

Diseño de una metodología para mejorar la administración de materiales, equipos y organización de la obra en los proyectos de la Constructora Totem S.A.



Abstract

The following report presents a proposal to improve the use and management of resources for the Constructora Totem projects.

A project called Acudent was selected for the task of remodeling cellars which are to be used in the construction of a dental laboratory.

The information collected in this project has helped to identify the factors which cause skids with materials equipment, and labor.

In order to accomplish this, the current business conditions were assessed using surveys, diagrams and photographic records.

Furthermore, productivity and performance evaluations were taken of the following activities: painting and cutting metal structure for mezzanine, arming light walls and installing suspended ceilings. Those activities were selected according to the company's interest.

As a result of this study, the importance of proper planning prior to the start of a project, as well as proper follow up during the implementation phase was found.

Finally, this report contains several recommendations that aim to standardize the management of resources for future projects.

Keywords: equipment control, materials management, productivity, performance, resources standardization.

Resumen

El siguiente informe presenta una propuesta de mejora para el uso y administración de los recursos en los proyectos de la constructora Totem S.A. Como objeto de estudio se seleccionó un proyecto llamado Acudent, el cual consistió en la remodelación de unas bodegas para la construcción de un laboratorio dental.

La información recopilada en este proyecto sirvió como base para identificar los factores que ocasionan descontroles con los materiales, equipos y la mano de obra. Para esto se realizó una evaluación de las condiciones actuales de la empresa, haciendo uso de encuestas, diagramas y mediante un registro fotográfico.

Asimismo, se efectuaron mediciones de productividad y rendimientos en las actividades de pintura y corte de la estructura para entrepiso, paredes livianas y cielos suspendidos, las cuales fueron seleccionadas según el avance del proyecto y el interés de la constructora.

Como resultado de este estudio, se comprobó la importancia de realizar una adecuada planificación previa al inicio de un proyecto, así como de realizar un buen seguimiento durante la fase de ejecución.

Finalmente, se presenta una serie de recomendaciones cuyo objetivo es estandarizar el manejo de los recursos en futuros proyectos.

Palabras clave: control de equipos, manejo de materiales, productividad, rendimientos, estandarización de recursos.

Diseño de una metodología para mejorar la administración de materiales, equipos y organización de la obra en los proyectos de la Constructora Totem S.A.

Diseño de una metodología para mejorar la administración de materiales, equipos y organización de la obra en los proyectos de la Constructora Totem S.A.

NATALIA MONTERO SOLANO

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Julio del 2014

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio.....	1
Resumen ejecutivo	2
Introducción	4
Marco Teórico.....	6
Metodología.....	11
Resultados.....	15
Análisis de resultados.....	53
Conclusiones	62
Recomendaciones	63
Apéndices	64
Referencias.....	6577

Prefacio

El proyecto a desarrollar surge del interés que la Constructora Totem tiene de realizar un mejoramiento en el control de sus procesos, principalmente en el manejo de los materiales, equipos y organización de la obra.

Para esta empresa, al igual que para muchas otras, resulta de gran importancia buscar la eficiencia en los procesos de construcción. Esto es posible al implementar herramientas que no solo optimicen los recursos, sino que además garanticen la ejecución de sus obras de manera exitosa.

Es por ello que los temas de productividad y optimización han repercutido en los últimos tiempos. Las empresas impulsan el desarrollo de políticas en pro de la mejora, especialmente porque el sector de la construcción es altamente competitivo. Si estas no son innovadoras y no se ajustan a los cambios, se pueden encontrar en desventaja. Por el contrario, pueden tomar ventaja de sus competidores al reforzar sus debilidades y ejecutar proyectos al menor costo.

Con la metodología desarrollada en este proyecto se pretende facilitar el control de los equipos y materiales en sitio, para que en conjunto con las mediciones de productividad, se puedan detectar los problemas a tiempo y tomar acciones correctivas.

Gracias a esto se traerán beneficios importantes para la constructora. A nivel económico se espera disminuir los gastos de la empresa en compras de materiales innecesarios, reparaciones de equipos y tiempos muertos.

En términos ambientales, con una reestructuración de los actuales diseños en sitio va a ser posible tener un mejor control de los desechos. Asimismo, la mejora en la organización de la obra trae beneficios sociales, pues los trabajadores van a tener espacios más cómodos y seguros y estarán en un ambiente laboral que les permita desempeñarse mejor.

Agradecimiento

Agradezco a la Constructora Totem por todo el apoyo brindado durante la ejecución del proyecto, especialmente al Ing. Roy Trigueros Gago, por la oportunidad dada en este período de aprendizaje.

De igual manera doy un agradecimiento especial a la profesora Ana Grettel Leandro por su asesoría, paciencia y dedicación como mi profesora guía.

Finalmente, doy el mayor agradecimiento a Dios y a mi familia, por acompañarme tanto en el desarrollo de este proyecto como en todos los años de estudio; muy especialmente a mis padres y hermano por ser ejemplo de esfuerzo, dedicación y por brindarme su apoyo incondicional.

Resumen ejecutivo

El manejo de recursos en una empresa constructora es un proceso que debe realizarse siguiendo procedimientos bien estructurados y fáciles de aplicar, de manera que el personal en campo cuente con las herramientas necesarias para asegurar la fluidez en sus procesos. Es por ello que en la Constructora Totem la idea de mejorar la administración de sus recursos, entiéndase mano de obra, equipos y materiales, se ha convertido en un tema de gran interés general.

Al ser una empresa relativamente joven en el mercado, pues solo tiene 5 años, tiene un gran reto por delante y es la implementación y el estudio de técnicas de control, que le permita a la empresa ir formando una estructura sólida tanto técnica como administrativa, capaz de mantenerse activa y con proyectos exitosos en un mercado cada vez más competitivo.

El contenido de este informe se basa justamente en la evaluación de las condiciones actuales de la empresa, con el enfoque de un proyecto en proceso de construcción, y en el diseño de herramientas que se puedan aplicar en campo para agilizar los procesos.

Como parte de la metodología utilizada, se prepararon encuestas dirigidas al personal en obra para conocer cuáles son los controles que se realizan para materiales y/o equipos, cómo se diseña el sitio de trabajo y cómo se maneja la mano de obra. En este caso se logró comprobar que se requiere implementar medidas para darle seguimiento a los pedidos de los materiales y al uso de equipos.

Para la organización de la obra se tomó como proyecto piloto la remodelación de un laboratorio dental. Como parte del análisis se realizó un seguimiento fotográfico y fue posible observar como el diseño en sitio puede afectar el desarrollo normal de una obra, ya que se identificaron aspectos que afectan los

desplazamientos de personal y los transportes de materiales, los cuales se traducen en gasto de tiempo y dinero.

Para tener evidencia cuantitativa de cómo puede afectar esta situación y realizar propuestas de mejora, se midió la productividad en 3 actividades que se estaban realizando. Para esta medición se seleccionó la técnica del Crew-Balance de manera que se pudiera detectar qué tan significativos eran los tiempos desperdiciados en procesos o acciones que no tenían ningún aporte. Las actividades que se eligieron fueron paredes livianas en gypsum, cielos suspendidos y pintura y corte de estructura para entepiso. Su elección se hizo en conjunto con el personal de la empresa y según el avance del proyecto al momento de efectuar las mediciones.

Con el objetivo de estandarizar procesos, se desarrollaron plantillas para realizar pedidos de materiales, informar acerca de materiales pendientes, inventariar la bodega y llevar un registro diario de los materiales que salen al campo.

En relación con el control de equipos, se prepararon herramientas tales como boletas para controlar el ingreso y salida de equipos entre proyectos o campo. Además se incluyeron boletas para establecer un registro diario del uso de equipos y para manejar las planillas semanales reportadas por los encargados de la obra. La idea de esas plantillas fue estructurar procedimientos a través de herramientas fáciles de aplicar por parte del personal a cargo.

Para efectos de consulta, otro de los resultados incluidos en el informe fue el registro de los principales proveedores que utiliza la empresa. Este listado se realizó con el propósito de conocer la evaluación asignada por la misma empresa y valorar esos elementos al momento de solicitar una cotización o realizar una comparación de ofertas.

También se incluye un inventario de equipos que fue realizado a lo largo de la práctica profesional, el cual se realizó a partir de un seguimiento periódico de los equipos que se utilizaban en cada proyecto y los que se almacenaban en el contenedor y las oficinas administrativas.

Estos elementos fueron tomados en consideración para realizar una guía de recomendaciones que le recuerde al personal los aspectos a tomar en cuenta cuando se trata del manejo de recursos. De igual manera, esta información recopilada fue incluida en una herramienta realizada en Microsoft Excel, para darle mayor facilidad al ingeniero y personal administrativo.

Finalmente se debe considerar que, como parte de los objetivos planteados en este informe, se propuso realizar una comparación de los costos en las actividades seleccionadas, para realizar una posterior comparación con lo presupuestado. Sin embargo, el proyecto elegido tuvo la particularidad de no contar con ese presupuesto inicial, por lo que se varió el enfoque y se realizó más bien un seguimiento de los costos generales del proyecto para hacer una comparación general con lo proyectado.

Con todo lo anterior, se puede concluir que los controles efectuados en este proyecto deben mejorarse, lo que demuestra la importancia de la fase de planeamiento antes de ejecutar la obra.

Introducción

En el mundo de la construcción, gran parte del éxito de una obra se debe a la forma en que esta se planifica y ejecuta. Por esta razón, el encargado del proyecto requiere de herramientas que sean eficientes y que le permitan coordinar cada etapa constructiva de forma ordenada.

Sin embargo, este proceso puede resultar algo complejo si no se controlan los recursos en campo. Los pedidos de materiales, la requisición de equipos o el manejo de la mano de obra, afectan considerablemente la fluidez de las actividades cuando no se ejecutan como debe ser.

Un ejemplo de ello es al momento de realizar una requisición de materiales. Antes de iniciar el proyecto, los encargados de la obra tienen bajo su responsabilidad establecer el calendario para pedidos, lo que obliga al personal a respetar las programaciones y a solicitar los materiales en su debido momento. Además deben encargarse de implementar el uso de boletas que registren todas las solicitudes y controlen los ingresos y salidas de los materiales.

Cuando estos controles no se cumplen y el tiempo no es suficiente, se pueden presentar situaciones como tener que elegir ofertas que no ofrecen los mejores precios o que no tienen las calidades deseadas. En otros casos, se pierden los controles de los materiales en bodega por no darle seguimiento a los inventarios, lo cual puede incurrir a un gasto doble por adquirir un producto existente, o incluso crear cierta vulnerabilidad ante el robo.

Por esa razón, resulta necesaria la creación de herramientas que logren evitar que en la constructora se continúen dando ese tipo de situaciones.

En este trabajo se presenta una guía de recomendaciones que facilita la organización de la obra, no solo para efectos de los materiales, sino también para el manejo de los equipos, la mano de obra e incluso la distribución del sitio durante el proceso constructivo.

Objetivos

Objetivo General

- Diseñar una metodología para mejorar la administración de materiales, equipos y organización de la obra en los proyectos de la Constructora Totem S.A.

