicha Guía. El tercero se personifica muy claramente en el cierre del lazo de la planificación, ejecución y control como es representado en la figura anterior. Ninguna teoría viene como una sorpresa. La gerencia como planificación ha sido extensamente tomada en cuenta – incluso cuanto más implícita ha sido – en la acción intencional en organizaciones hasta ahora. El modelo de despacho, asociado estrechamente con la gerencia como planificación, ha sido común en la ingeniería industrial desde principios del siglo XX. Igualmente, este modelo ha sido visto como el que ha dominado en la gerencia en el siglo XX. Estas ideas han sido toda una corriente cuando la gerencia de proyectos surgió. Juntos formaban la base teórica de la actual práctica de la gerencia de proyectos.

Existe otra teoría de control, además del modelo de termostato, aquella que dirige al aprender y a la mejora. La que trata acerca de un experimento para la mejora de la calidad, donde se verificaría la validez de una hipótesis específica:

Esto consiste en que los tres pasos del control: especificación, producción, y juicio de la calidad; deben entrar en un círculo en vez de una línea recta. Puede ser útil pensar en los tres pasos en el proceso de producción en gran escala como pasos en el método científico. En tal sentido, la especificación, la producción, y la inspección corresponden respectivamente a hacer una hipótesis, llevando a cabo un experimento, y a probar dicha hipótesis. Estos tres pasos constituyen un proceso científico dinámico de adquirir el conocimiento.

PMI	LCI
Teoría Implícita	Teoría Explícita
Es la base de la teoría y práctica de gerencia de proyectos	Complementa la teoría del PMI
Razón de la gerencia de proyectos: Gerenciar el Alcance <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Una cantidad adecuada o suficiente del trabajo se realiza</li> <li>b. El trabajo innecesario no se realiza</li> <li>c. El trabajo que se realiza entrega el propósito indicado del proyecto</li> </ul>	Se concentra en “el trabajo innecesario no se realiza”, la esencia es <u>eliminar</u> el desperdicio del flujo de procesos. Se promueve la reducción del plazo de entrega o ejecución y la reducción de la variabilidad
Conceptualiza al trabajo de la gerencia de proyectos	Practica el trabajo de la gerencia de proyectos
El foco está en transacciones y contratos	El foco está en el sistema de producción
Unidades de análisis = Actividades y tareas	Gerencia de la producción = Gerencia de las actividades y tareas
Prevalece la realización de actividades y tareas en procesos. Incluye dependencia secuencial	Prevalece el flujo de procesos de las actividades y tareas. Incluye el tiempo y la interdependencia
Las decisiones son realizadas en forma secuencial por especialistas y empíricamente	Las actividades posteriores son implicadas en decisiones predecesoras
La meta es la transformación	La metas son la transformación, el flujo y el valor
Acepta a la incertidumbre existente	Sugiere reducir la incertidumbre
Asume que los requisitos del cliente existen en el principio	Admite que en el principio, los requisitos del cliente no están necesariamente disponibles ni bien entendidos
No todas etapas de ciclo de vida del producto se consideran en el diseño	Todas las etapas del ciclo de vida del producto se consideran en el diseño
Gerencia como planificación	Gerencia como organización
Breve énfasis en la ejecución. Planifica y comunica el inicio del trabajo. Supone que las actividades previas están listas	Decide, asigna y comunica el inicio del trabajo de aquellas tareas predefinidas que están listas para su ejecución
La ejecución se da a través del flujo de la autorización de una tarea	La ejecución es coordinada para realizar y mantener los compromisos
Proceso de control: Modelo del Termostato (reporte de desempeño) Volver al desempeño estándar pero con diferente intensidad	Proceso de control: PPC (experimento científico) Permite encontrar las desviaciones y elimina las causas que prevalecen
Los búferes se calibran y son localizados para la optimización local	Los búferes <sup>1</sup> se calibran y son localizados para realizar su función de absorber la variabilidad del sistema
El aprendizaje ocurre esporádicamente	El aprendizaje se incorpora en el proyecto, en la organización y en la ejecución misma
Los intereses de los accionistas no se alinean	Los intereses de los accionistas se alinean

**Tabla 1:** Comparativo entre la teoría del PMI y la del LCI<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> *Búfer*: es aquel objeto o persona que reduce el impacto o protege a alguien o algo de las dificultades.

Esto puede ser generalizado para: todas las operaciones, las mismas que se pueden tratar como hipótesis en prueba, antes que sean especificadas como experimentos en el avance. Luego cada operación deberá especificarse, es decir la hipótesis se hace explícita. De esta manera, las causas de raíz de los problemas se pueden encontrar, y por ende, mejorar el desempeño.

Este “experimento científico” de la teoría de control revela un defecto fatal del modelo de termostato, que dirige volver al desempeño estándar que utiliza los recursos de mano de obra, pero con intensidad diferente. El modelo del termostato no dirige encontrar razones para desviaciones, ni elimina éstas causas que prevalecen.

Así, las deficiencias de la teoría de proyecto y de la teoría de gerencia refuerza uno al otro y sus efectos perjudiciales se propagan por todo el ciclo de vida de un proyecto.

Típicamente, los requisitos del cliente se investigan mal en el principio, y el proceso de clarificación del requisito y el cambio implica interrupción en el progreso del proyecto. El progreso real se inicia al llevar a cabo el plan, actualizándolo regularmente a pesar de ser demasiado incómodo. Sin un plan reciente, el sistema de autorización de trabajo se transforma en un enfoque de gerencia informal. Cada vez más, las tareas se inician sin todas sus entradas y requisitos previos, llevando a la baja eficiencia o la interrupción de tareas e incremento de la variabilidad. Por consiguiente, controlar por medio de una línea base de desempeño que no se basa en la posición actual llega a ser ineficaz o simplemente contraproducente. Al final, la gerencia del proyecto se transforma en una fachada, detrás de la cual el trabajo ha sido realizado, con la eficiencia reducida y el valor disminuido para el cliente.

<sup>1</sup> Algunas diferencias han sido extraídas de: Ballard, Glenn y Howell, Gregory. “*Lean Project Management*”. Building Research & Information (2003) 31(2) Pág. 122

La longevidad de la gerencia de proyectos en su forma original ha debido estar dada por la falta de una teoría explícita. Los que la han practicado han observado los defectos de la metodología, pero sin una teoría base, siendo casi imposible tener acceso a las suposiciones deficientes o discutir con abogados de la metodología. Por otro lado, los métodos alternativos han evolucionado a partir de observaciones y necesidades prácticas, que no han tenido una explicación teórica, y que su difusión ha sido lenta.

En efecto, la gerencia de proyectos como una disciplina ha estado en crisis, y que un cambio del paradigma, largo y atrasado, se ha dado lugar. El LCI, no trata de presentar una nueva teoría de gerencia de proyectos. Sin embargo, las novedosas teorías, encontraron ser más poderosas que las teorías fundamentales implícitas o complementarias a ellas, proporcionando las pautas a una nueva base teórica, las cuales pueden ser utilizadas para la renovación de la metodología de gerencia de proyectos. El progreso se puede lograr mediante dos rutas. Primeramente, basado en nuevas teorías en gerencia de operaciones; donde nuevos métodos de gerencia de proyectos puedan ser desarrollados y probados. En segundo lugar, la práctica avanzada (que se desvía de la doctrina presente) puede ser consolidada y puede ser explicada teóricamente, que lleva a la nueva comprensión y posiblemente al refinamiento adicional de esa práctica.

El reto está en cómo programar esfuerzos para poder administrar de la mejor manera un proceso de gerencia de proyectos; es decir, cómo romper una tendencia histórica equivocada del manejo de un proyecto e iniciar un efecto retroalimentador.

## 1.2 Situación actual de la Construcción en el Perú

El hablar de este tema y describir de cómo estamos técnica, económica y socialmente hoy en día, merece un estudio muy amplio y detallado, digno de una tesis. Lo que se trata de brindar al lector en esta parte del Informe es una breve reflexión de cómo el mundo está frente a nuestro país y de cómo debe actuar un gerente de proyectos frente a esto actualmente.

En 1989, ningún analista político, avizorada la ocurrencia de una verdadera e inesperada revolución en todo el mundo; en Europa sucedía la caída del Muro de Berlín y el inicio de un definitivo proceso de reunificación de las dos Alemanias, lo cual apenas tomó dos años en producirse. De manera ocurría la desintegración de la Unión Soviética. Se derrumbó la bipolaridad Este – Oeste que habría regido la política mundial durante décadas. Ya no existían enemigos (Estados Unidos y la Ex Unión Soviética), ahora, los amigos son importantes, en el denominado nuevo orden económico mundial, todos son amigos. Es decir, el mundo entraba a una nueva etapa de democracia y de competitividad.

El centro de la geoeconomía en el mundo se trasladaba del triángulo del Atlántico al triángulo del Pacífico. En el pasado, Londres, París y Nueva York constituyeron el centro de mayor actividad y dinamismo económico en el mundo; hoy en día, este triángulo se ha trasladado al Pacífico: Sídney, Tokio y Los Angeles. La Cuenca del Pacífico, 30% de la superficie de la Tierra, concentra hoy más del 60% del producto bruto global.<sup>1</sup> Esto último debería ser un tema de reflexión para los peruanos que, por nuestra privilegiada ubicación geográfica, deberíamos ser el nexo del Atlántico con el Pacífico; esto debería impulsar el desarrollo de estrategias geopolíticas.

Por otro lado, está el fenómeno de la globalización, hechos que han dejado de tener una referencia local y han pasado a tener una referencia mundial. Cualquier acontecimiento sucedido en cualquier centro financiero es transmitido al resto del mundo sin importar las distancias. El fenómeno mundial de la globalización ha generado una dualidad, un contraste entre el sector minoritario que participa de sus ventajas y un sector mayoritario que no tiene acceso a ellas aunque pueda conocerlas (teléfonos celulares, internet, consumo de bienes importados). Esto explica en parte, la creciente ola de inseguridad ciudadana de los últimos años en América Latina. El mensaje no es cerrarse ni dejar de lado la globalización, sino de encontrar la manera de hacer participar a ese sector de la población que hoy está al margen del proceso. La globalización no sólo tiene

<sup>1</sup> Inacocha Cáceda, Alejandro. “*La creación de valor y la calidad de las actividades económicas. ESAN Convención Empresarial 1997: Creación de Valor y Gerencia*”. Pág. 25

aspectos positivos, sino serias implicancias sociales sobre las cuales es importante reflexionar: ¿estamos preparados para dichos cambios?.

Ha habido también una revolución tecnológica, que ha hecho perder a varios países las ventajas comparativas que les otorgaba la posesión de importantes recursos naturales. Actualmente, la tecnología ha dejado de ser un activo para convertirse en un elemento fundamental de la competitividad. Ésta ya no depende de los recursos naturales ni de la mano de obra, sino de la revolución operada en ramas como la microelectrónica, la biotecnología o la ciencia de los materiales. El desarrollo tecnológico ha hecho que se emplee menos mano de obra para hacer lo mismo o más. El mundo vive el auge del internet y el desarrollo de las comunicaciones. Éstos vienen desarrollándose a pasos agigantados.

El comercio mundial ha tomado, hoy en día, otras características. La primera, que gran parte corresponde al comercio transnacional, el que rige hoy en todo el mundo. Y la segunda, es la internacionalización de la producción (fabricación de partes en diferentes países).

Un país al igual que una empresa, crea valor y es competitivo si es exitoso en el comercio internacional gracias a un uso adecuado del conocimiento y de la tecnología y a una alta productividad, y si con ello genera elevados niveles de vida para la población. En el nuevo orden económico mundial, las ventajas competitivas ya no dependen de los recursos naturales, ni del salario, sino de la productividad de la mano de obra.<sup>1</sup>

Favorecer la desigualdad entre países, regiones, empresas y personas; crea la marginalidad, pues los no competitivos son dejados de lado. De esta manera, aparecen los trastornos sociales, se promueve la exacerbación del individualismo y la agresividad colectiva, se reduce de esta manera la capacidad de las organizaciones públicas y las democráticas en interactuar con los individuos, entre otras consecuencias.

<sup>1</sup> Inacochea Cáceda, Alejandro. *“La creación de valor y la calidad de las actividades económicas. ESAN Convención Empresarial 1997: Creación de Valor y Gerencia”*. Pág. 29.

Dentro de las principales características de países exitosos se tiene:<sup>1</sup>

Altos índices de ahorro, de inversión y de productividad laboral

Gran inversión en infraestructura

Desarrollo social de la población

Orientación comercial hacia el exterior

Estructuras reguladoras que propician el desarrollo

Una gran inversión en capital humano: en educación y salud

Entorno claro y transparente que favorece el desarrollo

La competitividad es un elemento muy dinámico, cambiante, carece de la permanencia del rentismo, que ya se agotó. La competitividad se gana día a día y se requiere tecnología, innovación, desenvolverse con las nuevas reglas de juego del mercado internacional, muchas veces sutiles.<sup>2</sup>

En muchos casos, la tecnología que se nos transfiere es la que ya no sirve, tenemos que estar conscientes de ello y buscar socios para esa tecnología: alcanzar estrategias y fusiones. La falta de formación profesional constituye un gran obstáculo a la competitividad. Las empresas deben ser vistas como centros de formación de recursos humanos: "Todos debemos estar sintonizados". Un crecimiento tecnológico en un país permite mejorar su productividad, pero hay que saber implementarlo.

El mundo está jugando otro tipo de ajedrez en el ámbito comercial y debemos adaptarnos a una estrategia apropiada para conseguir la creación de valor en nuestro país. Se requiere mejorar los sistemas de información, incentivar la especialización comercial en productos que impliquen creación de valor y negociar con los bloques comerciales regionales para aprovechar las oportunidades de ingresar a nuevos mercados.

<sup>1</sup> Inacochea Cáceda, Alejandro. "La creación de valor y la calidad de las actividades económicas. *ESAN Convención Empresarial 1997: Creación de Valor y Gerencia*". Pág. 31.

<sup>2</sup> Ibid. Pág. 36.



La complejidad inherente a la competitividad obliga a que ésta sea materia del esfuerzo constante y la concertación de profesionales especializados con visión estratégica y de largo plazo.<sup>1</sup>

Tenemos que tener muy claro hacia dónde queremos llegar. Además, la globalización tiene una serie de implicancias que se debe considerar, efectos no deseados que es importante aminorar. La prosperidad de una empresa depende de la productividad. El éxito y la superación de la competencia de una empresa no deben ser una meta final, sino el resultado residual de la permanente búsqueda de su propia superación.

Un gerente de proyectos visionario persigue un conjunto de objetivos de los cuales obtener ganancias es sólo uno, y no necesariamente el principal. Buscar utilidades sí, pero lo guía igualmente una ideología cuyos valores básicos van más allá de sólo ganar dinero; pero paradójicamente, conseguir ganancias mayores que los gerentes motivados sólo por el afán de lucro.

Una rápida capacidad de innovación está en la *actitud* de la gerencia, en la cultura empresarial: Debemos estar permanentemente insatisfechos con lo que hacemos, con la forma en que lo hacemos, con los costos con los que hacemos. Debemos aceptar además, que la creatividad no es un asunto sólo de los gerentes, ni siquiera sólo de los profesionales, ni de los hombres cultos, es un asunto también de los obreros, de los empleados de menor nivel. Para lo cual, se debe asegurar una eficiente comunicación para que esa capacidad creadora pueda ser convertida en mejoras.

Un gerente no solamente debe buscar el crecimiento o la utilidad de corto plazo sino que, lo que resulta más importante, debe tener una visión de largo plazo. Una forma de lograrlo, consiste en mantener una relación saludable con sus clientes y tener la continua participación de sus trabajadores, proveedores y financistas.

<sup>1</sup> Inacocha Cáceda, Alejandro. “*La creación de valor y la calidad de las actividades económicas. ESAN Convención Empresarial 1997: Creación de Valor y Gerencia*”. Pág. 38

Luego de una breve reflexión deberíamos hacernos una serie de preguntas, como aquella de cómo está nuestro país en el área de la construcción actualmente? Estamos tomando en razón de lo que se viene suscitando a nuestro alrededor en el mundo?, somos capaces de aprovechar las oportunidades que se nos presentan?, estamos preparados para el cambio?, seguramente no; es difícil, pero no imposible. Es cuestión de proponérselo, asumir retos, fijar nuestras metas y llevarlas a cabo.