Objetivos Específicos

- Identificar los principales problemas que enfrenta la empresa en relación con el manejo de los materiales, equipos y organización de la obra que se refleja en el tiempo y costo de los proyectos.
- Realizar un análisis de la organización actual de la obra.
- Aplicar un análisis de tiempos y movimientos de equipo, maquinaria y mano de obra.
- Estimar los costos unitarios del proyecto y realizar la comparación con lo presupuestado.
- Desarrollar herramientas que faciliten la gestión de los materiales, equipos y mano de obra dentro de los proyectos.
- Elaborar una propuesta de mejora que aplique la estandarización del uso y administración de equipos, organización del sitio y control de costos para equipos y materiales.

Alcances y limitaciones

- El alcance de este proyecto contempla únicamente el análisis y mejora del manejo de los equipos, materiales y organización de la obra en la Constructora Totem S.A.
- La selección de las actividades para la toma de datos dependió de su importancia según lo determinado por el personal del proyecto y de las condiciones de avance del mismo.
- Las mediciones en campo se realizaron periódicamente en el proyecto seleccionado. No se contemplaron las variaciones climáticas para la toma de datos, pues el proyecto se realizó bajo techo.
- El listado de los actuales proveedores que utiliza la empresa, con su respectivo análisis y calificación general, es subjetivo y depende únicamente del servicio brindado a Constructora Totem S.A.
- Las plantillas a desarrollar para el control de equipos y materiales en sitio fueron diseñadas únicamente para cumplir con las necesidades específicas de la empresa.
- El proyecto tomado como base utilizó el sistema fast-track y no contó con un presupuesto inicial, por lo que no fue posible comparar los costos presupuestados con los reales.

Marco Teórico

Planeación y control de obra

La planeación, programación y control de obra, es un proceso que implica la coordinación de recursos humanos, materiales, equipos y financieros, que se rige por una programación y costo determinado (Pérez, 2004)¹.

Esta programación de los recursos es esencial en la planificación, ya que conforme el proyecto va avanzando se debe ir suministrando cada recurso. Para ello se debe realizar la programación de compra de la materia prima y negociar con proveedores tanto tiempos de entrega como precios.

Planeación a corto plazo

Su objetivo principal es asegurar que los recursos sean utilizados eficientemente en un período corto, lo que permite manejar y controlar los problemas que se pueden presentar en una o dos semanas como máximo.

Este tipo de planeamiento es el que involucra los recursos de la obra (materiales, equipos y mano de obra), pues es primordial identificar los recursos que están disponibles y repartirlos a cada elemento de trabajo, vigilar su uso e identificar los futuros requerimientos (Pérez, 2004).

Control del proyecto

Realizar controles en el proyecto una vez que está en marcha es una gran ventaja, ya que se

¹ Pérez, J. (8 de marzo de 2004). Planeación y control de obra del Instituto de Religión Tampico: propuesta de análisis y evaluación de planeación estratégica y riesgo. Cholula, Puebla, México.

puede tener una base de datos clara y precisa y utilizar herramientas que permiten almacenar la información diaria.

Desperdicios en la construcción

Según lo señalado por los autores Ciarniene & Vienazindiene (2012)², en la construcción existen 7 tipos de desperdicios que deben eliminarse:

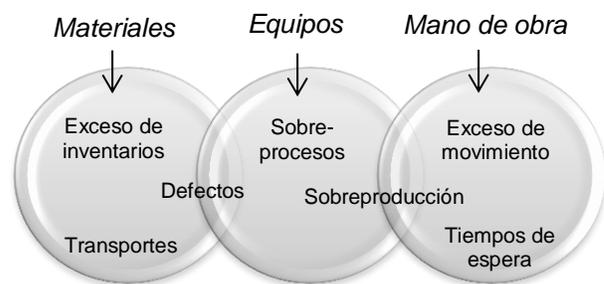


Figura 1. Desperdicios a eliminar. Fuente: (Ciarniene & Vienazindiene, 2012)

Las causas de esos desperdicios son diversas y en algunos casos difíciles de controlar, tanto por las variables que intervienen como por la complejidad del sector.

Algunos ejemplos son³:

- Exceso de inventarios: Comprar más de lo necesario para ejecutar una actividad implica un sitio de almacenamiento y supervisión. Lo mismo sucede con la maquinaria o herramientas que se alquilan o compran antes de lo debido.

² Ciarniene, R., & Vienazindiene, M. (2012). *Lean Manufacturing: Theory and Practice*. Lituania.

³Herrandiz, S. (Mayo de 2009). Aplicación del Lean Thinking a la construcción. Cataluña, España.

- b) Transportes: Para traslados de materiales innecesarios o descargas de material en sitios incorrectos.
- c) Defectos: Estos pueden ser por trabajos de mala calidad o errores con respecto a lo indicado en planos.
- d) Sobreprocesos: Son procedimientos innecesarios que entorpecen los procesos, como el exceso de documentación y firmas para tramitar solicitudes.
- e) Sobreproducción: Al construir más de lo que se requiere o con una calidad superior a lo especificado.
- f) Exceso de movimientos: A causa de la mano de obra rotando en sitio innecesariamente, por problemas de organización.
- g) Tiempos de espera: Son los más difíciles de erradicar por los factores a los que están ligados. Ocasionados por la espera de material, órdenes o maquinaria esperando para fabricar.

para las que fueron adquiridos, si no que se utilizan con otro fin.

El segundo tipo de pérdidas se da por materiales no considerados en planos o especificaciones, y son el producto de controles de calidad deficientes:

- Desperdicio por sustitución: Al utilizar un material con calidad superior en reemplazo de otro.
- Por superproducción: En casos donde se fabrican elementos con dimensiones mayores.
- Por trabajos adicionales: Son los materiales que se requieren para actividades que no se consideraron inicialmente.

Finalmente existe otro tipo de desperdicios ocasionados por robos, vandalismos o descontrol de inventarios⁵. A estos debe prestarse la misma atención que a los anteriores, pues generan gastos y consumen recursos para la empresa.

Pérdidas en materiales

Autores como Skoyles & Skoyles (1987) clasifican las pérdidas de materiales en directas e indirectas⁴.

Las primeras se dan por los materiales eliminados en la obra y se subdividen en 3 categorías:

- Residuos de proceso: Relacionados con los materiales sobrantes generados por los procesos constructivos.
- Pérdidas por negligencia: Por malas prácticas en el manejo o almacenamiento del mismo.
- Pérdidas por usos provisionales: Por materiales que no cumplen las funciones

Administración de bodega

La administración de la bodega permite determinar y aplicar las normas requeridas para conservar los materiales y verificar su cumplimiento en el interior de la misma.

Mediante el control de inventarios es posible mantener las existencias de los materiales en los niveles deseados y de esta manera tomar decisiones a tiempo.

Algunas de las razones por las que también es importante tener un control adecuado de los inventarios en bodegas las menciona el autor Sáez⁶:

1. Reducir costos en el manejo de materiales.

⁵ Galarza, M. (2011). *Desperdicio de materiales en obras de construcción civil: métodos de medición y control*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

⁶ Sáez, C. (s.f.). *Administración de bodega y control de inventario*. Chile.

⁴ Skoyles, E., & Skoyles, J. (1987). *Waste prevention on site*. Londres: Mitchell.

2. Realizar compras masivas con descuento.
3. Tener un margen para reducir la incertidumbre de los pedidos.
4. Lograr una recuperación favorable de la inversión.

Flujo de procesos

Dentro de los principios básicos que establece la filosofía Lean referente a la eliminación de desperdicios, se debe considerar el flujo como el principio primordial de construcción, y de esta manera asegurar la continuidad de las actividades.

Normalmente se presentan una serie de restricciones que limitan su fluidez, tal como se muestra en la siguiente figura:



Figura 2. Restricciones comunes en actividades Fuente: (Herrandiz, 2009)

Estas restricciones deben ser liberadas para garantizar la continuidad en los procesos y facilitar el máximo aprovechamiento de los recursos y del espacio de trabajo.⁷

⁷ Herrandiz, S. (Mayo de 2009). Aplicación del Lean Thinking a la construcción. Cataluña, España.

Productividad

La productividad en la construcción, según Serpell (1999), se define como “la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado”⁸.

Dentro de estos recursos se encuentran:

- a. Materiales
- b. Mano de obra
- c. Maquinaria
- d. Herramientas
- e. Equipos

Por lo tanto, en la construcción se pueden identificar distintos tipos de productividad dependiendo de los recursos que se utilicen (Botero & Álvarez, 2004):

- Productividad de los materiales
- Productividad de la mano de obra
- Productividad de la maquinaria

En el caso de los materiales y maquinaria, es necesario evitar los desperdicios y racionalizar su uso debido a los altos costos que representan. La mano de obra por su parte también debe ser controlada pues es el recurso que determina el ritmo de trabajo y está directamente relacionada con los materiales y equipos.

Factores que afectan la productividad

A continuación se presentan algunos de los factores que intervienen en la reducción de la productividad, indicados por el autor Virgilio Ghio (2001)⁹:

- Cuadrillas sobredimensionadas

⁸ Botero, F., & Álvarez, M. (2004). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento). *Revista Universidad EAFIT*, 50-64.

⁹ Ghio, V. (2001). *Productividad en obras de construcción: Diagnóstico, crítica y propuesta*. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Mala distribución de instalaciones en obra
- Actitud del trabajador
- Falta de supervisión
- Deficiencias en el flujo de materiales
- Falta de manejo en campo
- Mala calidad
- Deterioro de trabajos ya realizados
- Cambios en los diseños
- Trabajos lentos
- Falta de programación y control en el uso de equipos
- Falta de diseño de los procesos constructivos

De las anteriores, el autor señala que la mayoría de estas causas son responsabilidad de la administración. Por lo tanto, la manera de aumentar los rendimientos en las obras es mediante la reducción de los trabajos no productivos y al realizar mejoras en la supervisión y planificación de la obra.

Mejoramiento de productividad

Los autores Botero y Álvarez (2004) señalan que para mejorar la productividad es recomendable seguir el ciclo de mejoramiento de productividad presentado a continuación:

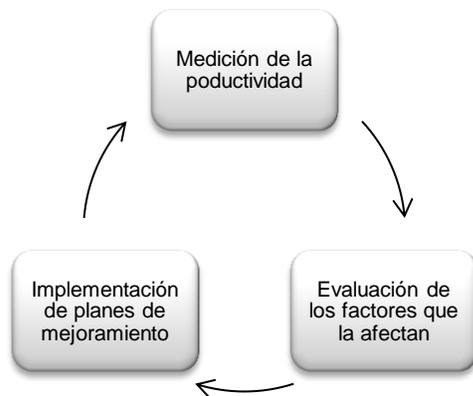


Figura 3. Ciclo de mejoramiento de productividad. Fuente: (Botero & Álvarez, 2004)

En cada una de estas etapas se deben ejecutar actividades en el proyecto:

1. Medición de la productividad: Por medio de la toma de datos y su análisis

estadístico, utilizando formularios para el muestreo.

2. Evaluación de la productividad: Mediante el análisis de la información recopilada se puede diagnosticar la situación e identificar los problemas.
3. Implementación de planes de mejoramiento: Desarrollado estrategias y dando un seguimiento permanente.

Medición de productividad

Los muestreos de las operaciones en la construcción, según autores como Oglesby, Parker & Howell (1988), tienen niveles de confianza del 95% y representan una acertada indicación de la efectividad en la organización y operaciones.

Asimismo, la proporción de productividad en las actividades normalmente se encuentra entre un rango del 40 al 60%, con posibilidad de 50-50%.

A partir de este dato y con la información dada en el siguiente cuadro, se puede determinar la cantidad de mediciones según el límite de error:

Proporción	% de error				
	1	3	5	7	10
50-50	9600	1067	384	196	96
40-60	9216	1024	369	188	92
30-70	8064	896	323	165	81
20-80	6144	683	246	125	61
10-90	3456	384	138	71	50

Cuadro 1. Muestras requeridas para un nivel de confianza de 95%. Fuente: (Oglesby, Parker, & Howell, 1988)

De esta manera se establece que el mínimo de mediciones para la construcción debe ser de 384, según los rangos de productividad indicados.

Método "Crew-Balance"

Una de las técnicas que permiten determinar la productividad es el gráfico del Crew-Balance.

Este gráfico tiene barras verticales que representan cada trabajador o maquinaria, las cuales a su vez están divididas en los tiempos dedicados a cada tipo y secuencia de actividades

que forman parte de un ciclo, incluyendo los tiempos de ocio, ineficientes o no productivos¹⁰.

La técnica del Crew Balance permite comparar las interrelaciones entre las tareas asignadas y los distintos miembros de la cuadrilla y equipos, para conocer así la productividad general de una actividad y los valores de productividad para cada trabajador.

Categorización del trabajo

Las observaciones en campo permiten clasificar el trabajo realizado por el personal en tres grupos principales¹¹:

- Trabajo productivo (TP): Es el tiempo empleado en la producción de una actividad. Por ejemplo, el vaciado de concreto, la pega de bloques o la colocación del acero de refuerzo.
- Trabajo contributivo (TC): Es el tiempo que se emplea realizando las tareas complementarias para que se ejecuten las actividades productivas. En este grupo están los transportes de material, las limpiezas de superficies o mediciones previas.
- Trabajo no contributivo (TNC): Definido como cualquier actividad que no aporta a la ejecución de una tarea y se considera pérdida. Los tiempos de espera, ociosos o de descansos son algunos ejemplos.

Esta distribución en el caso de un país como Chile se puede observar en la Figura 4. Los valores fueron obtenidos a partir de un estudio realizado por la Universidad Católica de Chile y un grupo de ingenieros civiles, y consistió en tomar mediciones por 5 años en más de 40 proyectos de construcción.

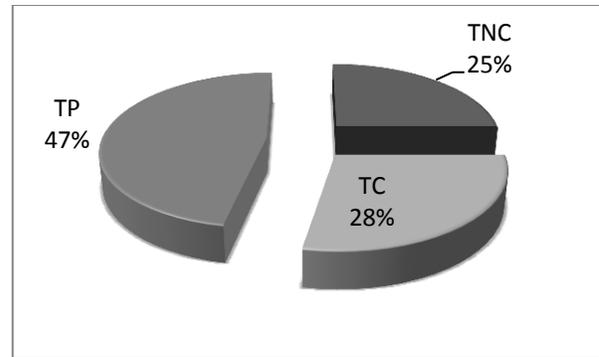


Figura 4. Categorización del trabajo en obras chilenas. Fuente: (Botero & Álvarez, 2003)

Otro estudio realizado por la Universidad EAFIT, en conjunto con un grupo de constructores de Medellín, indica la distribución del trabajo en esta ciudad de Colombia:

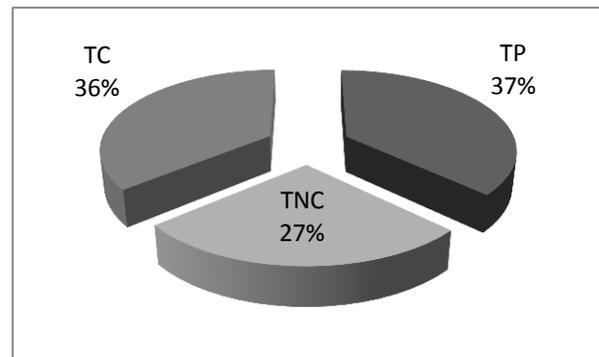


Figura 5. Categorización del trabajo en Medellín. Fuente: (Botero & Álvarez, 2003)

¹⁰ Oglesby, C., Parker, H., & Howell, G. (1988). *Productivity improvement in construction*. McGraw-Hill College.

¹¹ Botero, F., & Álvarez, M. (2003). Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. *Revista Universidad EAFIT*.

Metodología

A continuación se presenta la secuencia de los procedimientos empleados para el desarrollo de este informe y el cumplimiento de los objetivos.

Como objeto de estudio se seleccionó el proyecto *Laboratorio dental Acudent*, ubicado en Flexipark de San Rafael de Alajuela. Este consiste en un laboratorio de fabricación de piezas dentales ubicado en las bodegas D2, D3 y D4, y cuenta con un área total construida de 1600m².



Figura 6. Bodega D3 previo al inicio de la remodelación.



Figura 7. Interior de bodega D2.

En el primer nivel de las bodegas D2 y D3 se encuentra la recepción, áreas de trabajo, baños, cocina, bodega y casilleros de empleados. En el segundo nivel se ubican las oficinas y demás áreas de trabajo.

La bodega D4 está compuesta por la sala de entrenamiento, bodega de materias primas, taller de mantenimiento, tanque de agua y compresor.

En algunas de las áreas de trabajo se colocaron sistemas de aire comprimido y succión como parte de los requerimientos propios del laboratorio.

Adicionalmente se realizaron las obras civiles de media tensión para abastecer las necesidades eléctricas en el local, pues la carga suministrada por el parque no fue suficiente.

Este proyecto se rige bajo el sistema fast-track lo que significa que el proyecto se desarrolló casi al mismo tiempo en que se diseñó. Es por esto que la empresa realizó la modalidad de contrato por administración, fijando un porcentaje fijo de utilidades sobre lo gastado.

Procedimientos

Como primera medida para el desarrollo de la práctica profesional, se realizaron las visitas al sitio y entrevistas al personal, que permitieron conocer la situación actual del proyecto y de la empresa. Estas entrevistas se dirigieron a los maestros de obra, ingenieros y subcontratistas de Acudent y otros 2 proyectos.

Con esta información se elaboró un diagrama de causa y efecto que muestra las causas del descontrol de recursos y la disminución de la productividad, así como un análisis FODA de la constructora.

Una vez alcanzado ese objetivo, se continuó con la elaboración del plano que incluye la ubicación de los elementos temporales del proyecto. Esto se hizo con ayuda de una secuencia fotográfica y un esquema hecho en sitio, que permitió identificar los errores cometidos al momento de no planear correctamente la distribución de la obra.

Como cuarto paso se tomaron mediciones de los tiempos y movimientos de los

procedió a realizar una codificación que permitió llevar los gastos detallados del proyecto.

Finalmente se realizó una herramienta elaborada en Microsoft Excel, la cual unifica todos los elementos desarrollados en cada etapa y que se complementa con las recomendaciones incluidas al final de este informe.

Actividades seleccionadas

Para las mediciones de productividad y cálculo de rendimientos, se estudiaron 3 actividades que fueron elegidas de acuerdo con el interés de la constructora.

Pintura y corte de estructura para entrepiso

Esta actividad comprende la limpieza, pintura y corte de los perfiles que se utilizaron en el entrepiso de las bodegas.

La limpieza se realizó utilizando thinner y mecha, y una vez que se preparó la superficie, se aplicó la pintura anticorrosiva para darles protección.

Los cortes de los perfiles dependieron del tamaño de los mismos, ya que la estructura del entrepiso tenía tubos de 4x8 pulgadas y perfiles W14x22.

Para los tubos cuadrados se utilizó la esmeriladora y se cortaron viguetas de 3,775m y clavadores de 61cm.

Las vigas de acero W14x22 se cortaron en longitudes variables, sin embargo debido a sus dimensiones fue necesario utilizar el equipo de corte con acetileno.



Figura 9. Limpieza y pintura de estructura metálica.



Figura 10. Corte de perfiles con esmeriladora

Paredes livianas en gypsum

El proceso de armado de las paredes livianas inició con la tarea de trazado para colocar la estructura de las mismas. Esto requirió de mucho cuidado ya que las paredes externas de las bodegas estaban descuadradas y se presentaron variaciones con respecto a lo presentado en la planta arquitectónica.

Después de montar la estructura de la pared, se colocaron las láminas de gypsum por una cara, permitiendo el avance de las tareas electromecánicas, colocación de refuerzos de madera y en algunos casos también fibra para aislante de sonido.

Luego de colocar la otra cara de la lámina, se pasó al empastado y lijado de las paredes. La altura de las mismas tanto para el primer como el segundo nivel es de 2,6m y el ancho de su estructura es de 2-1/2".

Cabe mencionar que al momento de realizar las observaciones, esta actividad ya había iniciado, por lo que algunas paredes ya estaban levantadas y otras se estaban comenzando a trazar.



Figura 11. Estructura de paredes livianas.



Figura 13. Estructura de cielo suspendido



Figura 12. Colocación de lámina de gypsum

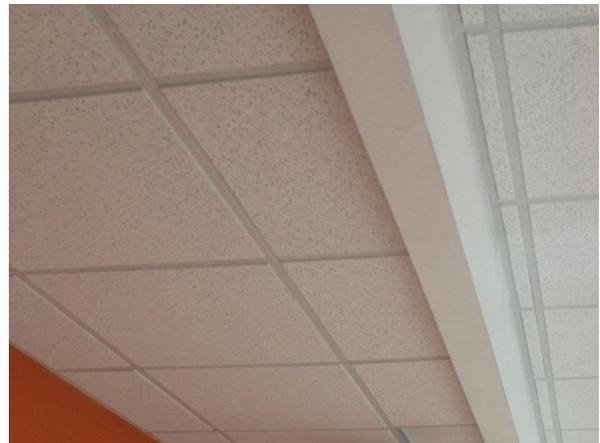


Figura 14. Láminas de cielo suspendido de 61x61cm

Cielo suspendido

El cielo suspendido es una actividad cuyo montaje se realizó rápido. Primero se trazaron los cielos de cada sector para después colocar la estructura.

Esta estructura está formada por angulares, tees principales y tees secundarias, y su montaje se trabajó de manera conjunta con los electricistas ya que se colocaban simultáneamente las lámparas fluorescentes.

Las dimensiones de la lámina de cielo que se instaló es de 61x61cm y los cortes se realizaron con cuchilla para montar cada lámina sobre la estructura previamente colocada.

Debió prestarse especial cuidado al momento de colocar la lámina, para asegurarse de que los bordes cortados no quedaran visibles.

De estas actividades, en la pintura y corte de la estructura para el entepiso se utilizó mano de obra perteneciente a la empresa. Para las paredes livianas y el cielo suspendido se subcontrató la mano de obra y la empresa se encargó de la compra de materiales. Sin embargo, resultó de gran interés para la empresa conocer la productividad y rendimientos de las últimas dos actividades pues los subcontratistas son fijos y su personal es constante en la gran mayoría de los proyectos.

Resultados

Evaluación de las condiciones actuales

Las figuras presentadas a continuación (Fig.15, Fig.16, Fig.17 y Fig.18) contienen los resultados de las encuestas aplicadas a los ingenieros, maestros de obra y subcontratistas, referente al manejo de los recursos en la empresa.