## Capítulo 2: Caso Yanacocha

En esta parte del informe, se realizará una descripción general de la aplicación en un caso real, de las múltiples herramientas y técnicas de los dos modelos de gerencia de proyectos antes mencionados. Primeramente, se hará una breve descripción de la obra misma y de los alcances que contemplaba el contrato; para luego, pasar a explicar la aplicación de la teoría del LCI en los procesos constructivos, identificados en la planificación de la ejecución del proyecto. Y por último, la práctica de gerencia de proyectos propiamente dicha.

Antes de pasar a describir el Caso Yanacocha, es necesario saber de qué se trata una plataforma de lixiviación, y sobre todo, cual es el proceso de lixiviación que utiliza Minera Yanacocha SRL (MYSRL), propietario del proyecto.

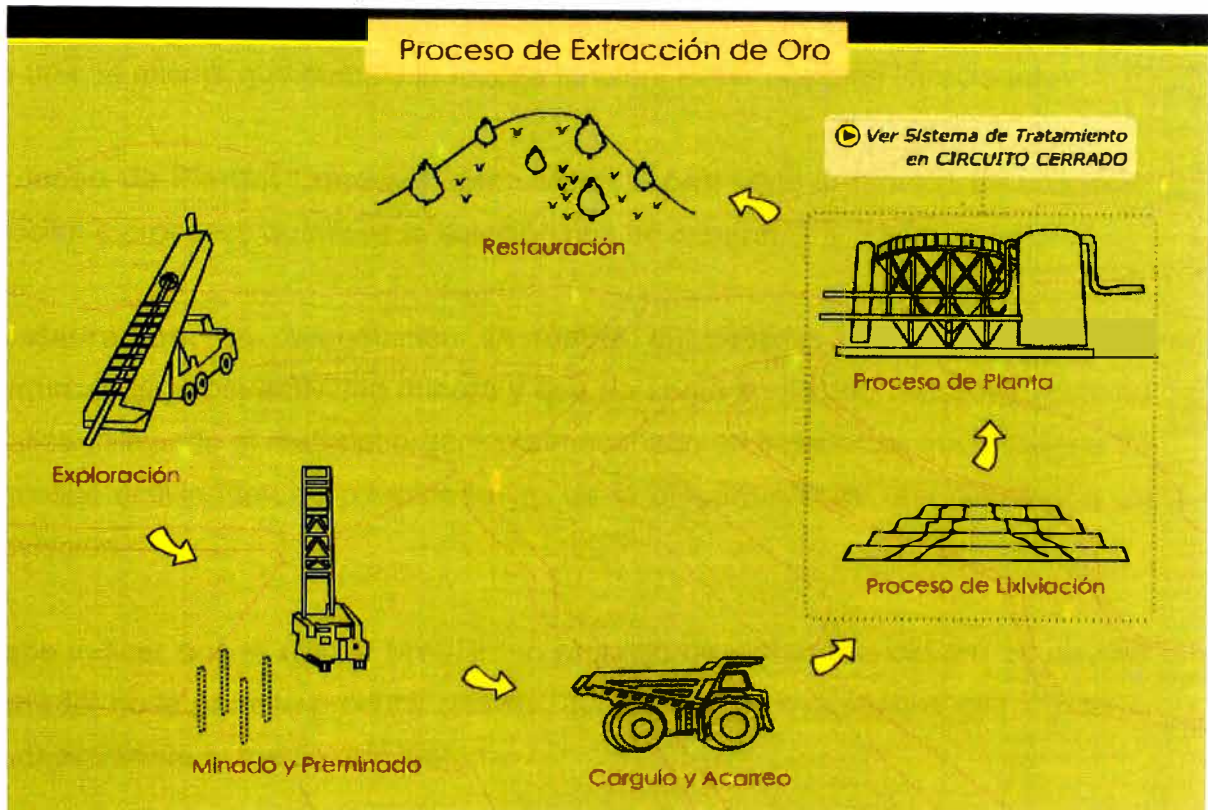
### 2.1 Proceso de Lixiviación

El *Proceso de Lixiviación* utilizado en MYSRL, es aquel proceso por el cual se extrae metales solubles (como por ejemplo, el oro y la plata) de un conjunto de minerales mediante el paso de una solución cianurada a través de éste. Y una *Plataforma de Lixiviación* es aquella área donde se lleva a cabo dicho proceso y que ha sido preparada previamente.

**Exploración:** Inicialmente se utilizan reportes satelitales para determinar zonas mineralizadas, estas lecturas que se hacen en el espacio determinan qué zonas contienen concentraciones de minerales. Luego, el trabajo de campo consiste en la contraste de lecturas que se realiza con sondas aéreas transportadas por helicópteros. Finalmente, los geólogos realizan las muestras de campo.

**Minado y Preminado:** Cuando se determina el inicio de la explotación de un depósito mineralizado, se procede con el preminado que es el retiro de la capa orgánica del suelo. Luego con amplias medidas de seguridad se procede a las perforaciones que almacenarán el material explosivo que es mezclado y es capaz de producir voladura recién en ese momento. Finalmente, se realiza la

explosión que remueve subterráneamente el material exponiendo el mineral que posteriormente es acarreado hacia las plataformas de lixiviación.



**Figura N°14:**

Proceso de extracción del Oro en Minera Yanacocha

**Carguío y Acarreo:** Consiste en el transporte de la tierra removida que contiene mineral a las plataformas de lixiviación. Para esta tarea Yanacocha utiliza poderosas máquinas, palas mecánicas que son capaces de transportar 50 toneladas por cada cucharada y camiones gigantes que transportan hasta 240 toneladas por viaje.

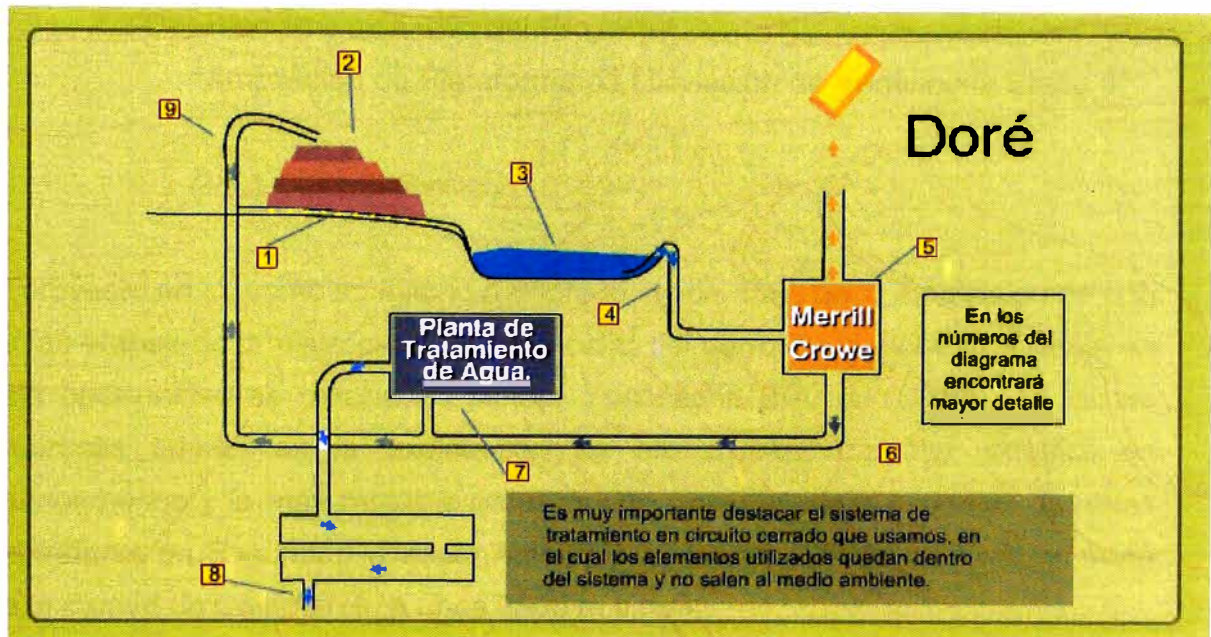
**Plataformas de Lixiviación:** Son grandes extensiones de terreno que son preparadas de acuerdo a una determinada topografía e ingeniería necesarias para el proceso de lixiviación y almacenar grandes toneladas de material. Esta preparación o construcción se describe más al detalle líneas abajo en los

alcances del proyecto. Similarmente, son construidas las pozas de procesos o de lixiviación con la gran diferencia que cuentan con un exhaustivo sistema de detección de posibles fugas gracias a sensores instalados entre cada capa de geomembrana. Es necesario aclarar que son tres las geomembranas las que protegen a las pozas, mientras que en la plataforma de lixiviación sólo se trata de una, la misma que cumple la misma función, evitar posibles filtraciones.

**Proceso de Planta:** Conocido como Merrill Crowe tiene la función de solidificar gracias a procesos químicos la solución rica en mineral.

**Restauración:** La revegetación se realiza en aquellas áreas que han sido perturbadas por la actividad minera y que no seguirán siendo utilizadas. Esto se realiza utilizando el material orgánico almacenado en botaderos, que proviene de aquellas actividades de preminado y/o de la preparación de una plataforma de lixiviación.

Cabe indicar que al utilizar MYSRL un proceso de extracción del oro en circuito cerrado, no le permite producir relaves, humos tóxicos o desechos que impacten negativamente al medio ambiente.



**1:** Sensores entre capa y capa de membrana plástica o geomembrana que impermeabiliza el terreno y detecta cualquier filtración que pudiese ocurrir.

**2:** Riego por goteo con una solución cianurada de 50 ppm de cianuro, la cual disuelve los metales.

**3:** Poza de lixiviación o de procesos donde se concentra la solución con contenido de oro.

**4:** Toda la solución va por tuberías y éstas van por canales revestidos de plástico.

**5:** El proceso utilizado para extraer el oro de la solución es el Merrill Crowe. Consiste en precipitar el oro de la solución mediante la adición de polvo de zinc. Este proceso consta de 4 etapas:

- Filtrado para tener una solución limpia.
- Deaeración, para eliminar el oxígeno de la solución
- Adición de polvo de zinc
- Filtrado de precipitado de oro

Finalmente se obtiene las barras Doré que contienen 70% de oro y 30% de plata.

**6:** La solución sin oro ni plata se denomina solución pobre o Barren. Esta tiene menor contenido de cianuro (1525 ppm CM).

**7:** Tratamiento del agua que consiste en la destrucción del cianuro con cloro y la separación de metales: Hg, As, Se, Fe, Cu, entre otros.

**8:** Agua limpia que es liberada al medio ambiente sólo cuando es necesario, como en épocas de lluvias.

**9:** Agua reciclada que se vuelve a utilizar en el circuito adicionándole cianuro.

### Figura Nº15:

#### Sistema de Tratamiento de Agua en CIRCUITO CERRADO

## 2.2 Descripción y alcances del Proyecto:

### “Ampliación de Plataforma de Lixiviación de Yanacocha Etapa 6”

#### 2.2.1 Descripción

El proyecto en sí, como su mismo nombre lo indica, trata de la ampliación de una de las etapas de la plataforma de lixiviación<sup>1</sup> del cerro Yanacocha. El Cliente en esta oportunidad se trataba de Minera Yanacocha SRL (MYSRL), una de las empresas líderes en la explotación de oro a nivel mundial, primera en Latinoamérica y la más rentable en el mundo, quien viene trabajando con altos estándares en Seguridad y Medio Ambiente en la sierra norte del Perú, al norte de la ciudad de Cajamarca, a unos 3500 m.s.n.m.

La plataforma de lixiviación de la Etapa 6 del cerro Yanacocha abarca un área de ampliación de aproximadamente 580,000 m<sup>2</sup>. Esta ampliación se encuentra ubicada al sur de las Etapas 1 a 5 existentes y se trata de una plataforma de lixiviación independiente que está situada en el Botadero del Cerro Yanacocha Norte a una altitud aproximada de 3954 m.s.n.m. La construcción de la ampliación incluía la plataforma de lixiviación, los caminos de acceso del perímetro de la plataforma y los canales de derivación de las aguas superficiales asociados; un nuevo compartimiento dual de pozas de proceso revestidas de geomembranas triples; un canal de solución que va de la plataforma de lixiviación y las (02) nuevas pozas de proceso al canal de solución de la plataforma de lixiviación de la Etapa 1 existente; y modificaciones a la Pila de Acopio de Suelo Orgánico No. 2.

Se trataba de un contrato a Precios Unitarios, y donde la supervisión estaba a cargo de MYSRL, Buenaventura Ingenieros SA (BISA) y Knight Piésold (KP), quienes controlaban lo relacionado con la seguridad y contratos, ejecución, y aseguramiento de la calidad, respectivamente. El monto contractual del proyecto era de 12'400,000.00 dólares americanos, con un plazo de ejecución de 13 meses, teniendo como fecha de inicio el 02 de Junio de 2003, la entrega del

Primer Carguío<sup>1</sup> el 01 de Octubre de 2004 y la entrega final del proyecto el 30 de Octubre de 2004.

La ejecución del proyecto estaba dividida en dos (02) etapas. La primera, se iniciaría en Junio de 2003 a Noviembre de 2003, y la segunda, del mes de Marzo de 2004 y finalizaba en Agosto del mismo año. Por consiguiente, se contaría con un breve receso de actividades entre ambas etapas debido a la temporada de lluvias y de tormentas eléctricas que hacía el trabajo muchísimo más difícil que lo habitual. Durante esta etapa de paralización, el Contratista estaría obligado a realizar trabajos medio ambientales en todas las áreas en donde venía trabajando.

### 2.2.2 Alcances

La construcción del proyecto se iniciaría el 2 de junio de 2003. Minera Yanacocha S.R.L. (MYSRL), el Cliente, designaría un área para que el Contratista establezca sus instalaciones para mantenimiento y oficinas fuera del área de ampliación de la plataforma de lixiviación.

La mayor parte de la plataforma de lixiviación está ubicada sobre desecho de mina que se esperaba que esté dentro de +/- 500 mm de la rasante irregular de la plataforma de lixiviación final cuando se iniciaría la construcción. Se tenía previsto de una renivelación de esta superficie antes de la colocación del revestimiento del suelo para formar la gradiente adecuada de la plataforma hacia el oeste, tal como se identifica en los planos de nivelación de construcción.

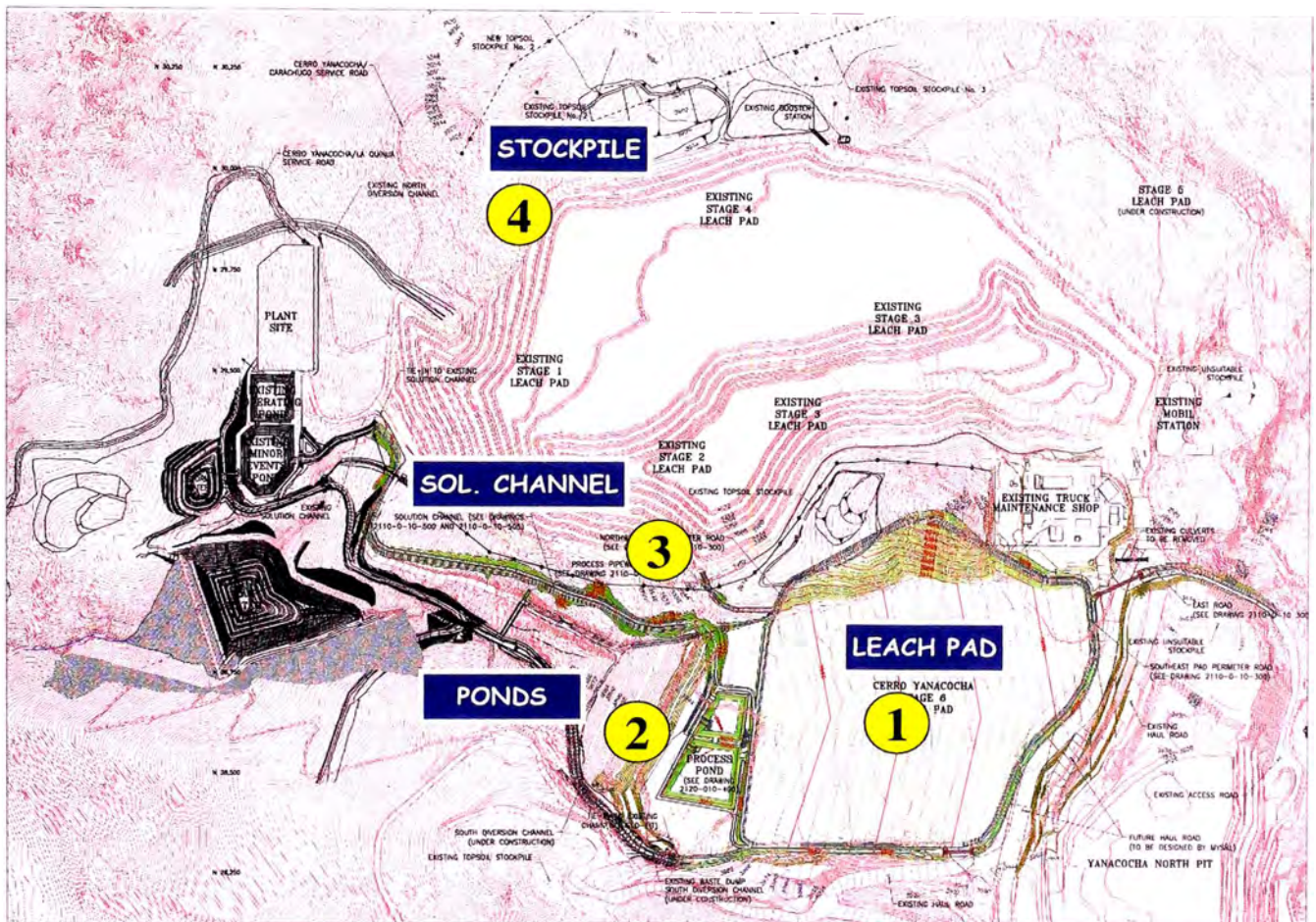
El resto de la plataforma de lixiviación está sobre el talud norte empinado por encima de la superficie del botadero y que se caracteriza por presentarse varias condiciones de terreno. Estas condiciones van desde afloramientos de roca expuestos hasta áreas en donde la vegetación, la profunda capa de suelo orgánico y los depósitos de material inadecuado se encontraban recubriendo la

---

<sup>1</sup> El *Primer Carguío*, consistía en la entrega parcial del Proyecto, con la cual la mina iniciaría sus operaciones con el apilamiento de mineral sobre uno de los extremos de la plataforma de lixiviación en construcción.



superficie de cimentación de la plataforma de lixiviación. En este talud se encontrarían algunos afloramientos notables de aguas freáticas.