En el apéndice 1 se incluye el formato de la encuesta aplicada.

En la figura 15 se muestran los porcentajes de cumplimiento de algunos aspectos relacionados con el control de los equipos en la obra.

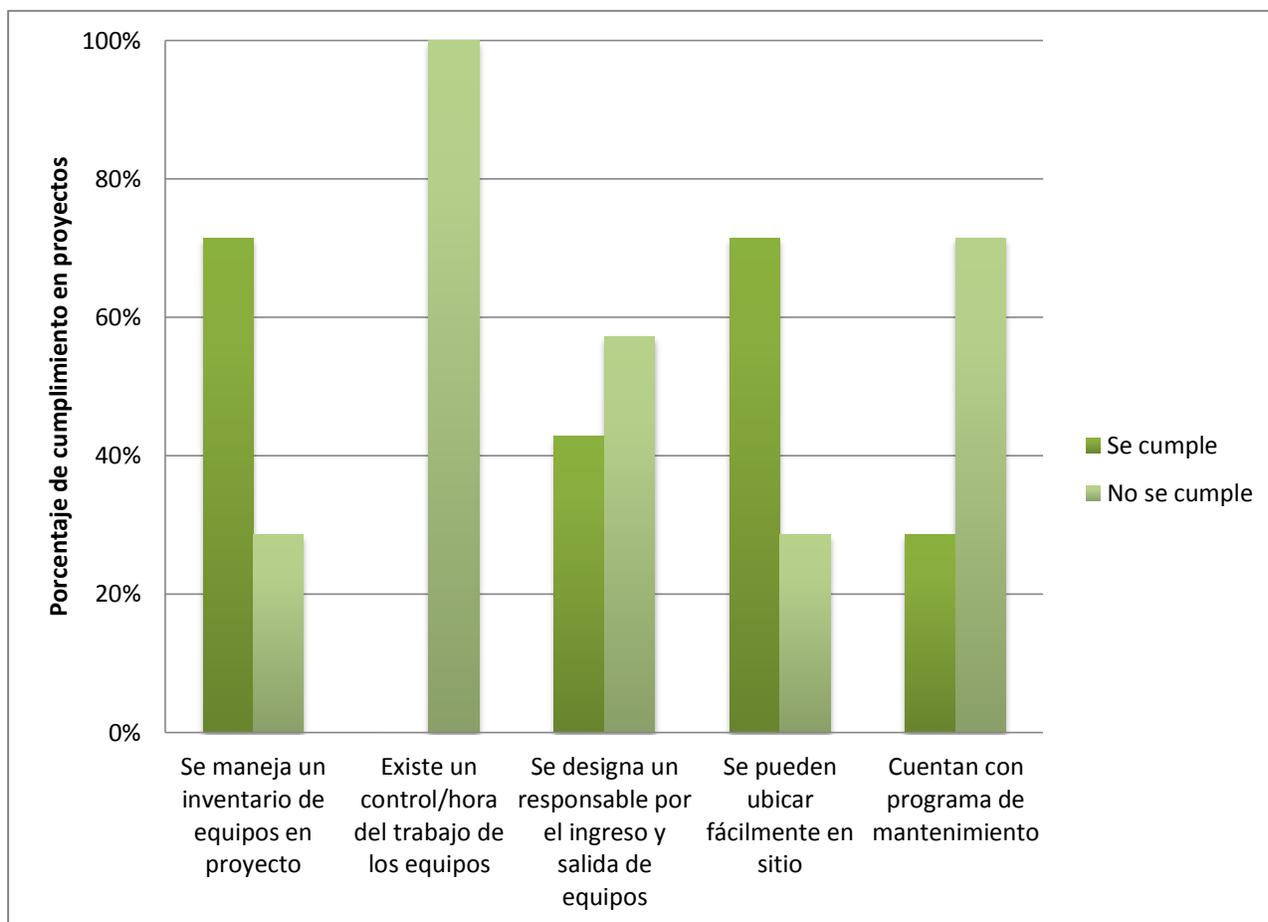


Figura 15. Encuesta aplicada, parte 1: Control de equipos en obra.

Las siguientes dos figuras (Fig.16, Fig.17) incluyen los porcentajes de cumplimiento de elementos que se refieren a la manera en que se

organiza el sitio y se manejan los materiales, respectivamente.

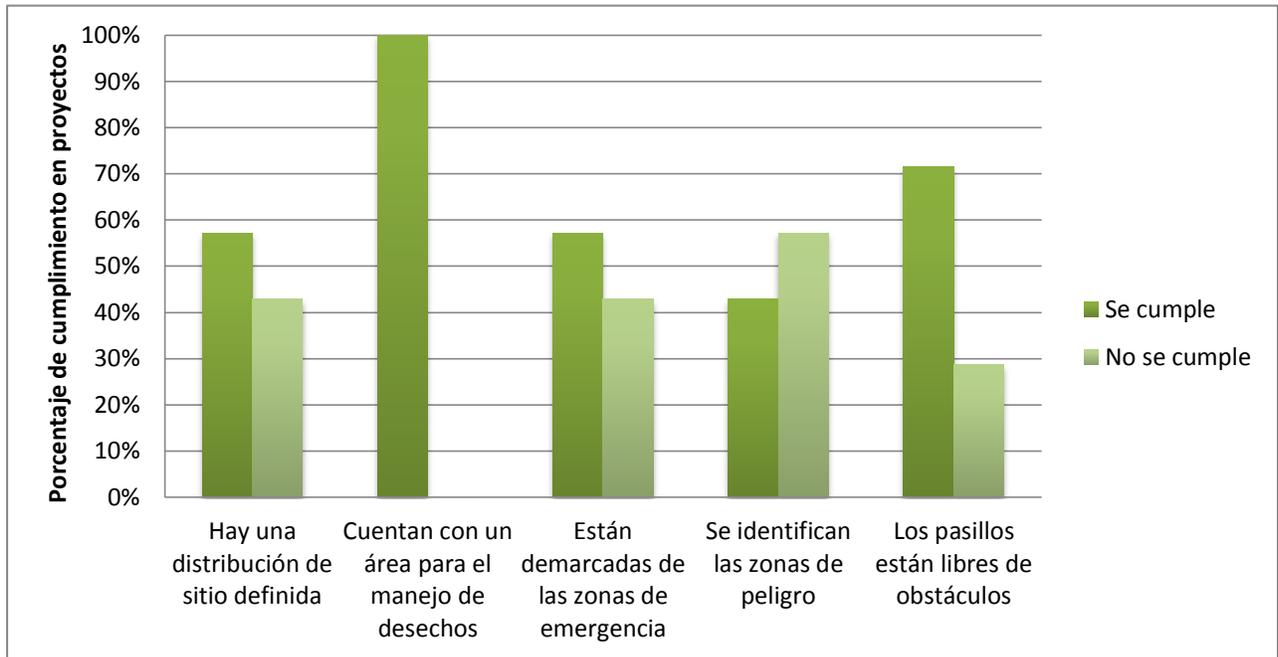


Figura 16. Encuesta aplicada, parte 2: Organización del sitio.

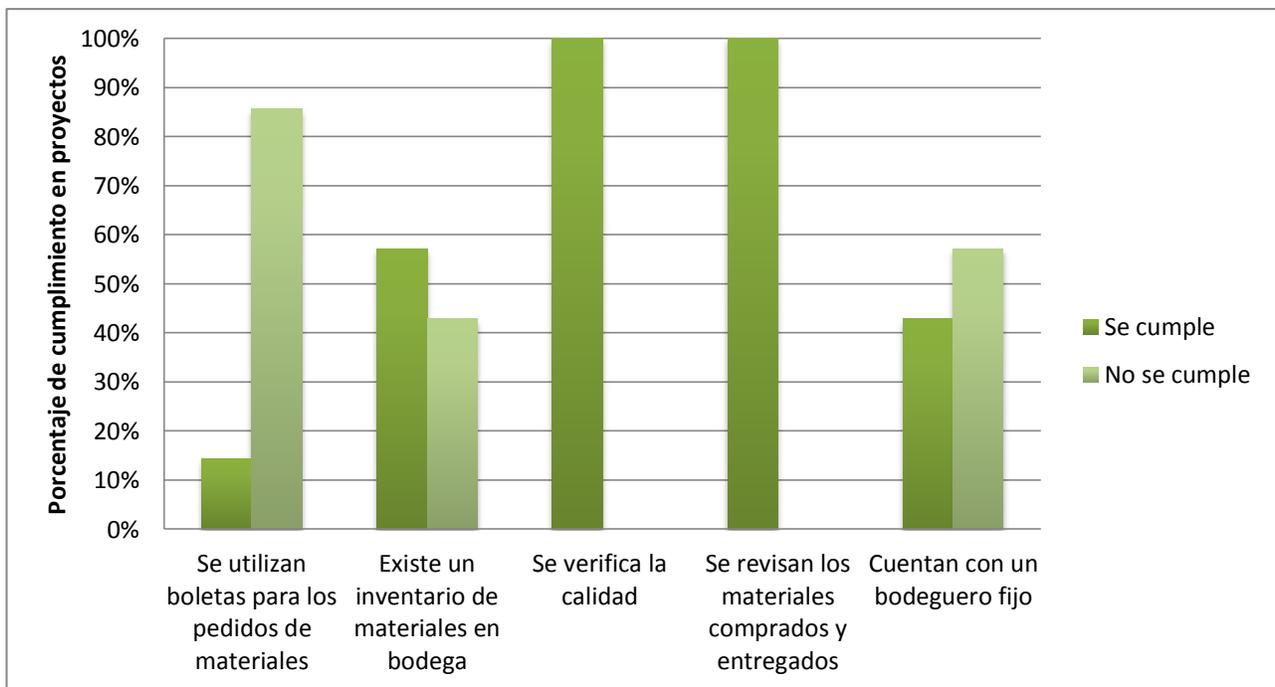


Figura 17. Encuesta aplicada, parte 3: Manejo de materiales.

Finalmente, en la figura 18 se presentan los resultados de la encuesta para conocer acerca de

la mano de obra que maneja la empresa.

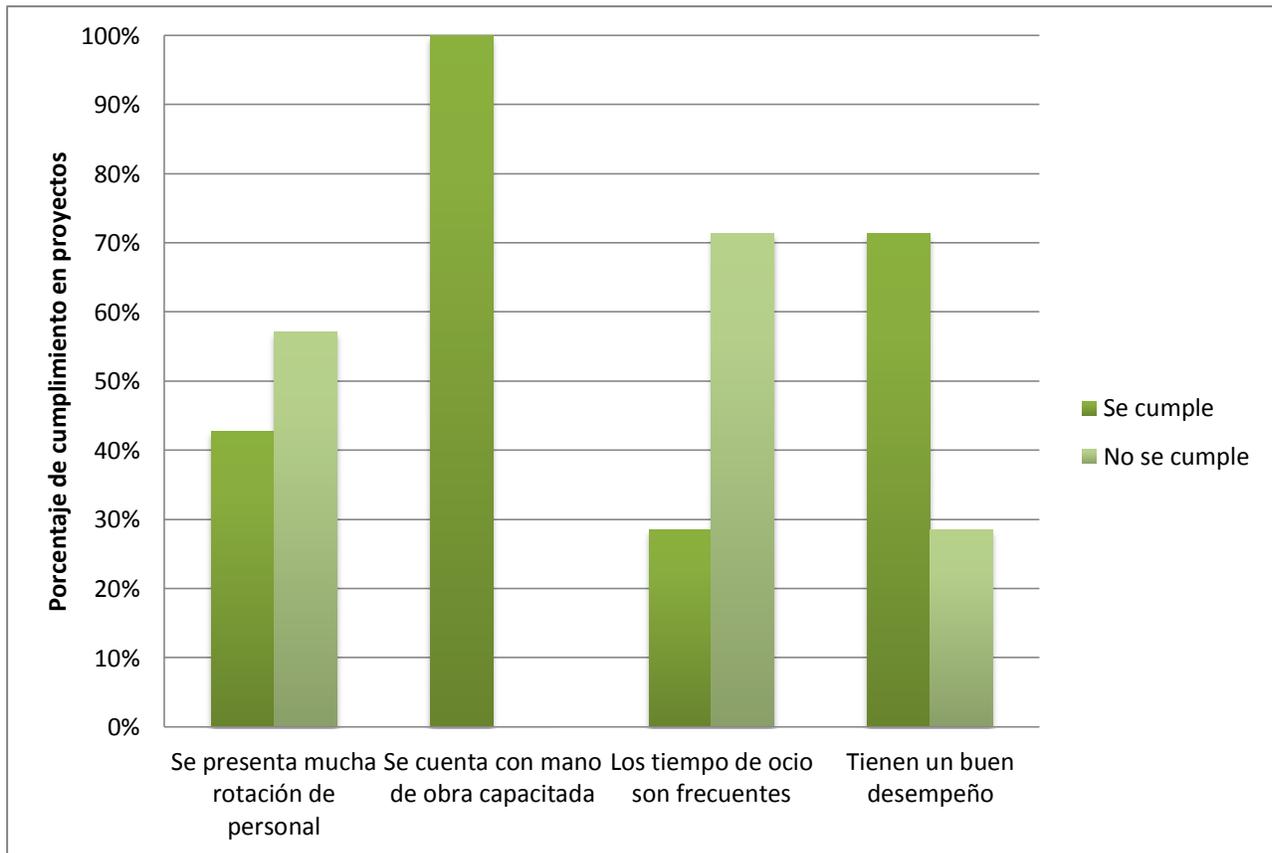


Figura 18. Encuesta aplicada, parte 4: Control de la mano de obra.

La siguiente figura representa un diagrama de causa y efecto que muestra las causas del descontrol de recursos y la disminución de la productividad, según las encuestas y lo observado en campo.

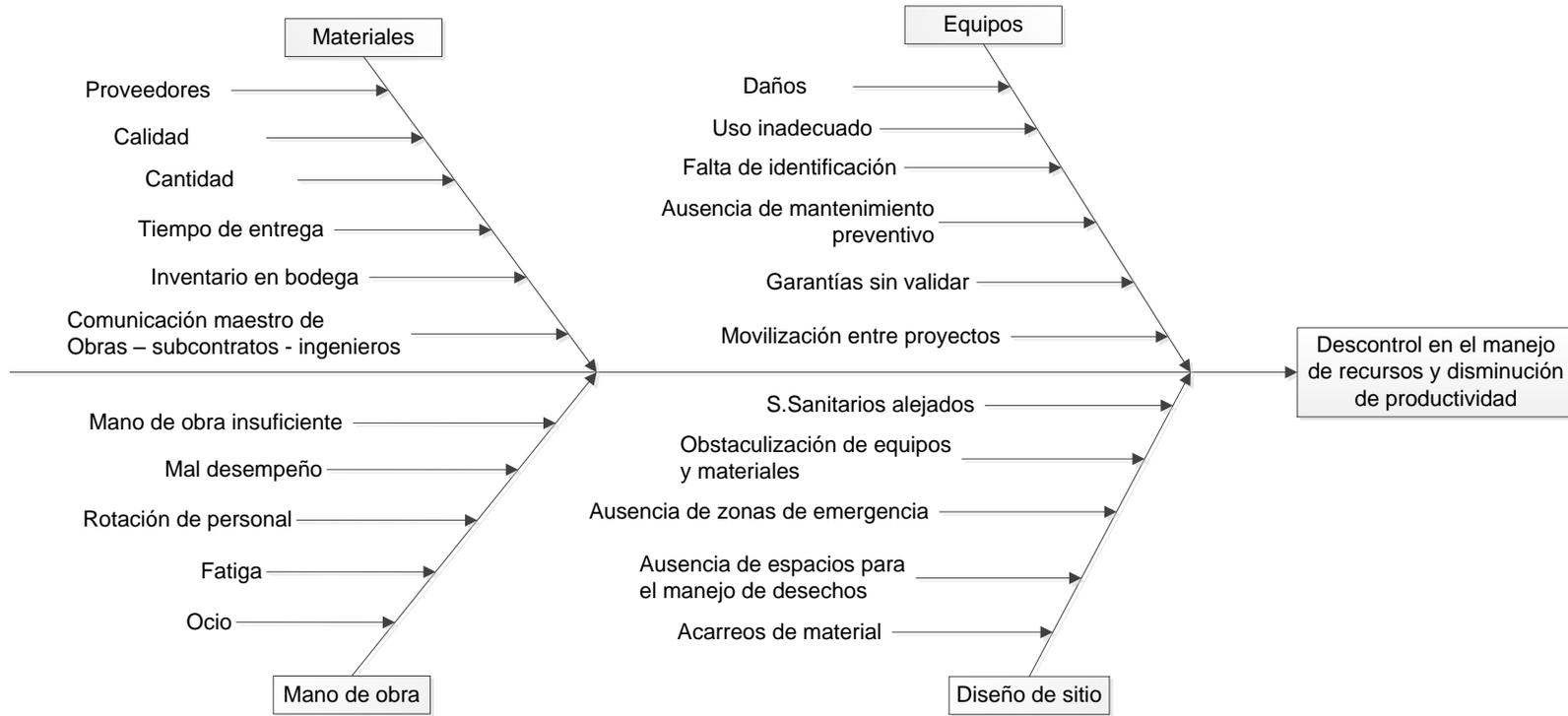


Figura 19. Diagrama de causa y efecto sobre el descontrol de recursos y la disminución de productividad.

Con base en lo presentado en las figuras anteriores (Fig.15-Fig.19), se preparó el siguiente análisis FODA de la empresa:

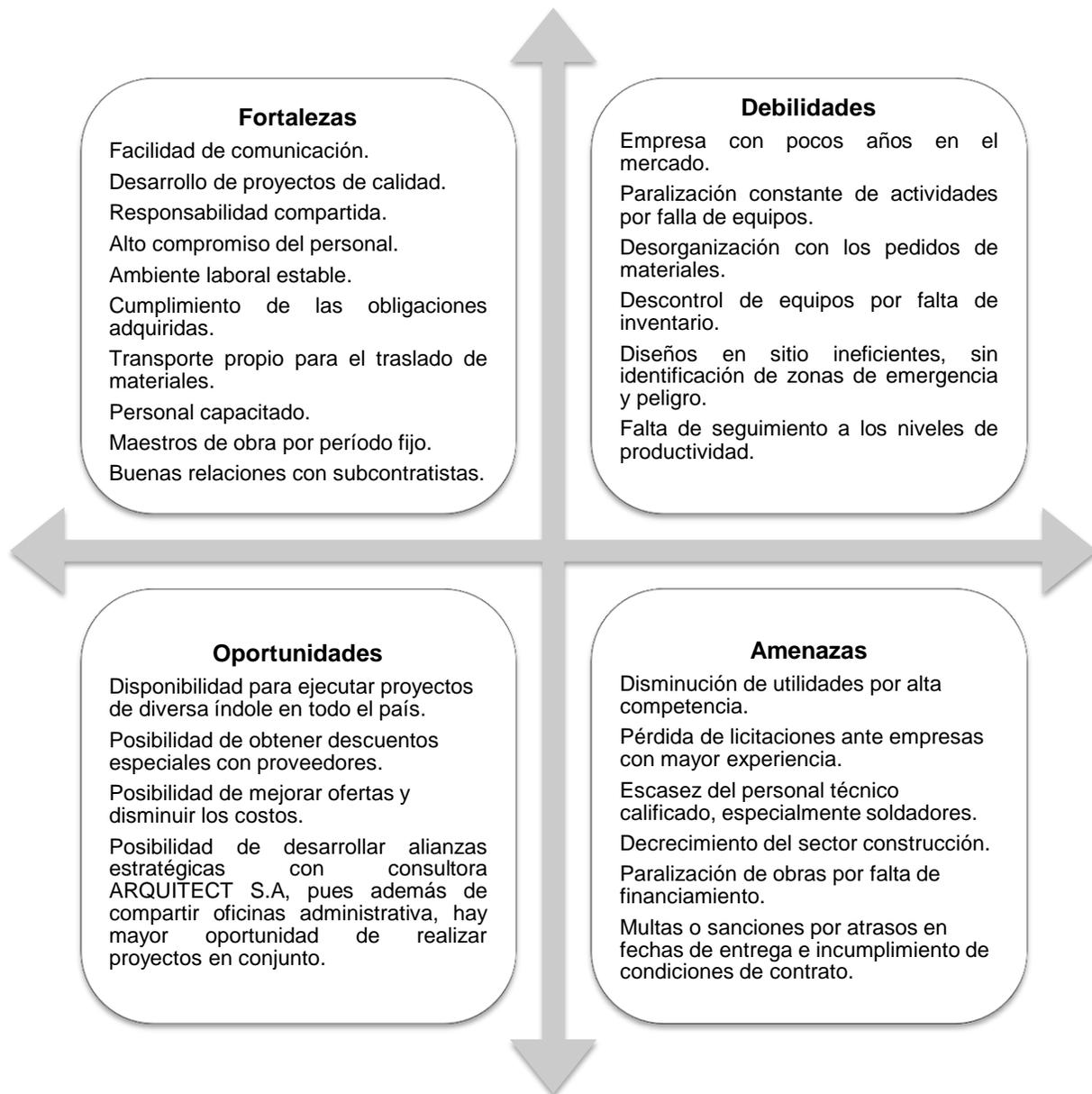


Figura 20. Análisis FODA de la Constructora Totem S.A.

Organización actual de la obra

Las fotografías presentadas a continuación muestran la manera en que se organizó el sitio durante el proceso de construcción (Fig. 21- Fig.26).



Figura 21. Almacenamiento de escombros, escaleras y cuerpos de andamio.



Figura 22. Materiales para paredes livianas.