**Figura N°16:**

Frentes de trabajo: plataforma de lixiviación (Leach Pad), pozas de procesos (Ponds), canal de solución (Solution Channel) y Pila de Acopio de Suelo Orgánico No. 2 (Stockpile).

La preparación de la cimentación de la plataforma de lixiviación sobre el talud norte incluiría el raspado de materiales de la capa superficial, compuesta por vegetación y suelo orgánico, y su transporte a la Pila de Acopio de Suelo Orgánico No. 2. La misma que se encuentra ubicada en el lado norte de las Etapas 1 a 5 existentes, en un valle colindante, en el lado norte de la Vía de Acceso. Una vez terminado el raspado de la capa superficial del suelo, la preparación de la cimentación dependería del área de la plataforma de lixiviación

que requería excavación y del tipo de material con que se contaba debajo de la capa superficial del suelo. Dentro del área de la plataforma de lixiviación se debería retirar todo el material inadecuado, que estaría compuesto de arcillas suaves saturadas, arenas y materiales orgánicos. El material inadecuado se debería transportar y depositar en la Pila de Acopio de Material Inadecuado No. 4, la misma que se encuentra ubicada al noroeste del área de ampliación de la Etapa 5 en el lado opuesto de una gran loma.

Aparte del retiro de la capa superficial del suelo y del material inadecuado, en algunos casos, la preparación de la cimentación incluiría la excavación de desechos argílicos, materiales comunes y de roca, que podrían aprovecharse como relleno. La colocación de materiales de relleno común compactado se iniciaría primero con el material proveniente de la excavación de la plataforma de lixiviación, del canal de derivación o del canal de solución, y luego con el de las fuentes de préstamo, tal como la cantera El Mirador, según se requería. La excavación argílica consistía en una excavación desgarrable como en una excavación por perforación y voladura de roca, donde MYSRL la identificaba como material con potencial para generar ácido. El material argílico que se retiraba de la cimentación de la plataforma de lixiviación que no se pudiera colocar como relleno asociado con el proyecto, se tendría que transportar al Botadero Norte de Carachugo, ubicado al este de las instalaciones del Cerro Yanacocha y se depositaría en los lugares identificados por el Cliente sobre la superficie del botadero activo. Cualquier material argílico utilizado como relleno se debería cubrirse con revestimiento de suelo y revestimiento de polietileno de alta densidad (HDPE) o con 1 metro de material no argílico antes del 15 de octubre de 2003, fecha de entrega del proyecto.

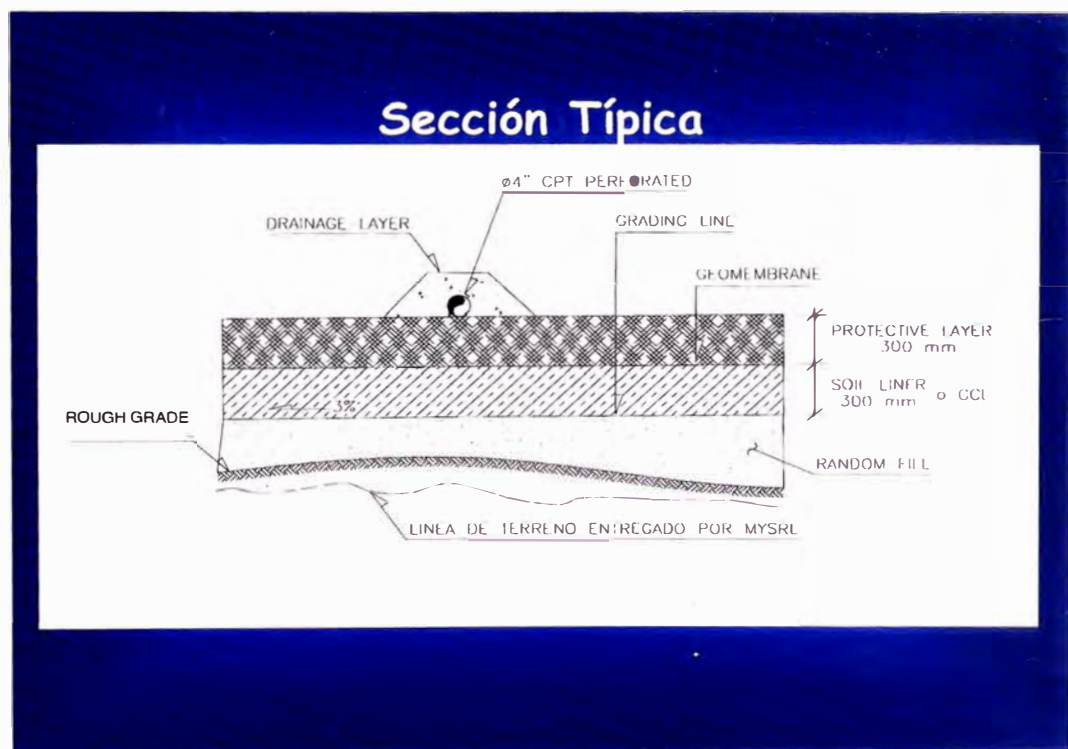
Se debería disponer de drenajes subterráneos para la evacuación de aguas freáticas en la cimentación de la plataforma de lixiviación que consistiría de zanjas excavadas en la cimentación, revestidas con geotextil y rellenas con grava de drenaje superpuesta a una tubería perforada. El Contratista tendría que transportar la grava de drenaje del área de chancado y tamizado y colocarla en la zanja. Las tuberías de salida de los drenajes subterráneos deberían aflorar en el extremo noroeste del área de ampliación de la plataforma de lixiviación y

transportar su flujo hacia el perímetro de la plataforma. En este punto, la tubería de salida de los drenajes subterráneos cambiaría a una tubería de HDPE sólido, penetraría el revestimiento del suelo de la plataforma de lixiviación y también la geomembrana del perímetro (con una cubierta de HDPE) y terminaría varios metros más allá del punto de penetración. Esto permitiría dirigir el agua potencialmente ácida hacia el circuito de lixiviación y asociarlo al tratamiento de agua.

Una vez terminado el movimiento de tierras de la cimentación hasta la rasante irregular, se podría importar material de revestimiento de suelo desde las áreas de préstamo designadas (esto podría ocurrir de manera simultánea con la preparación de la cimentación en cualquier otra parte del área de la plataforma). El revestimiento de suelo se colocaría en toda la superficie de la rasante irregular de la cancha de lixiviación y su superficie tendría que ser preparada de tal manera que sea adecuada para la colocación de la geomembrana. En algunas áreas de la ampliación MYSRL requería la colocación de Revestimiento de Arcilla Geosintética (GCL) en lugar del revestimiento de suelo. Los límites se definieron mejor en los planos de construcción. El Cliente suministraría la geomembrana y un instalador de geosintéticos competente, aprobado por MYSRL y subcontratado directamente por el Contratista, el cual se encargaría de instalarla. La geomembrana terminaría en el perímetro de la plataforma de lixiviación en una zanja excavada y rellena por el Contratista. Éste recogería la geomembrana y los materiales de GCL de los almacenes de MYSRL y los transportaría a las áreas de estacionamiento adyacentes a las Obras o directamente al lugar de instalación.

Una capa protectora, que consistiría principalmente de arena fangosa, se tendría que importar de un área de chancado y tamizado y esparcirla y compactarla cuidadosamente sobre la geomembrana. Se nivelaría levemente la superficie (manteniendo el espesor mínimo) para facilitar el drenaje de solución a través del sistema de tuberías colectoras de solución. Sobre la capa protectora (PL), se instalaría un sistema de tuberías colectoras de solución perforadas que serían cubiertas posteriormente por material de la capa de drenaje (DL) que consistiría de grava chancada y tamizada. La grava chancada y tamizada sería importada

por el Contratista desde el área de chancado y tamizado designada hasta el área de colocación. En las partes en que la capa de drenaje terminaría en el perímetro de la plataforma de lixiviación, la terminación de la grava se encapsulará en una capa de geonet, tal como se muestra en los Planos. El Contratista sería responsable de terminar el PL/DL sobre la parte plana de la geomembrana de la plataforma de lixiviación así como a una elevación de 5 metros verticales por encima de la elevación de la plataforma plana en el talud norte.



**Figura N°17:**

Sección Típica. Muestra la fundación de la plataforma de lixiviación, la capa de relleno, la capa de revestimiento de suelo, la geomembrana, la capa protectora, la tubería de colección y la capa de drenaje.

Los cabezales de las tuberías colectoras de solución terminarían en los Medidores de Descarga Parshall recubiertos con concreto que se instalarían fuera de la futura base occidental de la pila de acopio. El Contratista instalaría los canales de descarga, suministraría y construiría el refuerzo de los canales de

descarga y vertería el concreto según se especificaba en los documentos de construcción. Asimismo, se requería que el Contratista instale las tuberías de salida de los canales de descarga que pasan por debajo del camino del perímetro occidental hacia el punto de terminación designado cerca del sistema divisor de la solución tal como se muestra en los Planos. El sistema divisor de la solución no era parte del alcance de este contrato. Además, se requería que el Contratista construya un vertedero revestido de concreto en el camino de acceso occidental que permita el rebose del agua pluvial proveniente de la plataforma de lixiviación. El Cliente transportaría el concreto al lugar de colocación en un camión para concreto a través de un subcontratista designado por MYSRL, y se requería que el Contratista instale el concreto en el lugar necesario.

Así mismo, se requería canales de derivación alrededor de los perímetros norte, este y sur de la plataforma de lixiviación, los mismos que terminarían en los canales de derivación del botadero existente. La construcción de los canales incluía la excavación hacia el fondo del canal, la colocación del relleno común necesario para formar la berma del canal o el camino, preparando la superficie para el blindaje del canal, la colocación de geotextil sobre la superficie del canal preparado y la instalación del blindaje del canal. La mayor parte de los canales de derivación este y sur se construirían sobre la superficie del botadero cerca de su unión con el talud del valle. El canal de derivación norte se excavaría en roca en su mayoría y suelos in-situ, algunas partes no requerían revestimiento debido a la calidad de la roca expuesta al fondo del canal durante la excavación, esto sería posible previa aprobación de la ingeniería del Cliente.

El blindaje del canal incluiría principalmente geoweb relleno de concreto, en algunas pequeñas secciones del canal podría ser más pertinente instalar empedrado y/o empedrado relleno. Los materiales del empedrado se generarían a partir del material de préstamo y/o de la planta de chancado y tamizado de mayor tamaño y se transportaría al lugar de colocación y se colocaría en el canal. La lechada de concreto para el revestimiento del canal de empedrado relleno con concreto sería suministrada por el Cliente. MYSRL transportaría el concreto y la lechada de concreto al lugar de colocación en un

camión para concreto a través del subcontratista designado, y se requería que el Contratista instale estos materiales en el canal.

En varios lugares sería necesario de la instalación de alcantarillas de plástico (CPT), las cuales estarían asociadas a los canales de derivación del perímetro. Estas alcantarillas requerían materiales de asiento adecuado compactados en la zanja de las alcantarillas, así como rellenos con material selecto de manera simultánea sobre ambos lados de las tuberías para mantener la forma de la alcantarilla durante toda la instalación y después de ella. El Contratista obtendría los materiales de relleno de las áreas de préstamo o de chancado y tamizado.

Se construiría caminos de acceso perimétrico entre los canales de derivación perimétricos y la berma perimétrica de la plataforma de lixiviación. El camino perimétrico este estaría unido al camino de acarreo existente que debería permanecer sin perturbar durante el transcurso de la construcción (salvo en donde se requería la instalación de alcantarillas). El movimiento de tierras que se requería para formar los caminos se podría realizar de manera simultánea con la construcción de la plataforma de lixiviación y se cubriría la superficie con una capa compactada de rodadura proveniente de un área de préstamo o el área de chancado o tamizado.

El Contratista instalaría la tubería de proceso de acero al carbono y los accesorios alrededor de la mayor parte del perímetro de la plataforma de lixiviación. La tubería que se extiende desde la Etapa 6 de la plataforma de lixiviación a las pozas de proceso existentes no es parte del alcance de la construcción de la plataforma de lixiviación Etapa 6.

El compartimiento dual de pozas de proceso asociado con la ampliación de la Etapa 6 se formaría a partir de un agujero irregular que se había dejado durante la colocación del desmonte de la mina al oeste de la plataforma de lixiviación. Se requerían llevar a cabo excavación y relleno para formar las pozas, donde se esperaba que la mayor parte del corte provenga del compartimiento norte de las pozas de proceso. El relleno compactado más grande sería para la construcción del dique divisor. Una vez que se haya nivelado la poza a nivel rasante, se

debería cubrir las superficies interiores de la poza con una capa de subsuelo preparado compactado. La instalación de geosintéticos se realizaría después de la instalación del subsuelo preparado y consta de una capa de geotextil sobre el subsuelo y las capas alternantes de geonet y geomembrana de HDPE, hasta que la poza tenga un triple revestimiento de geomembrana. Las tuberías de LCRS<sup>1</sup> se instalarían entre cada geomembrana desde el sumidero hasta la cresta de la poza. Se requería la colocación de agregado de drenaje en cada sumidero. MYSRL debería someter a prueba hidráulica cada capa de geomembrana completamente instalada una cantidad de tiempo mínimo para garantizar una instalación de calidad.

Las operaciones de la mina no culminarían el relleno de la mina en el área de las pozas hasta el 31 de julio de 2003. Se requería que el Contratista inicie y culmine la excavación final de las pozas, la nivelación, el relleno del dique divisor, el subsuelo compactado y la colocación del geotextil y una cantidad mínima del primer revestimiento de HDPE antes del 1 de octubre de 2003. El Contratista mantendría el revestimiento de la poza terminada durante la estación de lluvias del 2003/2004, de modo que sólo ingrese agua de lluvia a la poza. Se requería que el Contratista bombee la poza para la reanudación del trabajo de instalación de las capas de revestimiento y geonet en el 2004 y realice cualquier prueba hidráulica restante.