Figura 23. Zona de trabajo bodega D3



Figura 24. Zona de descanso y vestidor



Figura 25. Área de trabajo y servicio sanitario bodega D2

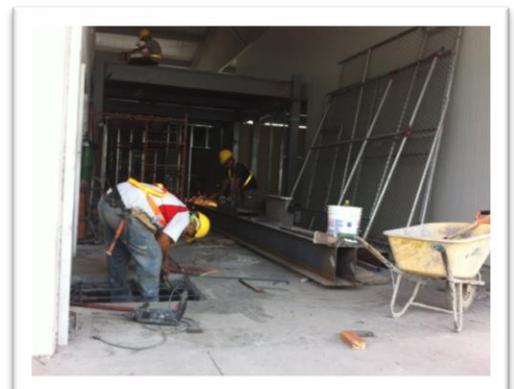
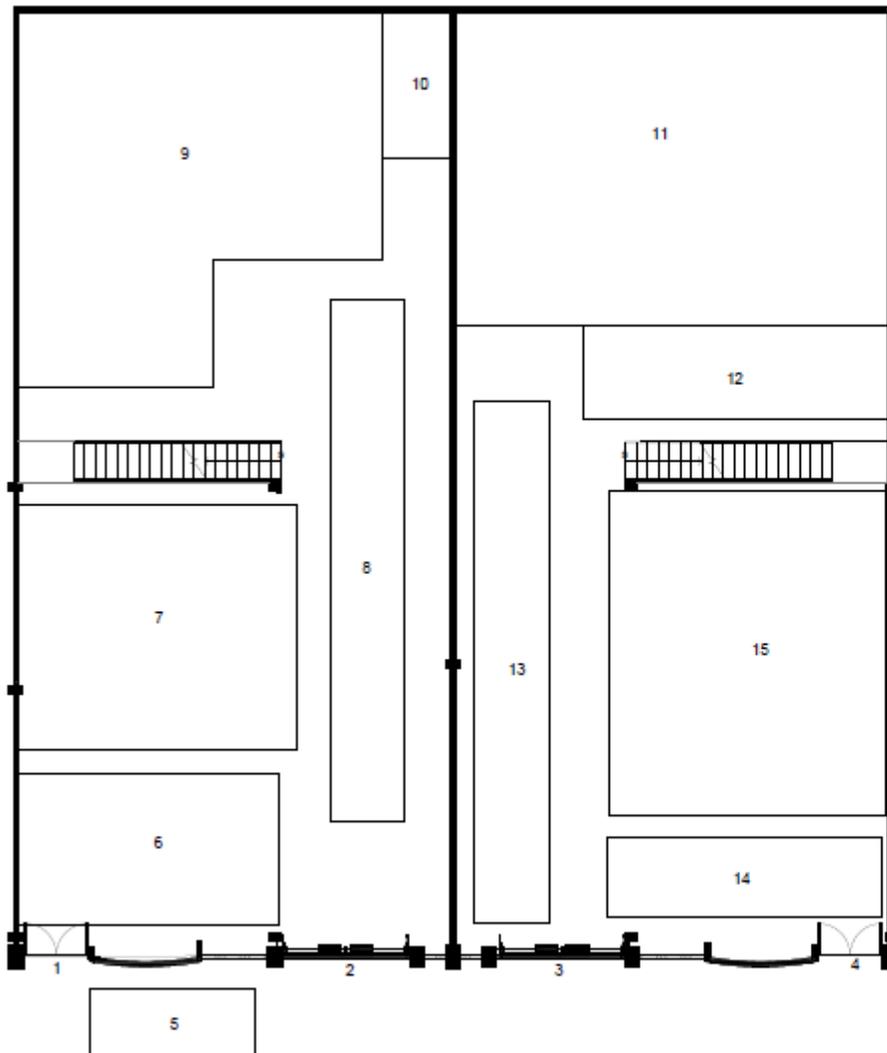


Figura 26. Ingreso bodega D2

Con esto se elaboraron las siguientes plantas en las que se detalla la organización de todo el sitio:



1	Entrada bodega D2
2	Ingreso para descarga de materiales
3	Ingreso para carga de basura
4	Entrada bodega D3
5	Almacenamiento de láminas de gypsum y estructura para paredes livianas
6	Taller de limpieza y pintura
7	Perfiles de acero a utilizar en entrepiso
8	Zona de trabajo
9	Zona de trabajo
10	Servicio sanitario
11	Zona de trabajo
12	Almacenamiento de varillas y equipo para soldar

1 ORGANIZACIÓN DEL SITIO NIVEL 1

LABORATORIO DENTAL

PROPIETARIO:

ACUDENT S.A.
Cédula Jurídica 3-101-870198

PROVINCIA: CANTÓN: DISTRITO:
2ª ALAJUELA 2ª ALAJUELA 0ª SAN RAFAEL

CONSTRUCTORA:

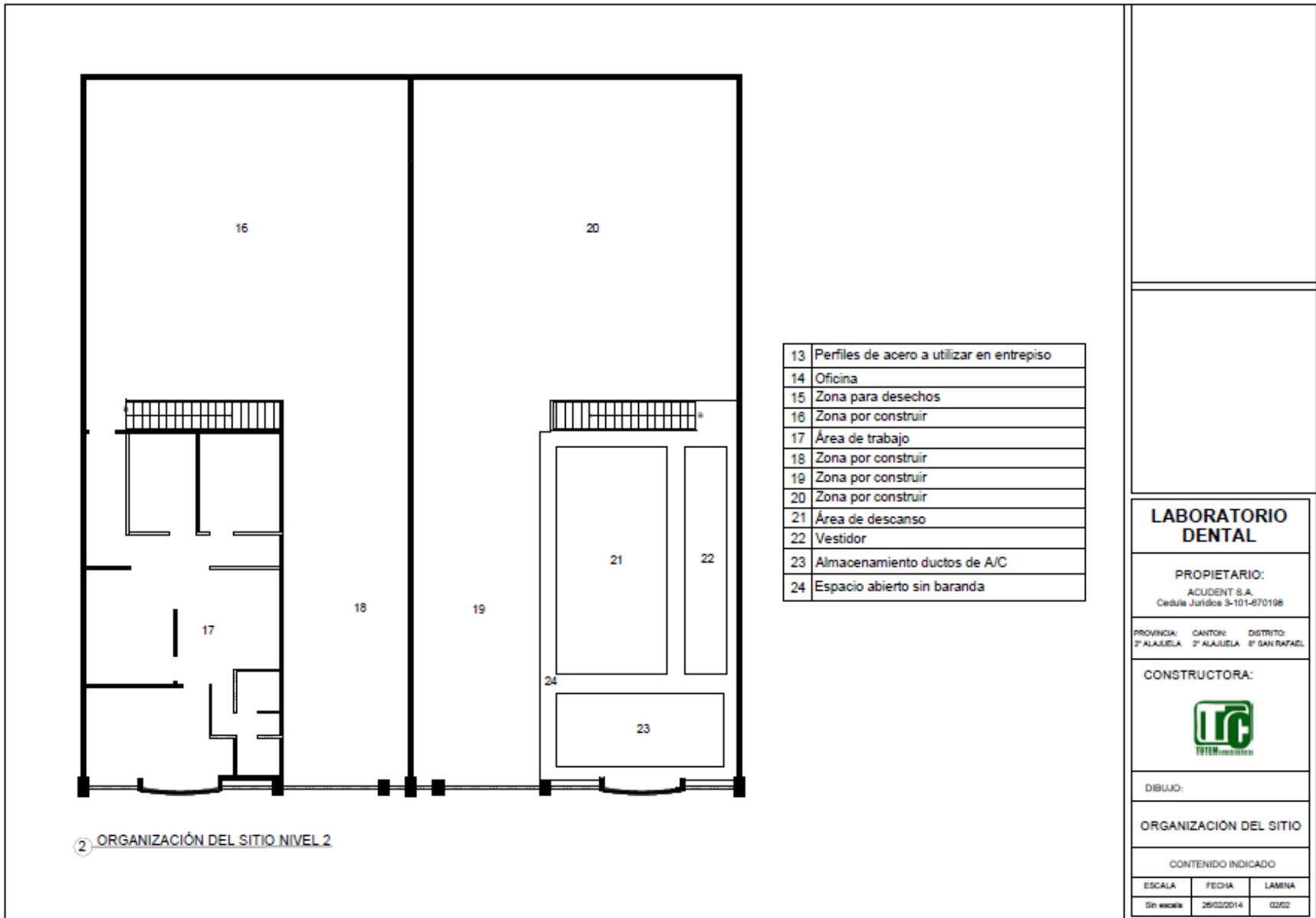


DIBUJO: Nathalia Montero Solano

ORGANIZACIÓN DEL SITIO

CONTENIDO INDICADO

ESCALA	FECHA	LÁMINA
Sin escala	26/02/2014	01/02



Productividad y rendimientos

Los resultados que se presentan en esta sección contienen las mediciones hechas en campo de las 3 actividades que se estudiaron.

El detalle de las observaciones para cada trabajador se puede consultar en el apéndice 2.

Pintura y corte de estructura para entrepiso

El primer cuadro que se presenta a continuación (Cuadro 2) incluye el desglose de las tareas observadas en esta actividad. Sus resultados se complementan con la figura 27 que contiene los porcentajes globales de trabajo contributivo (TC), no contributivo (TNC) y productivo (TP).

La figura 28 hace referencia al gráfico del Crew-Balance e indica los niveles de productividad para cada recurso observado, sea mano de obra o equipo.

Finalmente el cuadro 3 contiene los resultados semanales de los rendimientos de la actividad.

CUADRO 2. TAREAS EJECUTADAS POR LOS TRABAJADORES Y EQUIPOS		
<i>Tarea</i>	<i># de observaciones</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Midiendo	19	2,20
Cortando perfiles	339	37,70
Limpiando	99	11,0
Pintando	109	12,1
Conversando	42	4,7
Ausente	11	1,20
Esperando	181	20,10
Cargando material	73	8,10
Descargado*	27	3,00
Total	900	100%

*Esta tarea aplica únicamente para el equipo de corte con acetileno.

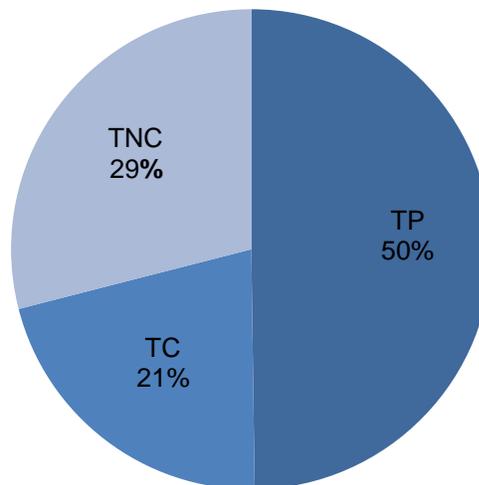


Figura 27. Niveles de productividad observados.

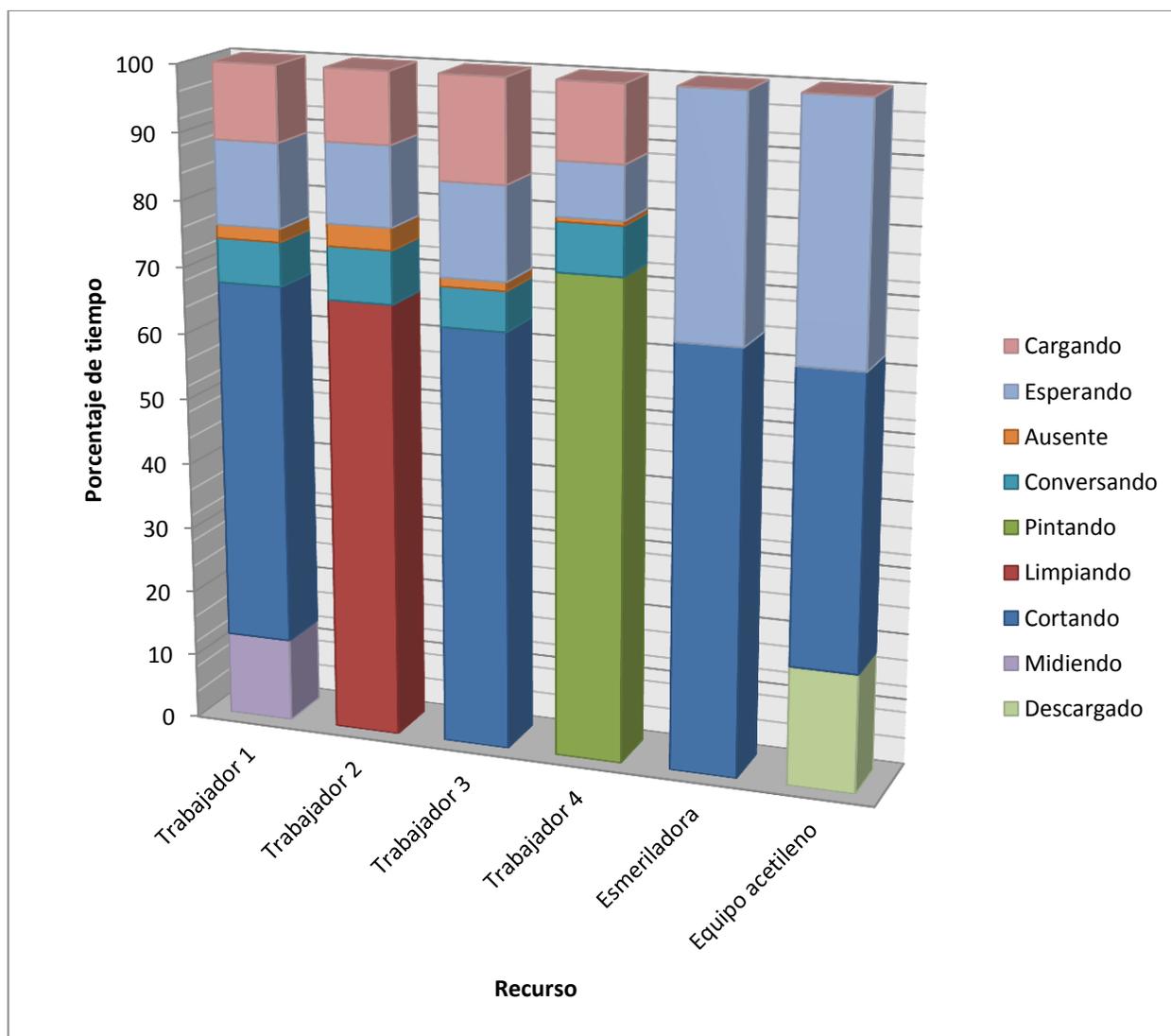


Figura 28. Gráfico Crew-Balance de la actividad.

CUADRO 3. RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA

Semana	Corte	Trabajadores	Horas hombre (HH)	Avance (ml)	Rendimiento (HH/ml)
1	25-Feb	3	162	306,04	0,53
2	4-Mar	5	335	396,128	0,85
3	11-Mar	4	216	199,77	1,08
4	18-Mar	4	216	320	0,68
<i>Rendimiento promedio</i>					0,78
<i>Desviación estándar</i>					0,24

Paredes en gypsum

Al igual que para la actividad anterior, en el cuadro 4 se muestran las acciones ejecutadas por los trabajadores, y en el caso de los rendimientos, éstos se pueden observar en el cuadro 5.

Asimismo, se incluyen las figuras que muestran los valores de productividad a nivel general e individual (Fig. 29 y 30).

CUADRO 4. TAREAS EJECUTADAS POR LOS TRABAJADORES		
<i>Tarea</i>	<i># de observaciones</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Trazando	30	3,00
Conversando	138	13,90
Colocando lámina	81	8,10
Esperando	105	10,60
Cargando	59	5,90
Armando	146	14,70
Cortando	83	8,40
Midiendo	72	7,20
Ausente	16	1,60
Empastando	136	13,70
Lijando	128	12,90
Total	994	100%

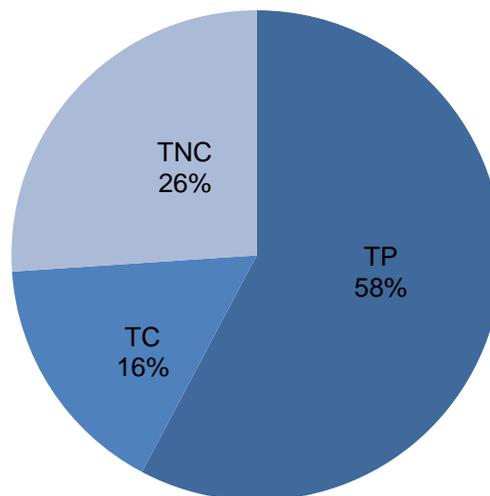


Figura 29. Niveles de productividad observados.

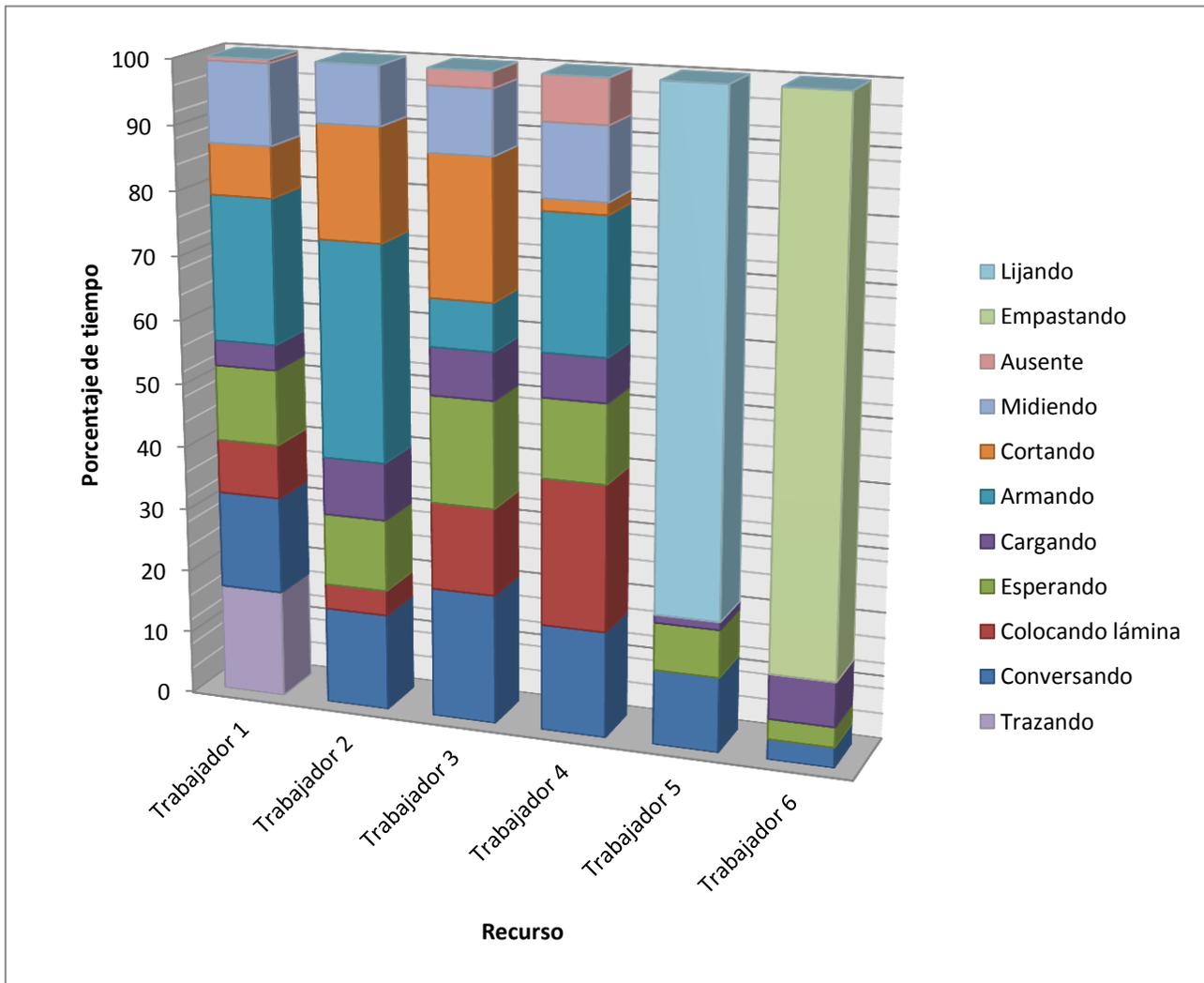


Figura 30. Gráfico Crew-Balance de la actividad.

CUADRO 5. RENDIMIENTOS SEMANALES DE LA MANO DE OBRA

Semana	Corte	Trabajadores	Horas hombre (HH)	Avance (m2)	Rendimiento (HH/m2)
1	21-Feb	4	196	94,4	2,08
2	28-Feb	4	160	65,79	2,43
3	6-Mar	16	720	317,02	2,27
4	14-Mar	16	880	418,25	2,10
5	21-Mar	12	720	327,21	2,20
6	28-Mar	10	550	219,38	2,51
7	4-Apr	3	54	22,51	2,40
<i>Rendimiento promedio</i>					2,28
<i>Desviación estándar</i>					0,17

Cielo suspendido

En esta actividad se presentan los cuadros que muestran el detalle de las observaciones hechas y los valores de rendimientos (Cuadro 6 y 7).

La figura 31 presenta los valores de productividad general de la actividad en términos

de trabajo contributivo, no contributivo y productivo.

En la figura 32 se indican los niveles de la productividad de cada trabajador.

CUADRO 6. TAREAS EJECUTADAS POR LOS TRABAJADORES		
<i>Tarea</i>	<i># de observaciones</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Ausente	13	3,10
Armando	110	26,40
Esperando	49	11,80
Midiendo	62	14,90
Cortando	111	26,60
Cargando	22	5,30
Conversando	27	6,50
Colocando lámina	23	5,50
Total	417	100%

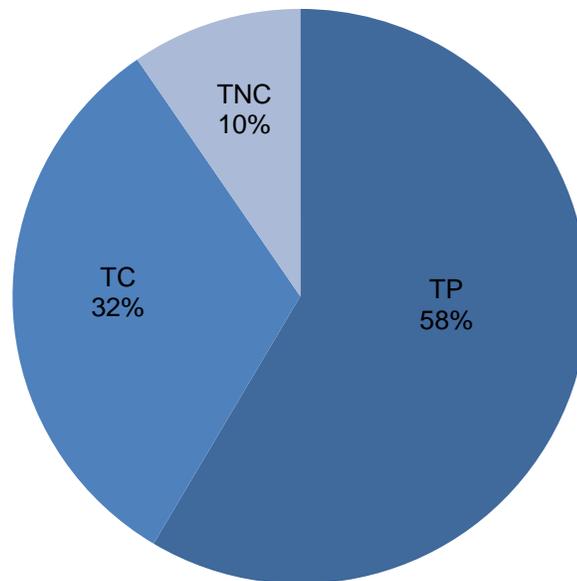


Figura 31. Niveles de productividad observados.