El canal de solución principal se extendería hacia el oeste desde las nuevas pozas de proceso, por encima de una plataforma del canal de derivación donde el camino de acceso sería excavado en la ladera, y que, finalmente, conectaría con el canal de solución existente de la Etapa 1. Se requería la remoción de capa superficial del suelo y material inadecuado, la instalación de drenaje subterráneo, la excavación de roca y suelos comunes, argílicos, así como la colocación de relleno común compactado y la construcción del canal de derivación y de alcantarillas tal como se describió previamente para la plataforma

<sup>1</sup> Entre capa y capa alternante de geomembrana y geonet, se instalan sensores, que sirven para detectar cualquier paso de solución entre capas de geomembrana por producirse algún daño, cuando las pozas de proceso están en operación, un sistema de bombas de recirculación (LCRS), trasladan la solución que pasó a la siguiente geomembrana y la regresan al sistema, impidiendo así la fuga de solución al medio ambiente.

de lixiviación y las pozas de proceso para completar la construcción del canal de solución. Una vez que se construiría el canal de solución y el camino de acceso adyacente a rasante irregular, se podría iniciar la instalación del subsuelo preparado del canal y de los geosintéticos, compuestos de una capa de geotextil y geomembrana. Las capas de geosintéticos se deberían anclar en la zanja de terminación del coronamiento del canal, rellena con materiales adecuados.

La construcción de la Pila de Acopio de Suelo Orgánico No. 2 existente consistiría en terminar la construcción del dique de contención inferior compuesto de relleno común en el drenaje del valle en la base de la pila de acopio. Se requería la excavación de la capa superficial del suelo y materiales inadecuados para construir el dique sobre una cimentación estable y adecuada. La construcción del dique principal estaría acompañada de las bermas del perímetro de la base de la pila de acopio y los canales revestidos con empedrado y empedrado con inyección de lechada de concreto. La base del dique y las principales partes de la cuenca requerían también la instalación de tuberías de drenaje CPT cubiertas por agregado de drenaje.

Todos los geosintéticos (geotextil, geonet, geoweb, alfombra para control de erosión, geomembrana), tuberías (CPT, HDPE, acero al carbono), accesorios y conexiones y elementos diversos (Medidores de Descarga Parshall, instrumentación para asentamiento, etc.) que se requerían para la instalación, estarían a disposición del Contratista en los almacenes de MYSRL.

El chancado y tamizado se llevaría a cabo fuera de los límites de ampliación de la plataforma de lixiviación en el área de préstamo designada por MYSRL y produciría grava de drenaje para los drenajes subterráneos, materiales de capa protectora y capa de drenaje para la plataforma de lixiviación, y potencialmente empedrados para los revestimientos de canales, y capa final de rodadura para la superficie del camino. Se tenía previsto que esta planta de chancado y tamizado se establecería en la cantera El Mirador, en donde se había producido previamente los materiales para la construcción de la plataforma de lixiviación de la Etapa 9 de Carachugo y Etapa 5 del Cerro Yanacocha. En el caso de que no se tenga acceso a la cantera El Mirador al inicio de la construcción, MYSRL



proporcionará grava de drenaje subterráneo a una pila de acopio dentro de una distancia de 1 km de la plataforma de lixiviación Etapa 6.

### 2.3 Procesos Constructivos

Es aquí, donde se describe al detalle y con ejemplos claros, la aplicación de la teoría de gerencia de proyectos del Lean Construction Institute (LCI); para ello, se tomará como base los principios de esta teoría.

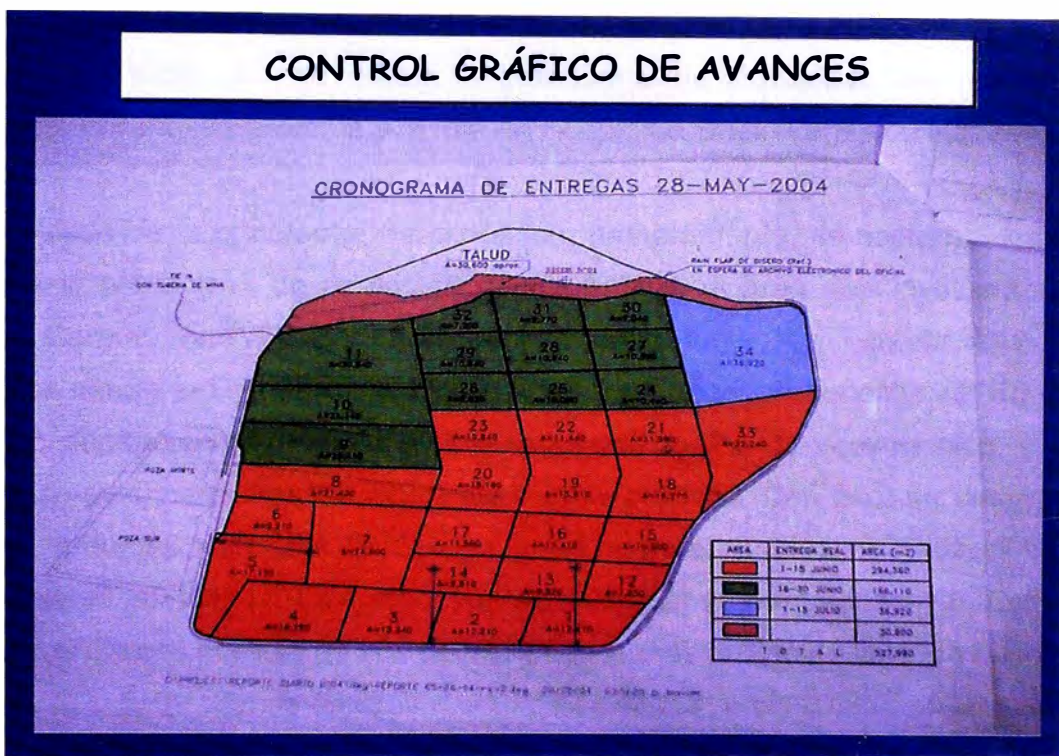
Cabe indicar, que no es objeto del presente documento la descripción de los procesos constructivos desde el punto de vista técnico e ingenieril, sino más bien, describirlos como parte de la aplicación de la teoría de gerencia de proyectos, en cualquier forma, se recurrirá a las especificaciones técnicas para una mayor ilustración en caso de ser necesario.

#### **Principios del LCI**

1er. Principio: definir objetivos enfocados al Cliente

En la etapa de planificación antes del inicio de la ejecución del proyecto, se tomó como puntos clave de referencia las fechas hito, como son: el Primer Carguío, la paralización por épocas de lluvia y el término de la ejecución del proyecto, que por cierto estaban contempladas en los alcances del contrato; así mismo, una de las metas propuestas por el equipo fue la de concluir la ejecución antes de plazo, lo cual constituía otro punto clave a tener muy en cuenta. Es por ello, que la planificación desde un inicio fue muy agresiva; más aún, considerando que en un momento dado se negoció con el Cliente, el derecho a una bonificación en caso de entregarse antes de tiempo el área designada como Primer Carguío.

2do. Principio: establecer procesos en flujo y no como operaciones aisladas



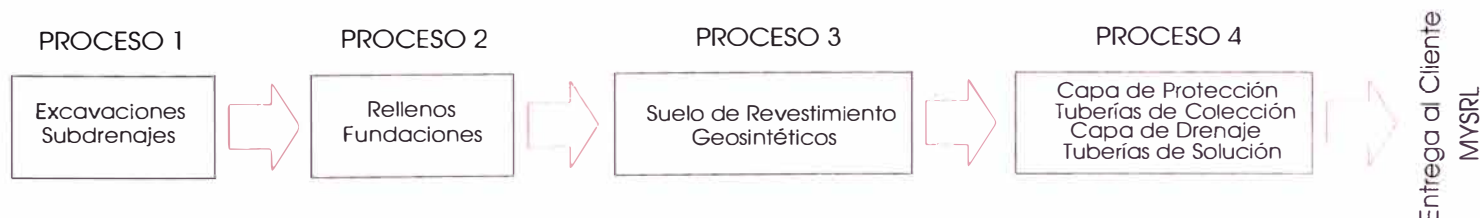
**Figura N°18:** Sectorización de la construcción de la plataforma de lixiviación teniendo en cuenta la entrega del Primer Carguío (véase el orden que sigue).

Teniendo en cuenta los objetivos trazados y los procesos constructivos a desarrollar, las diferentes actividades contempladas en el cronograma master del proyecto, fueron agrupadas en procesos macro, y a su vez, disgregadas en pequeños procesos para cada actividad de manera tal, que permita a su vez el monitoreo y control de las mismos, y por consiguiente, el análisis a un nivel más detallado, de manera de tomar acción, en caso de que surgiesen variaciones negativas o mejorar un proceso o flujo. Es aquí donde se igualaban la carga de trabajo y la capacidad para cada cuadrilla o unidad de producción, con la finalidad de alcanzar una sincronización del ciclo del trabajo o actividad. Estos procesos fueron concebidos sin dejar de lado el tiempo de ejecución que tomaba cada uno de ellos, el presupuesto con que se contaba para cada actividad y los

costos en que incurrierían, y por último, el cuidado minucioso de la calidad de los trabajos de todos estos procesos.

Queda muy en claro, que el proyecto en sí, estaba dividido o consistía de varios frentes de trabajo, siendo éstos: la plataforma de lixiviación, las pozas de procesos, el canal de solución y la Pila de Acopio de Suelo Orgánico No. 2.

Para el caso de la plataforma de lixiviación; primeramente, se sectorizó toda el área de la plataforma de lixiviación dando énfasis al área que involucraba el Primer Carguío (ver Figura N°18); en segundo lugar, se establecieron los procesos macro indicados en la Figura N°19, agrupándose aquellas actividades afines o dependientes, siguiendo una secuencia lógica de construcción; y por último, se designaron responsables para cada proceso. Con ello, se determinó realizar entregas parciales al Cliente y no esperar a concluir toda el área concerniente al Primer Carguío para su entrega global respectiva. Esto le permitió al Cliente el inicio de sus operaciones lo más pronto posible (se buscaba siempre la satisfacción de éste).



### Figura N°19:

Flujo de procesos macro establecidos en la ejecución de la plataforma de lixiviación y orientados al Cliente

Este mismo principio se implementó para las pozas de procesos, el canal de solución y la Pila de Acopio de Suelo Orgánico No. 2.

3er. Principio: mantener el flujo permanente y constante; es decir, buscar el equilibrio

Veámoslo desde el punto de vista del monitoreo y control del sistema de gestión. Para poder mantener el flujo constante de los procesos establecidos, se utilizaron las bondades de las herramientas de control del flujo de trabajo y de la unidad de producción propuestos por el LCI, que viene a ser la ventana del lookahead y análisis de restricciones y el porcentaje de plan cumplido (PPC), respectivamente. Así mismo, para un mejor control de las unidades de producción se utilizó un control estadístico de procesos<sup>1</sup> denominados "IP's" (índices de productividad). Uno de los mayores retos y causas del incumplimiento de los programas semanales de trabajo (durante el inicio de la segunda etapa del proyecto) fue el clima. La ocurrencia de torrenciales lluvias y de tormentas eléctricas hacía paralizar todas las actividades, al extremo de trabajar algunas horas en toda una jornada de trabajo.

4to. Principio: Generar una respuesta rápida y correcta al Cliente

Una de las mayores exigencias del Cliente durante la ejecución del proyecto, era la de hacer cumplir los altos estándares de Seguridad y Medio Ambiente que regían el desempeño de cualquier actividad dentro de las instalaciones de la mina. Es por ello, que se tuvo que implementar un "Plan de Acción" como respuesta inmediata, el cual exigía el compromiso y el liderazgo de todos los responsables de cada área en hacer cumplir dichos estándares, de no ser así, se tomaría medidas disciplinarias muy drásticas.

5to. Principio: La mejora continua

<sup>4</sup> "Cuellos de botella". Operaciones cuya capacidad es limitada e inferior a la requerida, lo cual limitan la capacidad de todo el sistema productivo e impiden que éste produzca más. Estos limitan la productividad global del proceso en que se encuentran, y por consiguiente, aumentan los tiempos de entrega del producto.

<sup>1</sup> *Control estadístico de procesos*. Consiste en recoger datos de magnitudes claves de procesos, los cuales deberían ajustarse a un valor dado.

Para la ejecución de este proyecto, participaron activamente todos los representantes de cada área quienes conformaron un multidisciplinario y dinámico equipo de trabajo liderados por el gerente de proyectos. Es importante reconocer lo relevante que es para un gerente de proyectos llegar a ser un buen líder, que transmite confianza, que sepa motivar a su personal, que use creatividad y se adapte a los constantes cambios, que tenga una gran capacidad para el desarrollo personal, alguien que pueda creer y hacer creer a su personal, sin olvidar la importancia que tienen los valores como la ética y la honestidad; el actuar siempre con profesionalismo y vocación de servicio, teniendo en cuenta el gran reto que tiene para con la sociedad.<sup>1</sup>

Para discutir todos los temas propios de la ejecución del proyecto, se estableció llevar a cabo una reunión semanal, en la cual se presentaban los resultados del monitoreo y del control tanto del flujo de trabajo como de las unidades de producción. Es allí, donde se discutía el cumplimiento de las metas parciales (PPC) contempladas en la ventana del lookahead, se analizaba las restricciones de nuevas actividades, se analizaba las mejoras obtenidas durante la semana y sobre todo se evaluaba las acciones correctivas a implementarse cuando se presentaban desviaciones negativas del plan de la semana anterior.

Debido a que la mayoría de los procesos establecidos se daban de forma repetitiva, permitía mejorar el desempeño de cada uno de ellos, semana a semana, con la participación no sólo del gerente de proyectos sino de todo el equipo de trabajo, y porque no decir, de las observaciones dadas por parte de los trabajadores y por parte del Cliente.

Para monitorear in situ, el flujo constante y permanente de los procesos se llegó a implementar *círculos de calidad* que consistía de equipos multidisciplinarios de mejora, quienes identifican las causas de las fallas y decidían las medidas adecuadas para eliminarlas.

<sup>1</sup> Bravo Salomón, Luis Humberto. “*El factor humano y el éxito en la Gerencia de Proyectos*”. Pág 58.

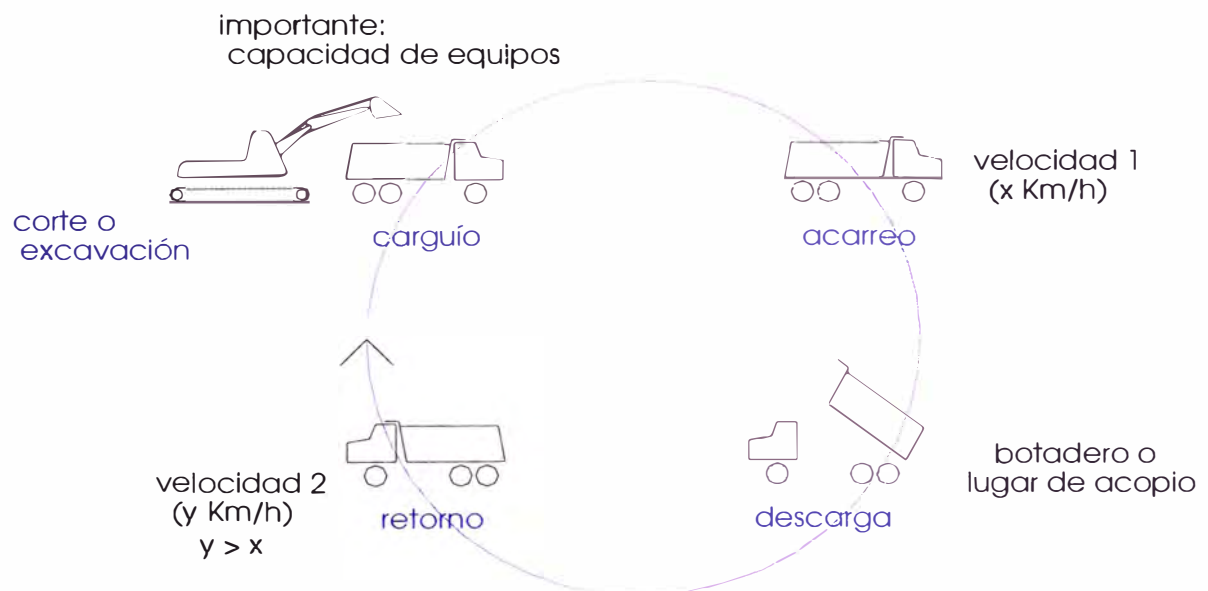
## IMPLEMENTACIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Cada uno de los procesos indicados en el 2do. Principio implementado en la ejecución del proyecto, como se comentó anteriormente estaba constituido por un conjunto de actividades secundarias, las mismas que se pasará a detallar a continuación:

### 2.3.1 Excavaciones y Sub-drenajes

#### *Excavaciones*

Esta actividad consistía en la excavación, la eliminación o acumulación de materiales y, la preparación de la cimentación para la plataforma de lixiviación. El terreno estaría compuesto indistintamente por suelo orgánico, material inadecuado, material común, argílicos o roca; la eliminación se realizaría a los botaderos respectivos y; la acumulación se realizaría siempre y cuando se determinaría que estos mismos materiales podrían utilizarse como material de relleno.



**Figura N°20:**

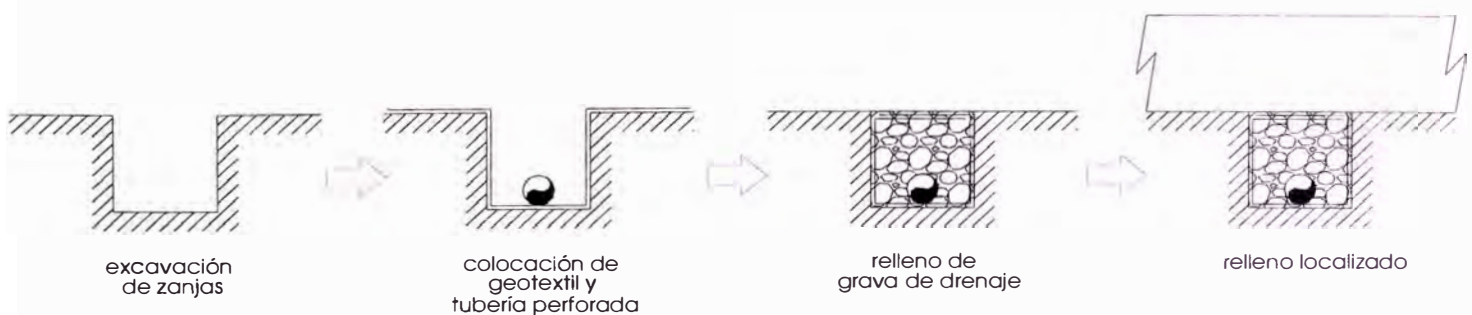
#### Ciclo de trabajo de las excavaciones

Los ciclos de las excavaciones se llegaron a sincronizar diariamente por cada frente de trabajo y por cada tipo de material excavado.

Para ello, teniendo en cuenta, la topografía del terreno, el tipo de material, las distancias entre botaderos y lugares de acopio, y sobre todo la capacidad de los equipos, se establecieron ciclos de trabajo para cada cuadrilla o unidad de producción, buscando siempre la sincronización de los mismos. Para este caso particular, el ciclo de las excavaciones estaría compuesto por las actividades de corte, carguío, acarreo, descarga y retorno al punto de carguío, las mismas que son ilustradas en la Figura N°20.

### *Sub-drenajes*

En el talud norte, durante la preparación de la cimentación de la plataforma de lixiviación, a medida que se fueron encontrando afloramientos de aguas freáticas se tuvieron que construir subdrenajes subterráneos de acuerdo a la ingeniería del proyecto. Las actividades involucradas constituyeron la excavación de zanjas, la colocación de geotextil y de una tubería perforada, y el relleno posterior de grava de drenaje proveniente del área de chancado y tamizado. Adicionalmente a ello, se procedía con el relleno localizado a fin de brindarle una protección adecuada a éstos subdrenajes. Ver Figura N°21.



**Figura N°21:**

Secuencia de la construcción de subdrenajes

En muchos casos, la construcción de estos subdrenajes se vio afectada considerablemente por el tipo de material a excavar, siendo lo más crítico

la excavación en roca dura. Sin la evacuación oportuna de estos afloramientos podría afectar la integridad de los rellenos y/o la cimentación de la plataforma de cimentación.

### 2.3.2 Rellenos y Fundaciones

Para este proceso macro se dispuso de dos subprocesos (Figura N°22); el primero, consistente al abastecimiento de material de relleno, y el segundo, relacionado con el relleno mismo.

El ciclo relacionado con el abastecimiento de material e implementado en la ejecución del proyecto, fue similar al de las excavaciones, donde el material fue transportado desde las áreas de acopio si se trataba del material proveniente de las excavaciones realizadas anteriormente, o desde las áreas asignadas por el Cliente si el material era de préstamo.

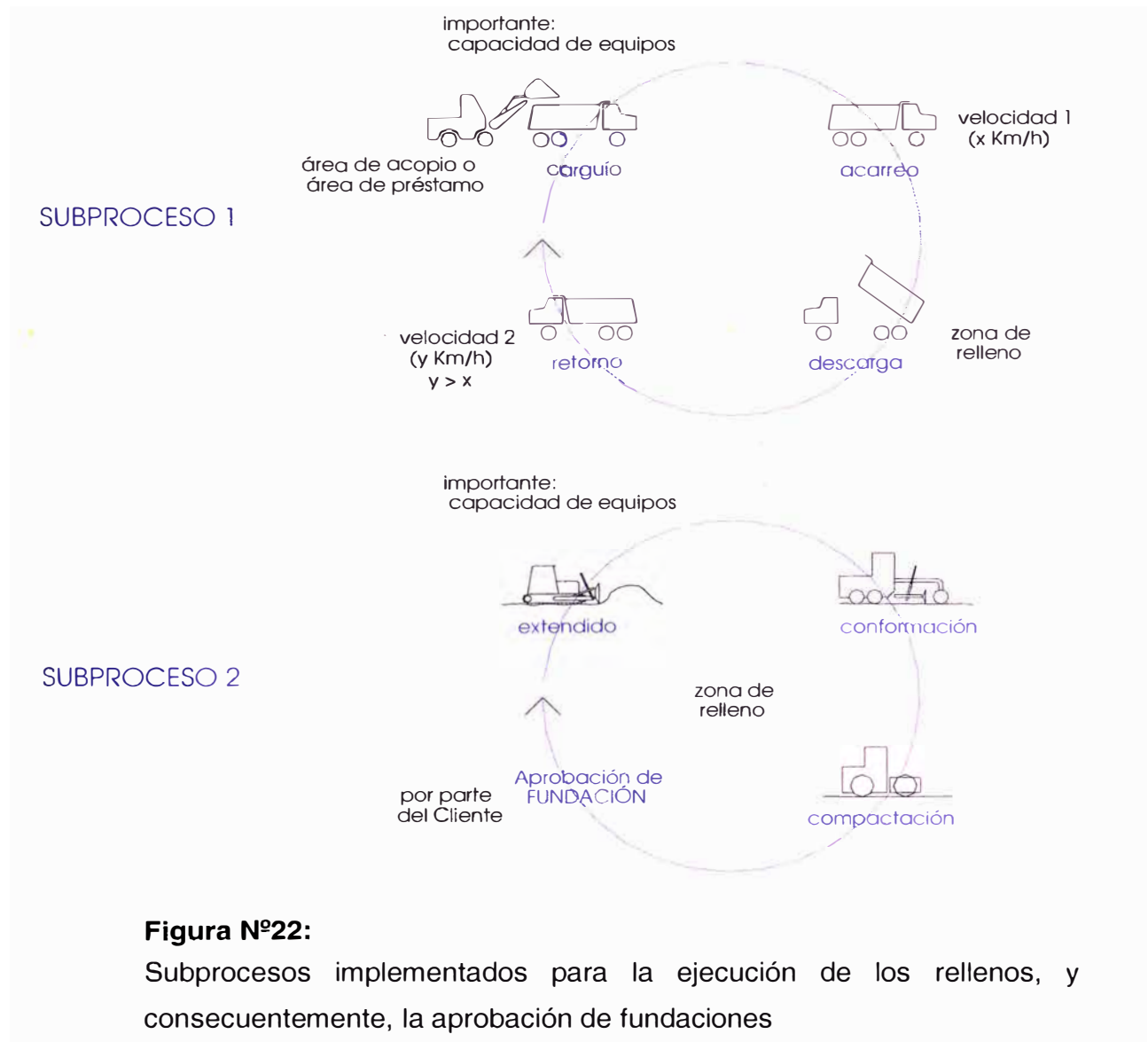


**Fotografía N°01:**

Construcción de subdrenajes en el pie del talud norte de la plataforma de lixiviación



Para el segundo subproceso, se establecieron las actividades de extendido, conformación, compactación y finalmente, llegado al nivel de cimentación de la plataforma de lixiviación, se procedía con la aprobación de la fundación. Es bastante importante indicar que, un control topográfico exhaustivo permitirá evaluar en forma oportuna, la variación de las cantidades de materiales que en un inicio fueron estimadas, y por consiguiente, analizar la consecuencia de esta variación en los costos, y de darse el caso, de una solicitud de ampliación del plazo de ejecución del proyecto.



El subproceso 2 se llevaría a cabo siempre y cuando se realizaría el subproceso 1. Un control topográfico exhaustivo permite sustentar al Cliente los volúmenes de excavación, relleno y aprobación de fundación, para efectos de valorización.



**Fotografía N°02:**

Extendido de material en los trabajos de relleno (Subproceso 2)

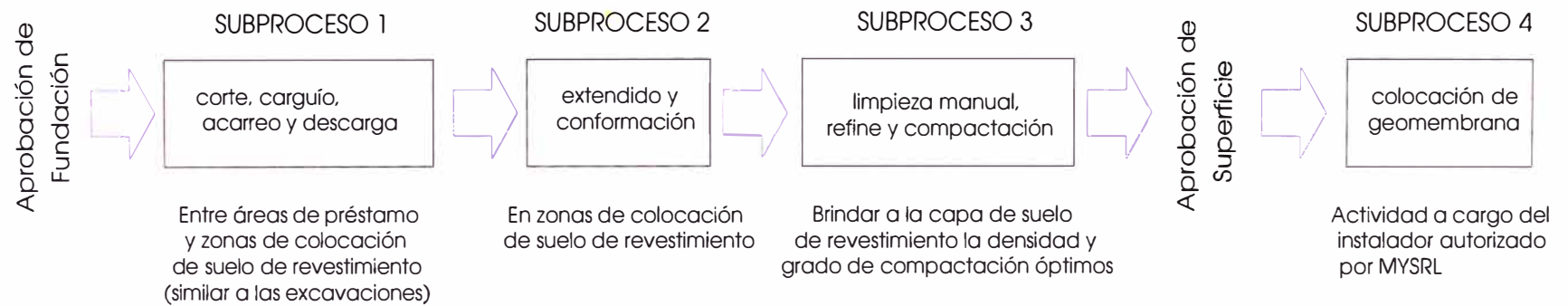
### 2.3.3 Suelo de Revestimiento y Geosintéticos

Una vez concluida la preparación y aprobación de la superficie de cimentación de un área determinada de la plataforma de lixiviación, se dispuso a importar el material de revestimiento desde áreas de préstamo asignadas por el Cliente. Luego de ser colocado este material, se procedía a prepararlo de manera tal que su superficie sea la adecuada para la colocación de la geomembrana (esto consistía en darle a la capa de suelo de revestimiento la densidad y grado de compactación óptimos). De acuerdo a los planos de construcción del proyecto, MYSRL requería la colocación de Revestimiento de Arcilla Geosintética (GCL) en algunas zonas de la plataforma en lugar del revestimiento de suelo. En las zonas donde se requería instalar GCL, la superficie de cimentación tenía que

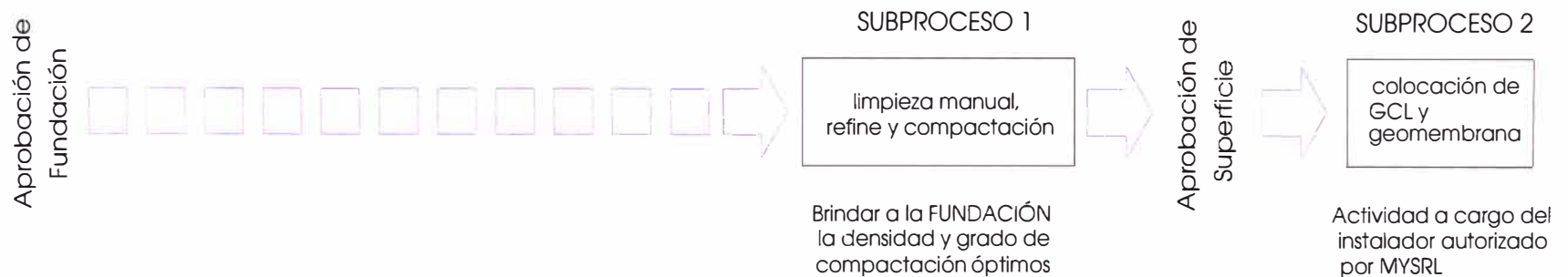
ser trabajada aún más, a fin de ser la adecuada para la colocación de éste geosintético (al igual que el suelo de revestimiento) e inmediatamente después proceder con la colocación de geomembrana. Para este proceso macro, se dispuso del esquema mostrado en la Figura N°23.

Sólo como referencia, el conjunto conformado por el suelo de revestimiento o GCL y la geomembrana constituyen la capa impermeable de la plataforma de lixiviación para cualquier filtración que hubiese durante el proceso de lixiviación, y así, proteger el medio ambiente. Observar que la instalación de todos los geosintéticos estaba a cargo del instalador autorizado por el Cliente y supervisado por el Contratista.

## SUELO DE REVESTIMIENTO



## REVESTIMIENTO DE ARCILLA GEOSINTÉTICA (GCL)



**Figura N°23:**

Esquema del desarrollo del proceso macro “Suelo de Revestimiento y Geosintéticos”



**Fotografía N°03, 04, 05, 06:**

Extracción, descarga, extendido y limpieza manual del suelo de revestimiento.

**Fotografía N°07:**

Refine y compactación del suelo de revestimiento.

**Fotografía N°08:**

Limpieza manual, refine y compactación de la superficie de fundación para la colocación del revestimiento de arcilla geosintética (GCL).



**Fotografía N°09:**

Colocación de geomembrana en la plataforma de lixiviación (en este caso la colocación se realiza sobre el GCL).

2.3.4 Capa de Protección, Tuberías de Colección, Capa de Drenaje y Tuberías de Solución

Terminada la instalación de geomembrana, y siguiendo con la secuencia de construcción, se procedía con la colocación (en ese orden) de una capa de protección, tuberías de colección, una capa de drenaje, y finalmente, la colocación de tuberías de solución, procesos que conforman el proceso macro 4 (Figura N°24).

La colocación de la capa protectora, consistía en la importación de un área de chancado y tamizado, el extendido y la compactación cuidadosa sobre la geomembrana, de una arena fangosa que cumpliera ciertas especificaciones. La nivelación sería tal, de darle a la capa un espesor mínimo y facilitar el drenaje de solución a través del sistema de tuberías colectoras de solución, las mismas que se colocarían posteriormente,

luego de ser aprobada esta superficie por parte del Cliente. La instalación de tuberías perforadas de colección, se debería de realizar sobre la capa protectora y de acuerdo a una red de distribución y longitud de diámetros indicados en los planos de construcción. Luego, estas tuberías serían cubiertas por el material de la capa de drenaje, que consistía de una grava chancada y tamizada.

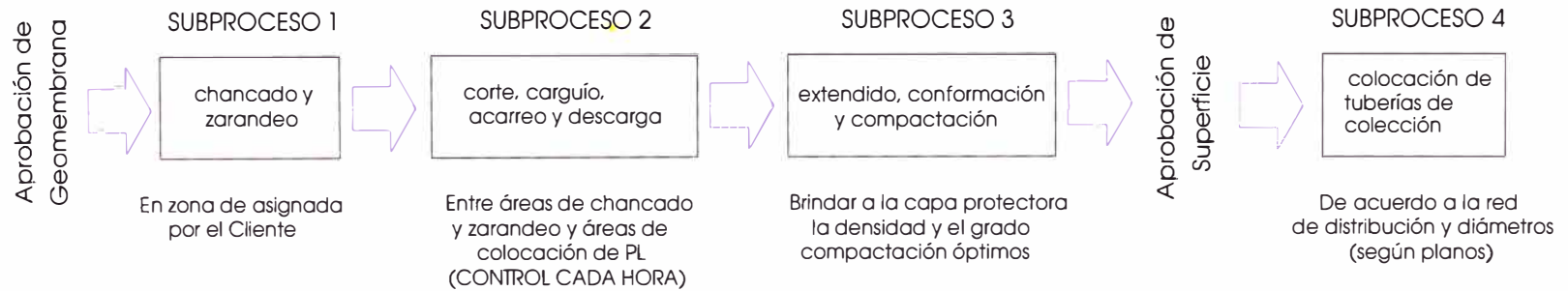
Tanto, el material de la capa protectora (PL), como el de la capa de drenaje (DL) tenían que ser transportados desde el área de chancado y tamizado, (ubicación designada por el Cliente) hasta las zonas de colocación. Para la planificación de esta parte del proyecto, se tomó como referencia, la experiencia obtenida en la ejecución de un proyecto anterior, muy similar a éste, y los resultados obtenidos en los ciclos de excavaciones y rellenos, permitiendo implementar de esta manera, ciclos de transporte de PL y DL muchísimos más exigentes y con mejores rendimientos y, por ende, con una mejor productividad; el control de este proceso fue llevado a cabo cada hora, permitiendo el análisis inmediato de la sincronización de este proceso; las bondades de este control fue tal, que se vieron reflejados inmediatamente en los costos.

Paralelamente, mientras se iba liberando áreas cubiertas con la capa de drenaje, y la colocación de geomembrana en el perímetro de la plataforma de lixiviación, se dispuso a instalar la tubería de proceso de acero al carbono y sus accesorios, de acuerdo a los planos de construcción. Esta última actividad, se realizaría siempre y cuando exista y se asegure la continuidad de los trabajos de instalación.

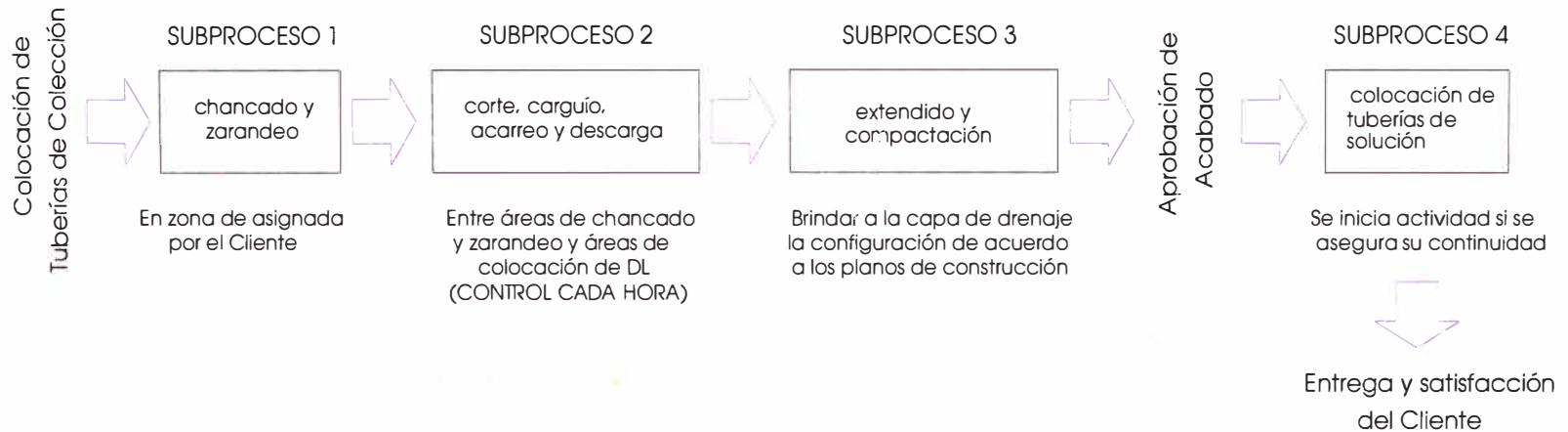
El carguío, acarreo, descarga y retorno del PL y DL fue controlado por hora. Esto permitió una mejora de rendimientos y productividad. Concluida la instalación de tuberías de solución se procedía con la entrega al Cliente (según sectorización).



## CAPA PROTECTORA Y TUBERÍAS DE COLECCIÓN



## CAPA DE DRENAJE Y TUBERÍAS DE SOLUCIÓN



**Figura Nº24:**

Esquema del desarrollo del proceso macro 4: “Capa de Protección, Tuberías de Colección, Capa de Drenaje y Tuberías de Solución”

**Fotografía N°10:**

Detalle de la capa protectora, tuberías de colección y capa de drenaje.

**Fotografía N°11:**

Colocación de tubería de solución sobre la berma perimetral sur de la plataforma de lixiviación. Véase a la derecha el suelo de revestimiento extendido.

**HERRAMIENTAS DEL LCI UTILIZADAS EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO**

a. Cronograma del lookahead (a tres semanas)



THREE WEEKS LOOKAHEAD  
LEACH PAD - YANAC OCHA STAGE 06

	RESPONSABLE PRINCIPAL	INVOLUCRADOS	ABRIL																										Comentarios / Restricciones
			6	8	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25						
<b>III OFICINA TECNICA</b>																													
<b>INGENIERIA Y QC</b>																													
1																													
2	JHH																												
<b>CONTROLES E INFORMES</b>																													
3	JLP																												
4	DFE																												
5	DFE																												
6	JLP																												
<b>VALORIZACIONES Y COSTOS</b>																													
6	JHH	DFE / PCP																											
7	CEC																												
8	CEC																												
<b>MECANICA</b>																													
9	JVG																												
10	PCP																												
11	JVG																												
<b>IV PRODUCCION</b>																													
<b>LEACH PAD</b>																													
1	WDL					14,170								14,170													Fin de actividad		
2	WDL					0								0													30,000		
3	WDL					7,500								7,500													15,000		
4	WDL					0								0													30,000		
5	WDL					7,500								7,500													15,000		
6	WDL					11,880								13,660													18,515		
7	WDL					0								6,000													12,000		
8	WDL					0								0													1,800		
9	WDL					432								576													576		

b. Porcentaje del Plan Cumplido (PPC) semanal

THREE WEEKS LOOKAHEAD LEACH PAD - YANACOCHA STAGE 06		RESPONSABLE	VOLUCRACIONES	MARZO							Metrado ejecutado	Cumplimiento	
				22	23	24	25	26	27	28			
I	SEGURIDAD												
II	GESTIÓN AMBIENTAL												
III	OFICINA TÉCNICA											92%	
	INGENIERÍA												
1	Presentar RFI sobre plataforma de tubos en el Riser 1	JHH			x							1	
2	Presentar RFI sobre detalle de transición GCL - Soil Liner en pie de talud	JHH				x						1	
3	Definición de subdren en relleno	HGP			x							1	
4	Saneamiento de SVRs y NCRs pendientes	JHH	HGP				x					1	
	CONTROL DE INFORMES												
5	Presentación de cronograma del Solution Channel	ROP	FRF				x					1	
6	Revisión y adecuación de la curva del Yan 6 a los plazos contractuales	ROP						x	x	x		1	
7	Presentación de IPs en reunión semanal	DFE				x						1	
8	Control diario de avances en RG, SL y Geosintéticos	DFE			x	x	x	x	x	x		1	
	VALORIZACIONES Y COSTOS												
9	Presentar valorización a MYSRL	JHH	DFE / PCR					x				1	
10	Integración del Solution Channel al SCC	DFE	FRF			x	x	x				0	
11	Saneamiento de Órdenes de Compra pendientes	CEC			x	x	x	x	x	x		1	
	GEOMÁTICA												
12	Presentar a OT las cantidades para valorización	PCR				x	x					1	
IV	PRODUCCION											70%	
	LEACH PAD												
1	Rough Grade Surface	WDL C						22,550			14,435	0	64%
2	Soil Liner	WDL C						4,500			710	0	16%
3	GCL	WDL C						15,000			20,098	1	134%
4	Geomembrana (Pad + Berma + Wearsheet)	WDL C						32,000			23,560	0	74%
	RING PIPING												
5	Llegada de tuberías de evasión proyecto de Ring Piping	ADV				x						1	
6	Instalaciones temporales, SSHH, talleres, etc	ESO	ADV			x	x	x	x	x		0	
7	Picking Tickets y retiro de tubos	ESO	ADV			x	x	x	x	x		1	
8	Llenado de sacos de PL y tendido en berma perimetral	ESO	ADV			x	x	x	x	x		1	
9	Tendido de tubos en berma perimetral	ESO	ADV			x	x	x	x	x		1	
10	Habilitación de equipos	ESO	ADV			x	x					1	
11	Llegada de mantas ignífugas	ESO	ADV			x	x					1	
	PONDS												
12	Pruebas hidráulicas	JLDC	100 m3/hora			x	x	x	x	x	60 m3/hora	0	
13	Reparaciones en poza sur	JLDC				x	x	x	x	x		1	
	SOLO LEACH CHANNEL												
14	Picking Tickets y retiro de tubos	FRF				x	x	x	x	x		1	
15	Llenado de sacos de PL y tendido en berma perimetral	FRF				x	x	x	x	x		1	
16	Tendido de tubos de HDPE	FRF					x	x	x	x		0	
	OBRA ELÉCTRICA												
17	Excavación Línea contrapeso/instalación línea tierra y compactación	WLL	WLL			x	x	x	x	x		1	
18	Acarreo de postes y accesorios al lugar de instalación de los postes #6, #5, #4, #3, #2 y #1, ensamble de crucetas	WLL	WLL			x	x	x	x	x		1	
19	Izaje de postes #8, #7, #6, #5, #4, y #3	WLL	WLL			x	x	x	x	x		1	
20	Cimentación de postes #8, #7, #6, #5, #4 y vaciado de solado de poste #3, #2 y #1.	WLL	WLL			x	x	x	x	x		1	
V	ADMINISTRACION												
VI	ALMACEN Y LOGISTICA												
VI	MANTENIMIENTO												

## c. Acta de reunión diaria

01	GyM S.A.	ACTA
<b>Acta de Reunión Diaria</b>		
OBRA: Movimiento de Tierras Expansión Pad Yanacocha 6		
FECHA: 08 Abril 2004		
<b>ASISTENTES:</b>	<b>Roles</b>	<b>Observaciones</b>
Luis Fukunaga	Gerente de Proyecto	
Jose Luis del Corral	Residente de Obra	
Jose Vasquez	Supervisor Seguridad	
Cosme Serrano	Supervisor Medio Ambiente	ausente
Waller de la Cruz	Superintendente Produccion	
Jose Nieto	Supervisor Electromecánicos	
Fernando Raygada	Supervisor Electromecánicos	
Rafael Olavde	Planificador	
Francisco Xavier	Administrador	
Javier Paico	Supervisor Mantenimiento de Equipos	
Javier Vizcardo	Ingeniero Oficina Tecnica	
David Figueroa	Ingeniero Oficina Tecnica	
Carlos Elorreaga	Ingeniero Oficina Tecnica	
Jose Luis Pando	Asistente Oficina Tecnica	
<b>TEMAS DESARROLLADOS:</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fecha de Cumplimiento</b>
<b>Seguridad:</b> - Se ha coordinado con Amy Chicoma de MYSRL para que los operadores recojan gradualmente su certificación. Se hará programación coordinada con campo. - Programar la instalación de las jaulas antivuelco a las camionetas que le falte. - Lunes 12 de Abril a las 3:00pm evaluación a Supervisores sobre el uso de detectores portátiles.  - Difundir nuevo procedimiento para tormentas eléctricas para oficinas. - Se notifica que se han completado los cursos de rigger a GyM, EMIN y VERSAC. - Se recomienda vigilar el límite de velocidad (30km) cerca de la garita de Huandoy.	JVV JVV JVV JVV	12/04/2004 12/04/2004
<b>Medio Ambiente:</b> - Se están haciendo las sangrías en el acceso perimetral sur-este. - Implementar plan de control de polvo en accesos ya que se acerca la temporada seca. - La siguiente semana es el primer CPI del Solution Channel. El Lunes se hará una inspección interna. - Retirar sedimentos apilados en fondo de canal. - Se informa que está entrando top soil a la poza sedimentadora.	CS CS CS CS	12/04/2004
<b>Ingeniería</b> - Sigue pendiente respuesta de RFI sobre inicio de banqueta para el piping. - Realizar conciliaciones necesarias con Luis Ruiz antes que se vaya a la Quinua. - Entregar a producción metrados y secciones del Solution Channel. - Solicitar con RFD perfil de Solution Channel de Movimiento de Tierras. - Se solicita dejar claros procedimientos de campo en caso KP demore su presencia para las aprobaciones. - Robert Villanueva definió ubicación de las 2 nuevas zarandas, Luis Ruiz enviará plano. Se hace notar que el material será cianurado por lo que se requiere la intervención de Medio Ambiente. - Solicitar a Lima exportación a XL del Libro Mayor contable. - Presentar RFI sobre uso de concreto pobre en lugar de relleno localizado en las alcantarillas. - Ayer se encontró un hueco en la membrana del Sump, lo cual sería la causa del agua. Se debe hacer constar en el cierre del NCR que ése es el motivo y que la responsabilidad es de EMIN.	JH JH/PC JH/PC JH JLDC/WDLC JLDC DF JLDC	10/04/2004
<b>Electromecánicos</b> - El Martes se revisará presupuesto y cronograma del Solution Channel antes de su presentación a MYSRL. - Se ha producido una paralización por una indicación de un supervisor de MY en el campo, sin cambios oficiales de ingeniería. Esto debe constar en los partes diarios. - Se presentó plan de recuperación solicitado por Aungelmer Blanco. - El Lunes se vacían las bases. Verificar tiempo de curado. - Pendiente presentación de certificación de equipos topográficos.	JN/FR JN FR JN	
<b>Electromecánicos - Ring piping</b> - Solicitar copia electrónica de los últimos planos entregados por MYSRL. - El Lunes sube la plancha compactadora para trabajos electromecánicos.	FR JN	
<b>Producción</b> - Realizar ensayos Proctor en test fill de PL. - Si el clima lo permite, se extenderá Soil Liner en el área del primer carguo.	JV/HG WDLC	
<b>Administración:</b> - Sigue pendiente el tema de las filtraciones en el CETAR. - Retomar al antiguo bus de transporte de personal staff. - Se comunica que todos los chóferes de camioneta están ya en régimen común. - Mejorar coordinación en el transporte de personal ya que se vienen registrando atrasos en los buses por inoperatividad. - Evaluar mejoramiento de los servicios de red e internet en el Pad.	FX FX FX FX FX	
<b>Equipos:</b> - Se comunica que el retiro de obra de dos tractores D8R está condicionado al compromiso de mantener los tres restantes 100% operativos. A la fecha existen dos tractores en taller. - El minicargador Case será reemplazado por uno de Cajamarca.	JPM JPM/JLDC	

**Figura N°25:**

Cronograma de lookahead.

**Figura N°26:**

Hoja de Cumplimiento o PPC de la Semana Anterior. Ésta se la revisaba durante las Reuniones Semanales de Obra, las mismas que fueron establecidas todos los martes; mientras que el resto de días se llevaba a cabo la reunión diaria a pie de Obra (duración máxima de una hora). Las reuniones semanales eran mucho más extensas puesto que se analiza el PPC, el cronograma del lookahead y las restricciones de actividades futuras, éstas tenían una duración máxima de dos horas y se llevaban a cabo en el campamento de los ingenieros ubicado en la ciudad de Cajamarca.

**Figura N°27:**

Acta de reunión diaria. Esta se la llevaba en pie de Obra con la presencia de todos los responsables de cada área. Aquí se discutía el incumplimiento de las actividades programadas, se analizaba las causas, se exponía los diferentes puntos de vista ante algún problema suscitado, y se tomaba un acuerdo en común, claro que siempre teniendo en cuenta la satisfacción del Cliente, el bienestar de los trabajadores y sobre todo el de la Empresa; así mismo, se analizaba el avance en el levantamiento de las restricciones de actividades futuras.

## d. Informes de Productividad

## Informe de Productividad de Equipos

**Obra: Movimiento de Tierras Expansión Pad Yanacocha 6**  
**IP EQUIPOS (inc combustible)**  
 2004

	Descripción	UND	Sem1	Sem2	Sem3	Sem4
			01-Mar 07-Mar	08-Mar 14-Mar	15-Mar 21-Mar	22-Mar 28-Mar
<b>01.02</b>	<b>Medio Ambiente</b>	GLB				
<b>01.03</b>	<b>Caminos Temporales</b>	GLB				
<b>03.01</b>	<b>Canteras</b>	GLB				
<b>03.02</b>	<b>Rough Grade</b>	m2				
<b>03.03</b>	<b>Soll Liner</b>	m3				
<b>AVANCE</b>						
	Avance Semanal		0.00	5.194.80	5.830.79	658.80
	Avance Acumulado	72.067.37	0.00	5.194.80	11.025.59	11.684.39
<b>EQUIPOS</b>						
<b>HM TEORICAS PARA ESTE AVANCE</b>	Camión cisterna de agua 2000gal	HM		21.83	24.50	2.77
	Bobcat	HM		43.65	48.99	5.54
	Plancha Compactadora	HM				
	Compresora y martillo	HM				
	Torre de Iluminación	HM				
	Camión volquete 15m3	HM				
	Cargador frontal 966F o similar	HM				
	Excavadora CAT 325B o similar	HM				
	Excavadora CAT 330B o similar	HM		87.30	97.99	11.07
	Motoniveladora CAT 140H o similar	HM		43.65	48.99	5.54
	Retrocargador CAT 426C o similar	HM		43.65	48.99	5.54
	Rodillo 10 Ton	HM		87.30	97.99	11.07
	Tractor CAT D6G o similar	HM		43.65	48.99	5.54
	Tractor CAT D8R o similar	HM		43.65	48.99	5.54
<b>HM TEORICAS EN US\$</b>	<b>HM de Equipos en US\$:</b>	<b>US\$</b>		19.360.19	21.730.41	2.455.24
	<b>HM de Equipos en US\$ ACUM:</b>	<b>US\$</b>		19.360.19	41.090.60	43.545.84
<b>HM REALES PARA ESTE AVANCE</b>	Camión cisterna de agua 2000gal	HM		2.00	3.56	1.20
	Bobcat	HM		33.50	40.50	16.00
	Plancha Compactadora	HM				
	Compresora y martillo	HM				
	Torre de Iluminación	HM				
	Camión volquete 15m3	HM				
	Cargador frontal 966F o similar	HM		9.50	5.60	
	Excavadora CAT 325B o similar	HM				
	Excavadora CAT 330B o similar	HM		49.80	58.50	
	Motoniveladora CAT 140H o similar	HM		24.40	29.05	15.00
	Retrocargador CAT 426C o similar	HM		26.50	83.50	19.80
	Rodillo 10 Ton	HM		34.20	71.50	21.30
	Tractor CAT D6G o similar	HM		48.50	103.50	19.00
	Tractor CAT D8R o similar	HM		34.10	57.00	1.00
<b>HM REALES EN US\$</b>	<b>HM de Equipos en US\$:</b>	<b>US\$</b>		12.846.72	20.414.80	2.914.02
	<b>HM de Equipos en US\$ ACUM:</b>	<b>US\$</b>		12.846.72	33.261.52	36.175.54
<b>RATIOS</b>						
<b>US\$ / m3</b>	$\frac{\$ \text{ equipo}}{\text{Und Avance (Semanal)}}$	$\$/m3$		2.47	3.50	4.42
	$\frac{\$ \text{ equipo}}{\text{Und Avance (Acumulado)}}$	$\$/m3$		2.47	3.02	3.10
	$\frac{\$ \text{ equipo}}{\text{Und Avance (Previsto)}}$	$\$/m3$	3.73	3.73	3.73	3.73
<b>REAL VS META</b>	$\frac{\$ \text{ equipo}}{\text{Und Avance (Proyección)}}$	$\$/m3$	3.73	3.73	3.73	3.73
	$\frac{\$ \text{ Ganados}}{\text{Perdidos a la fecha}}$	<b>US\$</b>		6.513.46	7.829.08	7.370.30
	$\frac{\% \text{ de } \$ \text{ Ganados}}{\text{Perdidos a la fecha}}$	<b>%</b>		31%	19%	17%
	$\frac{\$ \text{ Ganados}}{\text{Perdidos proyección}}$	<b>US\$</b>		6.513.46	7.829.08	7.370.30
	$\frac{\% \text{ de } \$ \text{ Ganados}}{\text{Perdidos proyección}}$	<b>%</b>		2%	3%	3%

**Figura N°28:**

Informe de Productividad de Equipos de la partida de Revestimiento de Suelo (Soil Liner).

## Informe de Productividad de Mano de Obra

## Obra: Movimiento de Tierras Expansión Pad Yanacocha 6

IP MO  
2004

Item	Descripción	PPTO	Sem1	Sem2	Sem3	Sem4
			01-Mar	08-Mar	15-Mar	22-Mar
			07-Mar	14-Mar	21-Mar	28-Mar
<b>01.02</b>	<b>Medio Ambiente</b>	<b>GLB</b>				
	HH SEMANAL		112.00	796.00	410.00	410.00
	HH ACUMULADO	17,124.00	120.00	916.00	1,326.00	1,736.00
	AVANCE SEMANAL		0.02	0.02	0.02	0.01
	AVANCE ACUMULADO	0.37	0.02	0.04	0.06	0.07
	RENDIMIENTO SEMANAL		5,514.22	39,190.37	20,166.00	30,278.99
	RENDIMIENTO ACUMULADO	46,838.07	5,908.10	22,549.23	21,761.49	23,310.13
	PERDIMIENTO PARA PROYECCIÓN		46,838	46,638	46,638	46,638
REAL VS	HH PERD O GAN A LA FECHA		831.33	986.67	1,528.00	1,752.22
P. META	HH PERD O GAN A FIN DE OBRA		831.33	986.67	1,528.00	1,752.22

## Figura N°29:

Informe de Productividad de Mano de Obra de la partida de Trabajos Medio Ambientales.

## Resumen del Informe de Productividad

## RESUMEN PRECIOS UNITARIOS IP

Item	Descripción	Ppto Meta	Sem1	Sem2	Sem3	Sem4
			01-Mar	08-Mar	15-Mar	22-Mar
			07-Mar	14-Mar	21-Mar	28-Mar
<b>03.02</b>	<b>Rough Grade</b>					
	PU	Parcial	-	0.87	0.32	1.26
		Acum	-	0.87	0.44	0.56
	Mano de Obra	Parcial	-	0.32	0.12	0.46
		Acum	-	0.32	0.16	0.21
	Equipos +	Parcial	-	0.55	0.20	0.80
	Combustible	Acum	-	0.55	0.27	0.35
<b>03.03</b>	<b>Soil Liner</b>					
	PU	Parcial	-	3.64	5.21	8.52
		Acum	-	3.64	4.47	4.70
	Mano de Obra	Parcial	-	1.16	1.71	4.10
		Acum	-	1.16	1.45	1.60
	Equipos +	Parcial	-	2.47	3.50	4.42
	Combustible	Acum	-	2.47	3.02	3.10
<b>03.04</b>	<b>Transporte de Soil Liner</b>					
	PU	Parcial	-	0.27	0.42	-
		Acum	-	0.27	0.33	0.33
	Mano de Obra	Parcial	-	0.04	0.06	-
		Acum	-	0.04	0.05	0.05

## Figura N°30:

Informe de Productividad Resumen. Éste reflejaba el precio que costaba cada unidad de metrado realizado, considerando únicamente mano de obra y equipos, el mismo que era comparado con el del presupuesto; se



entiende que este índice presupuestado o de comparación debería ser menor al valorizado.

En una obra de movimiento de tierras como ésta, el mayor costo es el de equipos, por ende, los sistemas de control deberían estar enfocados a este rubro.

En el segundo tomo del presente informe se muestran, informes de productividad casi a cierre de obra; así como, el cronograma de obra en el software Primavera (P3) y el control de avance de la curva S.

## 2.4 Gerencia de Proyectos

Al aplicar la gerencia de proyectos propuesta por el LCI a la ejecución de un proyecto, se pretende alcanzar en todo momento la máxima eficiencia y competitividad, por medio de la implantación de procesos que lleve a eliminar en lo posible aquellas actividades que no generen valor, y de forma que brinde al sistema de procesos de toda flexibilidad que se precise, para así adaptar nuestro desenvolvimiento a las exigencias del cliente en calidad, cantidad y momento. Todo esto que parece sencillo, no lo es en absoluto y ajustar estos criterios a todos y cada uno de los elementos involucrados en el sistema de procesos y por extensión, a toda la empresa, es una tarea compleja.

Las tendencias más avanzadas en la actualidad, en la gestión de empresas y los procesos que en ellas se desarrollan, permiten alcanzar el mayor grado de competitividad y niveles óptimos en los distintos objetivos que se proponen las empresas: un producto y/o servicio de calidad, que se entregue con rapidez, asumiendo niveles mínimos de costo y cotas importantes de flexibilidad, todo ello con el mínimo de recursos de cualquier tipo.<sup>1</sup>

Una gran lección puede ser aprendida de cada proyecto aun cuando éste haya sido un completo fracaso. Muchas empresas no tienen un reporte final o una síntesis de lecciones aprendidas que pueda guiar a nuevos gerentes de

<sup>1</sup> Cuatrecasas, Lluís. “*Lean Management: Volver a Empezar*”. Pág. 161.

proyectos. La ausencia de estas lecciones aprendidas sólo lleva a que en la misma empresa los mismos errores se cometan repetitivamente sin lograr alcanzar en corto tiempo una madurez en la gerencia de proyectos.<sup>5</sup>

Los resultados obtenidos luego de aplicar la teoría del LCI en el presente proyecto se pueden apreciar en los cuadros siguientes:

#### DATOS GENERALES

Descripción	Contractual	Real
Monto de Obra (US\$)	12,940,000.00	13,285,027.24
Plazo (meses)	13	11
Inicio	02 Jun 03	02 Jun 03
Finalización		
Primer Carguío	01 Oct 04	15 Jun 04
Toda la Obra	30 Oct 04	30 Ago 04

**Tabla 2:** Resultados macro al cierre del proyecto.

La ejecución del proyecto se realizó en dos (02) etapas, separadas éstas por una época de lluvias bastante pronunciada, y que contractualmente estaba estipulado que durante esta época sólo el Contratista estaba obligado a realizar únicamente trabajos medio ambientales (ver Figura N°31).

Las principales partidas que significaban una gran actividad y una fuerte facturación, tuvieron que ser controladas de manera especial, gracias a las herramientas del LCI se pudo lograr esto. Hablamos del cronograma del lookahead, los reportes de productividad (IP's), el PPC, entre otros.

<sup>5</sup> Piedrahita M., Santiago. *“Gerencia de Proyectos. Una Visión Integrada”*. Universidad Pontificia Bolivariana. Pág 26.

**PRIMERA ETAPA**

	2003												2004							
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A
Proyecto Yanacochoa 6																				

**SEGUNDA ETAPA**

	2003												2004							
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A
Proyecto Yanacochoa 6																				

**Figura N°31:**

Etapas de ejecución del proyecto.

PARTIDA	Und	Plataforma de lixiviación	Pozas de Proceso	Canal de Solución	Pila de Acopio Orgánico N°2	TOTAL
Excavación de material inadecuado	m3	574.57	85,040.50	13,652.00	3,547.00	102,814.07
Excavación de material común	m3	211,718.56	21,360.50	143,943.00		377,022.06
Excavación de roca ripeable	m3	18,212.20		5,583.00	1,078.04	24,873.24
Renivelación de plataforma	m2	479,687.40				479,687.40
Rellenos	m3	145,854.90	21,360.50	22,398.17	23,410.74	213,024.31
Suelo de revestimiento	m3	103,292.90				103,292.90
Capa protectora	m3	156,949.80				156,949.80
Capa de drenaje	m3	39,630.70				39,630.70
Sobre acarreo	m3-Km	481,988.64	299.62	142,950.30	138,270.47	763,509.03
GCL	m2	258,351.00	21,132.00			279,483.00
Geomembrana	m2	589,518.90	201,916.10	24,658.65		816,093.65
Instalación de tuberías de acero al carbono (24", 16", 12")	ml	6,231.00				6,231.00
Instalación de tuberías de HDPE (30", 24")	ml			3,836.00		3,836.00

**Tabla 3:** Partidas Principales por frente de trabajo.

Las herramientas de control y de programación del LCI se organizaron de la forma siguiente:



**Figura Nº32:**

Flujo de Información establecido para la planificación y control de la ejecución del proyecto utilizando las bondades de las herramientas del LCI complementarias a las herramientas tradicionales de planificación (Cronograma Master y Curva S).

Como se puede apreciar, el hecho de establecer este tipo de flujo de información, permite tener un control total de la ejecución de un proyecto, permitiéndonos saber en cualquier momento de cómo realmente está el avance de Obra y sobre todo qué medidas se debe tomar de forma oportuna en caso de que algo no funciona.

Como es de esperarse, en la ejecución de cualquier proyecto se presentan diferencias positivas y negativas con respecto a lo presupuestado, esto debido a la presencia de diversos factores como pueden ser: variación de metrados, aumento en el costo de la mano de obra, impacto de las condiciones climáticas

durante el desarrollo de las actividades, la negociación de bonos por término anticipado del proyecto, entre otros. Para este caso particular en la Tabla 4, se muestran las diferencias encontradas en la ejecución del presente proyecto.

### CRONOGRAMA DE ENTREGAS DE ÁREAS DEL PAD YANACOCCHA 6 (m2)

	Contractual	Reprogramado	Real:
01 - 15 Junio			158,045
16 - 30 Junio		75,030	155,938
01- 15 Julio		132,630	94,460
16 - 31 Julio		107,590	88,947
01- 15 Agosto		122,980	
16 - 31 Agosto		59,160	
01- 30 Septiembre			
01 - 30 Octubre	497,390		

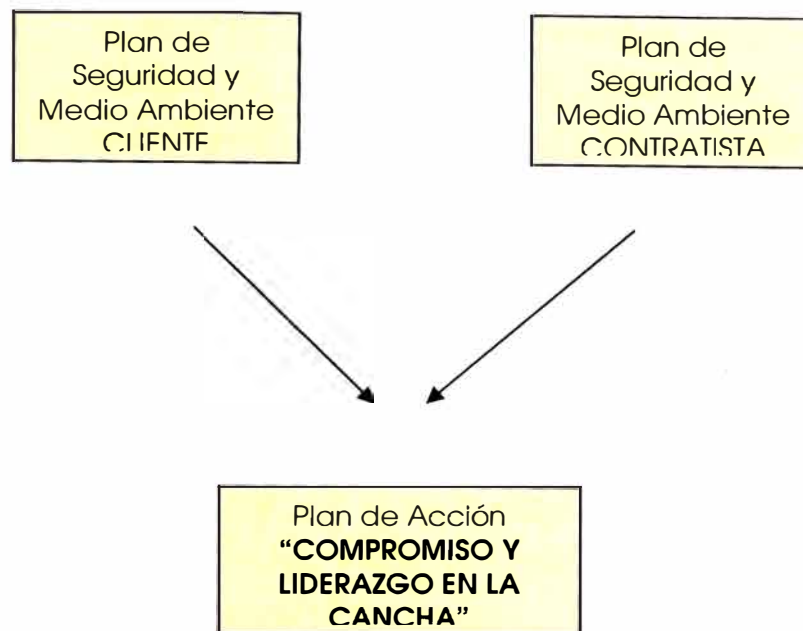
**Tabla 5:** Cronograma de entregas parciales de la plataforma de lixiviación.

## ANÁLISIS DE BRECHAS

Causas	MO	MAT	EQ	SC	GG	Brecha	Explicación
Renivelación de plataforma	(130.365)		(319.197)			(449.562)	No se había considerado trabajos para refine. Los rendimientos en la zona de GCL fueron menores. Debido al clima y a la paralización se tuvieron que hacer re-trabajos. No se consideró rellenos en toda la plataforma de capas de mayores de 30 cm
Transporte	(10.995)		(69.734)			(80.729)	Las velocidades consideradas en el presupuesto fueron mayores a las velocidades reales obtenidas
Suelo de Revestimiento	(85.667)		(14.467)			(100.134)	Presencia de bolonería mayor a lo esperado y re-trabajos debido al clima
Excavaciones	(40.585)		(385.865)	(18.750)		(445.200)	No se había considerado perfilado de superficies, bajo rendimiento por condiciones climáticas severas, falta de un mayor control con respecto a los protocolos de campo y a los niveles topográficos
Trabajos Medio Ambientales	(110.525)	(19.060)	(36.744)	(12.780)		(179.109)	De acuerdo a las necesidades del proyecto los alcances fueron mayores a lo previsto
Rellenos	12.957		178.362			191.319	Se optimizó la cuadrilla de equipos manteniéndose los rendimientos previstos
Capa Protectora y Capa de Drenaje	75.253		274.418	(73.200)		276.471	Se controló el subcontrato de producción de agregados y se mejoraron los rendimientos de colocación de los mismos
Instalación de tuberías	(3.280)		(29.520)	112.000		79.200	Para cumplir con el plazo se tuvo que utilizar una mayor cantidad de equipos al previsto. Se controló el subcontrato de instalación de tuberías
Movilización y Desmovilización				(27.000)		(27.000)	No estaba previsto la movilización y desmovilización del subcontratista de geosintéticos
Incremento de MO	(93.333)					(93.333)	Incremento del jornal de MO decretado por el Gobierno
Clima (Stand By de MO)	(187.112)		(26.300)			(213.412)	Stand By del personal y equipos por condiciones climáticas severas
Bono Primer Carguío					160.000	160.000	Se negoció un bono por la entrega de un área de la plataforma para el Primer Carguío
Reclamo de Gastos Generales					183.000	183.000	Se negoció el reconocimiento de gastos generales por una reducción de volúmenes
Adicionales	40.800	10.200	51.000	42.098		144.098	Se negociaron nuevos precios con mayores beneficios
Gastos Generales		(38.450)	(45.300)		(41.250)	(125.000)	No estaba previsto los materiales para la topografía, oficinas, ni campamentos. En el pico de la Obra se tuvo que recurrir a mayor personal tanto en Control de Calidad como en Topografía. Mayor uso de equipos de apoyo

**Tabla 4:** Diferencias presupuestales encontradas durante la ejecución del proyecto (en US\$).

Véase que éstas han sido analizadas por rubro; es decir, si el impacto ha repercutido en el costo de la mano de obra (MO), materiales (MAT), equipos (EQ), subcontratos (SC) o gastos generales (GG).



**Figura N°33:**

Aplicación del 4to. Principio del LCI: Generar una respuesta rápida al Cliente. Se buscó cumplir los altos estándares de Seguridad y Medio Ambiente del Cliente sin dejar de lado los del Contratista.

Las lecciones aprendidas, en este caso particular, fueron:

- Lo que se hizo bien fue, finalizar la ejecución antes del plazo, tener una visión estratégica desde un inicio de la ejecución basada en las necesidades del Cliente, tener un buen clima organizacional desarrollando un trabajo en equipo (involucrando a todos los responsables de cada área, teniendo un alto grado de comunicación y coordinación, fomentando el desarrollo del potencial humano mediante la capacitación del personal y compartiendo experiencias, fomentando el bienestar y la confraternidad), manejo contractual (conociendo al detalle y aplicando el alcance del contrato, realizando trabajos adicionales, analizando los metrados), relación con el Cliente, el planeamiento y control (se realizaba diario, semanal y mensual), el desempeño en seguridad y medio ambiente

(teniendo de base el plan de cada uno de ellos, se llevó a cabo el *Plan de Acción* antes mencionado, cuyo objetivo era minimizar la ocurrencia de accidentes/incidentes e impactos ambientales), y el desempeño de responsabilidad social (se realizando actividades sociales en forma periódica).

Lo que se pudo haber hecho mejor, constituye la transferencia de conocimiento y experiencia a otros proyectos a ejecutarse en la zona, el manejo contractual con el alquiler de equipos (por ser una obra de movimiento de tierras, el mayor costo constituye este rubro), manejo de sistemas de información, la consideración del clima, la seguridad, el medio ambiente, la responsabilidad social, la variación de metrados, para la formulación del presupuesto.

Una tarea difícil es determinar cuándo un proyecto ha sido totalmente exitoso. El solo cumplimiento del tiempo y costo presupuestados, y el desempeño no son suficientes para calificar un proyecto como totalmente exitoso. El cumplimiento de estos tres requisitos, sin lugar a dudas, es muy importante y tiene un efecto directo en las utilidades de cualquier empresa; sin embargo, su cumplimiento no garantiza la excelencia en el uso de la gerencia de proyectos.<sup>4</sup>

El éxito de un proyecto debe ser medido no sólo con el cumplimiento de los tres requisitos mencionados, sino también con el análisis de las acciones de tres grupos o instancias. El gerente de proyecto y su equipo, la organización como tal, y el Cliente.

---

<sup>4</sup> Piedrahita M., Santiago. "*Gerencia de Proyectos. Una Visión Integrada*". Universidad Pontificia Bolivariana. Pág 24.



### **Capítulo 3: Modelo de Gerencia del Proyecto Propuesto**

El modelo de gerencia de proyectos propuesto para ser implementado en el desarrollo de cualquier proyecto consiste en una gestión integrada, basada en la filosofía de gestión de calidad MEJORA CONTINUA con una marcada orientación y compromiso con el Control de Calidad, La Seguridad, el Medio Ambiente y la Responsabilidad Social. Se define MEJORA CONTINUA como un proceso mediante el cual, la empresa responsable de un determinado trabajo, puede mejorar sus resultados: alcance, costos, calidad y tiempos, sobre la base de la aplicación de una apropiada planificación de calidad, revisión periódica de los resultados, y una política clara de trabajo en equipo.

Este modelo de gerencia de proyectos permite la comunicación y coordinación fluidas y constantes entre todas las áreas que conforman el equipo del proyecto. La intención es entregar al Cliente un proyecto con valor agregado que no solamente cumpla con los objetivos sino supere a los mismos. Se busca mejorar las fechas señaladas por el Cliente y de este modo poder entregar el proyecto ANTES DEL PLAZO.

Así mismo, cada área indicada en la Figura N°34 deberá desarrollar su planificación, ejecución y control de actividades contempladas en el cronograma del proyecto y enfocadas al Cliente, siguiendo el esquema de la Figura N°35.

La gerencia de proyectos se debe enfocar principalmente en las metas de las actividades del cronograma y en las deficiencias del flujo de trabajo y en la generación del valor, enfocadas siempre a las necesidades del Cliente. Las acciones correctivas se deberán tomar dentro de la comprensión de las redes de flujo de materiales e información y del impacto de cambios en la secuencia. La toma de decisiones se debe dar por intermedio del gerente de proyectos que está a su vez asistido por un grupo de trabajo idóneo para un determinado proyecto. La tendencia debe seguir hacia una optimización de la división de trabajo y de su cumplimiento. El cambio no nace de la autoridad ni se impone, empieza con una convicción total por parte de la gerencia, para luego traducirse

en cambio a través de toda una empresa. Si el resto de la organización desconoce el proceso, no se le puede pedir que responda y busque la eficiencia.<sup>1</sup> El objetivo de toda empresa es generar valor económico para sus accionistas y sus clientes de manera creciente y sostenida en el tiempo.



**Figura N°34:**

Modelo de gerencia de proyectos propuesto (gestión integrada)

Posiblemente el orden o alguna de estas áreas de gestión puede variar dependiendo de la naturaleza del proyecto, pero el esquema de gerencia será el mismo, siempre enfocado a las necesidades y exigencias del Cliente.

<sup>1</sup> Sacttone Watmough, Richard. "Turnaround management: de la mediocridad al éxito económico. *ESAN Convención Empresarial 1997: Creación de Valor y Gerencia*". Pág. 124



**Figura N°35:**

Forma que deberá desenvolverse cada área o parte del proyecto (basado en el Círculo de Demin)

Si uno sigue manejando su empresa de manera intuitiva, el resultado será también intuitivo. Se tiene temor al cambio de paradigmas. Cada empresa encuentra en su repertorio los modos de sobrevivir en las nuevas condiciones. Algunas lo logran, otras no. Los que se adaptan pueden hacerlo con menor o mayor éxito que antes, quedando en peor o mejor posición. Claro que hay posibilidades de mediar en el caos y tener beneficios a corto plazo, pero la permanencia del éxito en el tiempo dependerá de la calidad del marco social e institucional que se construya.<sup>2</sup>

### 3.1 Planeamiento, implementación, control y la mejora continua

Luego de haber revisado las dos teorías de gerencia de proyectos, la aplicación de una de ellas, y haber propuesto un nuevo esquema de gerencia; se puede indicar que, para que ésta sea efectiva y sobre todo eficiente, es necesario realizar o llevar a cabo para cada área de gestión, un proceso de planificación, implementación, control y mejora continua (en ese orden y en forma iterativa).

<sup>2</sup> Pérez, Carlota. "Organización sociopolítica para enfrentar nuevos desafíos empresariales y sociales. *ESAN Convención Empresarial 1997: Creación de Valor y Gerencia*". Pág. 220

"Gerencia de Proyectos:

Caso Ampliación de la Plataforma de Lixiviación de Yanacocha Etapa 6"

José Luis Pando Quevedo

Todos estos procesos estarán enfocados siempre al Cliente, el cual especificará, la magnitud del proyecto, la calidad requerida y el tiempo de entrega. Para lo cual la empresa deberá estar en la capacidad de atender a estas exigencias, utilizando el mejor método y el más económico.

El proceso de planificación trata de detallar mejor lo que se quiere hacer y lo que se cree hacer a corto y largo plazo, de manera que las actividades involucradas en el desarrollo del proyecto estén relacionadas entre sí y en su totalidad. La etapa de implementación, se inicia con la asignación de recursos y responsabilidades para la posterior ejecución de las actividades de acuerdo a lo planificado. Esta etapa deberá estar provista de una excelente comunicación, una actitud positiva por parte del equipo de trabajo y de una participación activa de todos sus integrantes (el liderazgo por parte del gerente de proyectos será determinante).

Una vez planificadas todas las actividades del proyecto y la forma de ejecución de cada una de ellas, se deberá disponer, a nuestro entender, de lo más importante para un proyecto y porqué no decir para un gerente de proyectos, de un sistema de control que le permita tener una visión mucho más objetiva los resultados de la ejecución de un proyecto, y determinar medidas correctivas a fin de buscar la mejora continua de cada proceso implementado. El trabajar con una gestión de calidad cada vez mejorada permite no caer en trabajos rehechos y en costos innecesarios.

Para lo ello, se sugiere realizar lo siguiente (en ese orden):

- Revisar y analizar de la situación actual del proyecto
- Determinar los objetivos del proyecto
- Desarrollar las posibles alternativas a tomar
- Identificar las consecuencias negativas de cada alternativa
- Definir una alternativa básica

Desarrollar estrategias (prioridades, secuencias, tiempo en pasos importantes, etc.)

Determinar los puntos de control o comprobación para medir las variaciones que se esperan del proyecto (las herramientas de control del LCI son bastantes útiles cuya eficiencia ha sido comprobada)

Identificar y analizar los trabajos necesarios para implementar el proyecto según lo planificado

Definir los alcances de las relaciones, la autoridad y la responsabilidad de cada puesto de trabajo

Determinar la asignación de recursos, incluyendo presupuestos, facilidades, etc.

Adiestrar y desarrollar al equipo para desempeñar su nueva autoridad y responsabilidad

Desarrollar objetivos de desempeño individual que sean aceptados tanto por el responsable de cada área así como por el gerente de proyectos

Asignar autoridad y responsabilidad

Coordinar actividades al irse presentando

Medir progresos o desviaciones para alcanzar las metas del proyecto

Medir el desempeño de cada responsable frente al desarrollo de objetivos, estándares, etc.

Tomar acciones correctivas en cada proceso del proyecto

Determinar situaciones apropiadas para el desarrollo individual

### 3.2 Manejo Contractual (seguridad, medio ambiente, responsabilidad social)

Es indispensable saber, qué involucra verdaderamente el alcance de cada partida del proyecto, bajo qué condiciones pudieran variar las cantidades estipuladas en el presupuesto y cómo pueden incidir en el plazo de ejecución. Es por ello, que es muy importante saber y tener actualizados todos los registros de

control que se han implementado, porque le permite al gerente de proyectos tomar decisiones basados en datos reales y no de forma intuitiva.

Es propicio indicar que, el aprovechamiento de oportunidades se dará cuando se tiene claramente los objetivos del proyecto, el alcance del contrato, las variaciones de los procesos de construcción y la mejora de éstos.

Actualmente, la seguridad de los trabajadores, la protección al medio ambiente y la responsabilidad social en zonas aledañas al proyecto, han ido incrementado poco a poco su importancia durante la ejecución de cualquier proyecto. Esto, debido a que para las empresas, el recurso más valioso lo constituye el ser humano, sin él los proyectos no tendrían razón de ser; así mismo, la protección al medio ambiente ha surgido por los elevados porcentajes de contaminación y las pozas fuentes de oxigenación en el mundo.

Uno de los objetivos inherentes a cualquier proyecto, debe ser su desarrollo sostenible, el cual busca mejorar el nivel de vida de los pobladores aledaños al proyecto, brindar mejores oportunidades de desarrollo individual, brindar el apoyo desinteresado a la comunidad, entre muchos otros aspectos.

El buen actuar de la empresa debe brindar seguridad a sus trabajadores, proteger al medio ambiente y convivir en armonía con la sociedad.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

Durante esta breve investigación realizada a fin de proponer un modelo de gerencia de proyectos, se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

Al iniciar un proyecto de inversión se deberá definir muy claramente los objetivos y las metas a alcanzar; la planificación, la ejecución y el control de éste deberán estar siempre enfocados al Cliente, buscando en todo momento su satisfacción, superando sus expectativas y necesidades.

No existe una estructuración perfecta para el desarrollo de gerencia de proyectos, pues ésta dependerá del tipo de proyecto a llevarse a cabo; el modelo propuesto puede ser utilizado para cualquiera de ellos; queda claro que ésta deberá estar provista de una mejora continua a todo nivel.

La mejora continua permite brindar un servicio o producir un producto cada vez con menos desperdicios y con mayor valor agregado, mejorando los tiempos de ejecución, reduciendo costos innecesarios y mejorando la calidad. Un control de calidad exigente, permite asegurar la calidad del proyecto o producto, y por consiguiente, evita incurrir en trabajos rehechos y mayores costos.

Para lograr el éxito al desarrollar un proyecto de inversión, se deberá contar con el personal idóneo, el cual debe contar con una actitud positiva, una participación activa y de un profesionalismo tal, que fomente el trabajo en equipo.

Para planificar un proyecto se deberá analizar hasta el último detalle, esto permitirá un conocimiento global del proyecto y de sus alcances. El trabajo deberá ser planificado de manera que los procesos a ser implementados estén provistos de un flujo constante y equilibrado.

Se debe buscar en todo momento la productividad de todos los procesos y no de operaciones aisladas.

Es muy importante contar con el mayor número de herramientas de control para monitorear y controlar la ejecución de lo planeado, a fin de analizar las desviaciones negativas, tomar acciones correctivas oportunas y buscar la mejora continua. Saber en realidad, si las cosas están sucediendo tal cual lo planificamos, dentro del presupuesto, en el momento indicado y con la calidad requerida. Esto permitirá aprovechar al máximo las oportunidades que se nos presenten.



## Bibliografía

1. Apuntes de clase. Programa de Desarrollo de Capacidades Ejecutivas. CAME. Agosto – Septiembre 2004.
2. Charla de Conocimiento “Leach Pad Yanacocha Stage 6”. GyM S.A. Enero 2005.
3. Página web Minera Yanacocha. [www.yanacocha.com](http://www.yanacocha.com)
4. Página web Lean Construction Institute. [www.leanconstruction.org](http://www.leanconstruction.org)
  - a. Glenn Ballard, Herman. *“The Last Planner System of Production Control”*. Tesis presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Birmingham para el grado de Doctor de Filosofía. Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Birmingham. USA, 2000.
  - b. Koskela, Lauri y Howell, Gregory. *“The Underlying Theory of Project Management is Obsolete”*. Proceedings of the PMI Research Conference, 2002. Pág. 293-302.
  - c. Ballard, Glenn y Howell, Gregory. *“Lean Project Management”*. Building Research & Information (2003) 31(2) Pág. 119 – 133.
5. Página web Project Management Institute. [www.pmi.org](http://www.pmi.org)
  - a. *“Project Management: A Proven Process for Success”*. Project Management Institute. USA, 2000.
  - b. *“A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) Third Edition”*. Project Management Institute. USA, 2004.
6. Convención Empresarial de Esan 1997. *“Creación de Valor y Gerencia”*. Esan Ediciones. Lima, 1998.
7. Cuatrecasas, Lluís. *“Lean Management: Volver a Empezar”*. Ediciones Gestión 2000. Barcelona, 2005.
8. Fukunaga, Luis. *“Modelo para la Internacionalización de la Empresa”*. Tesis presentada para a la Escuela de Administración de Negocios (ESAN) para la obtención del grado de Magíster en Administración. Perú, 2001.
9. Bravo Salomón, Luis Humberto. *“El factor humano y el éxito en la Gerencia de Proyectos”*. Madrid, 2003.

10. Piedrahita M., Santiago. *“Gerencia de Proyectos. Una Visión Integrada”*.  
Universidad Pontificia Bolivariana. Colombia, 1998.

## **Anexos**

Presupuesto

Organigrama

Cronograma General de Obra

Control de la Curva S

Informes de Productividad

Especificaciones Técnicas

Planos

Fotografías