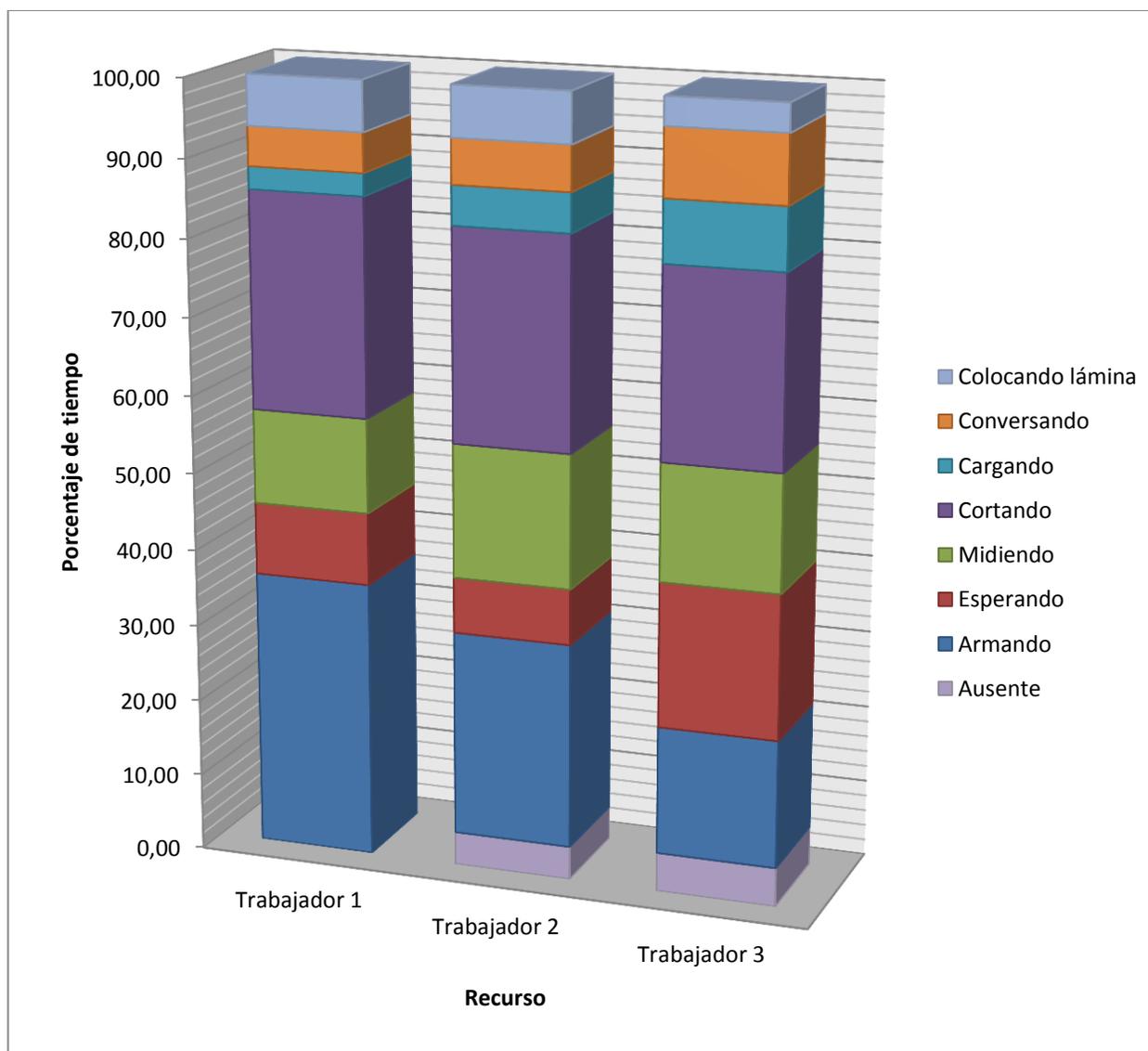


Figura 32. Gráfico Crew-Balance de la actividad.

CUADRO 7. RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA

Semana	Corte	Trabajadores	Horas hombre (HH)	Avance (m2)	Rendimiento (HH/m2)
1	28-Feb	6	324	318,11	1,02
2	4-Apr	6	329	179,52	1,83
3	10-Apr	6	281	224,59	1,25
4	16-Apr	6	348	234,79	1,48
<i>Rendimiento promedio</i>					1,40
<i>Desviación estándar</i>					0,35

Control de recursos en campo

A continuación se presentan las plantillas propuestas para realizar un debido control de equipos y materiales en obra (Fig. 33-Fig.43).

Cada plantilla incluye el nombre del proyecto y tipo de boleta. Adicionalmente tienen un código en donde CT-01 hace referencia a

materiales, CT-02 a equipos, CT-03 a la mano de obra y las letras se refieren al tipo de formulario.

En el siguiente cuadro se resumen los formularios realizados, con su respectivo nombre y código. (Cuadro 8).

CUADRO 8. FORMULARIOS PARA EL CONTROL DE RECURSOS		
<i>Tipo</i>	<i>Código</i>	<i>Nombre del formulario</i>
1	CT-01SM	Solicitud de materiales
	CT-01PE	Materiales solicitados pendientes de entrega
	CT-01CM	Control de materiales en bodega
	CT-01IM	Control de ingreso de materiales a bodega
	CT-01IB	Inventario de bodega
2	CT-02IE	Ingreso de equipos al proyecto
	CT-02SE	Salida de equipos del proyecto
	CT-02CE	Control de diario de equipos
	CT-02ED	Reporte de equipos dañados
3	CT-03HL	Reporte semanal de horas laboradas
	CT-03PO	Ingreso de personal en obra



Constructora Totem S.A.
San Rafael de Escazú
Tel: 2228-2533

SOLICITUD DE MATERIALES

CT-01SM

I. Información general

Proyecto:

Fecha:

Solicitado por:

II. Listado de materiales

Descripción	Cantidad	Actividad en que se requiere	Proveedor
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Los materiales solicitados en esta boleta se entregarán en un plazo de dos días hábiles, una vez que hayan sido revisados y aprobados por el encargado del proyecto. En el caso de solicitar materiales con características especiales, la fecha de entrega dependerá del proveedor.

Aprobado por: _____

Figura 33. Plantilla para pedidos de materiales en campo



Constructora Totem S.A.
 San Rafael de Escazú
 Tel: 2228-2533

MATERIALES PENDIENTES DE ENTREGA

CT-01PE

I. Información general

Proyecto:

Fecha:

II. Listado de materiales pendientes

Descripción	Cantidad	Fecha de solicitud	Nº de Solicitud
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
Solicitado por:	Recibido por:		

Figura 34. Plantilla para reporte de materiales pendientes



Constructora Totem S.A.
San Rafael de Escazú
Tel: 2228-2533

CONTROL DE MATERIALES DE BODEGA

CT-01CM

I. Información general

Proyecto:

Fecha:

II. Listado de materiales

Descripción	Cantidad	Nombre/recibe	Hora
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Registro diario de jornada laboral

Bodeguero:

Nombre:

Firma:

Figura 35. Plantilla para retiro de materiales de bodega



Constructora Totem S.A.
San Rafael de Escazú
Tel: 2228-2533

CONTROL DE INGRESO DE MATERIALES A BODEGA

CT-01IM

I. Información general

Proyecto:

Fecha:

II. Listado de materiales

Número de factura	Proveedor
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
Bodeguero:	
Nombre:	
Firma	

Figura 36. Plantilla para el ingreso de materiales al sitio



Constructora Totem S.A.
San Rafael de Escazú
Tel: 2228-2533

INVENTARIO SEMANAL DE BODEGA

CT-011B

I. Información general

Proyecto:

Fecha de actualización:

II. Listado de materiales:

Tipo de material	Saldo anterior	Ingreso	Salida	Disponible
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Bodeguero:				
Nombre:				
Firma				

Figura 37. Plantilla para el control de inventarios en bodega



Constructora Totem S.A.
 San Rafael de Escazú
 Tel: 2228-2533

INGRESO DE EQUIPOS A PROYECTO

CT-02IE

I. Información general

Proyecto:

Fecha de ingreso:

II. Listado de equipos

	Descripción	Estado	Observaciones	Proyecto donde proviene
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Bodeguero:				
Nombre:				
Firma				

Figura 38. Plantilla para el ingreso de equipos a proyectos



Constructora Totem S.A.
 San Rafael de Escazú
 Tel: 2228-2533

SALIDA DE EQUIPOS DE PROYECTO

CT-02SE

I. Información general

Proyecto:

Fecha:

II. Listado de equipos

Descripción	Estado	Observaciones
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Entrega:	Recibe:
Nombre:	Nombre:
Firma	Firma
Fecha	Fecha

Figura 39. Plantilla para la salida de equipos en proyectos



Constructora Totem S.A.
 San Rafael de Escazú
 Tel: 2228-2533

BOLETA PARA EL CONTROL DIARIO DE EQUIPOS
CT-02CE

I. Información general

Proyecto: _____

Fecha:

II. Listado de equipos

	Descripción	Cantidad	Recibe	Hora	Estado
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

Registro final de jornada laboral:

Bodeguero:		Maestro de obras:
Nombre:		Nombre:
Firma		Firma

Figura 40. Plantilla para el control de diario de equipos



Constructora Totem S.A.
 San Rafael de Escazú
 Tel: 2228-2533

REPORTE DE EQUIPOS DAÑADOS

CT-02ED

I. Información general

Proyecto:

Fecha salida:

II. Listado de equipos

Descripción	Marca	Problemas que presenta
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
Persona que solicita:		Entregado a:
Nombre:		Nombre:

Figura 41. Plantilla para el reporte de equipos dañados



Constructora Totem S.A.
 San Rafael de Escazú
 Tel: 2228-2533

REPORTE SEMANAL DE HORAS LABORADAS

CT-03HL

I. Información general

Proyecto: _____

Planilla del ___/___ **al** ___/___

II. Listado de empleados

	Nombre	Puesto	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									

En caso de no utilizar todas las casillas, deberán marcarse con una equis (x). No se aceptará ningún reporte con espacios en blanco.

Maestro de obras:	Ingeniero (a):	Administración:
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Firma	Firma	Firma
Fecha	Fecha	Fecha

Figura 42. Reporte semanal de empleados en proyecto



**INGRESO DE PERSONAL EN OBRA
CT-03PO**

<i>I. Datos personales</i>	
Nombre completo	_____
Apellidos	_____
N° de identificación	Pasaporte <input type="checkbox"/> Cédula de Identidad <input type="checkbox"/>
Fecha de nacimiento	Nacionalidad _____
Correo electrónico	_____
Dirección:	_____
Teléfono:	_____
Contacto en caso de emergencia:	_____
<i>II. Datos laborales</i>	
Puesto desempeñado	_____
Fecha de ingreso:	_____
Proyecto:	_____
Horario de trabajo:	_____
Salario:	_____
<i>III. Observaciones</i>	
<i>IV. Condición del estado de salud*</i>	
* Favor indicar si sufre de alguna lesión o padecimiento médico	

Figura 43. Control del ingreso de personal a obra

De forma complementaria se presentan los siguientes diagramas de flujo que indican los procedimientos a seguir al momento de realizar

una requisición de materiales y equipos (Fig.44 y Fig.45).

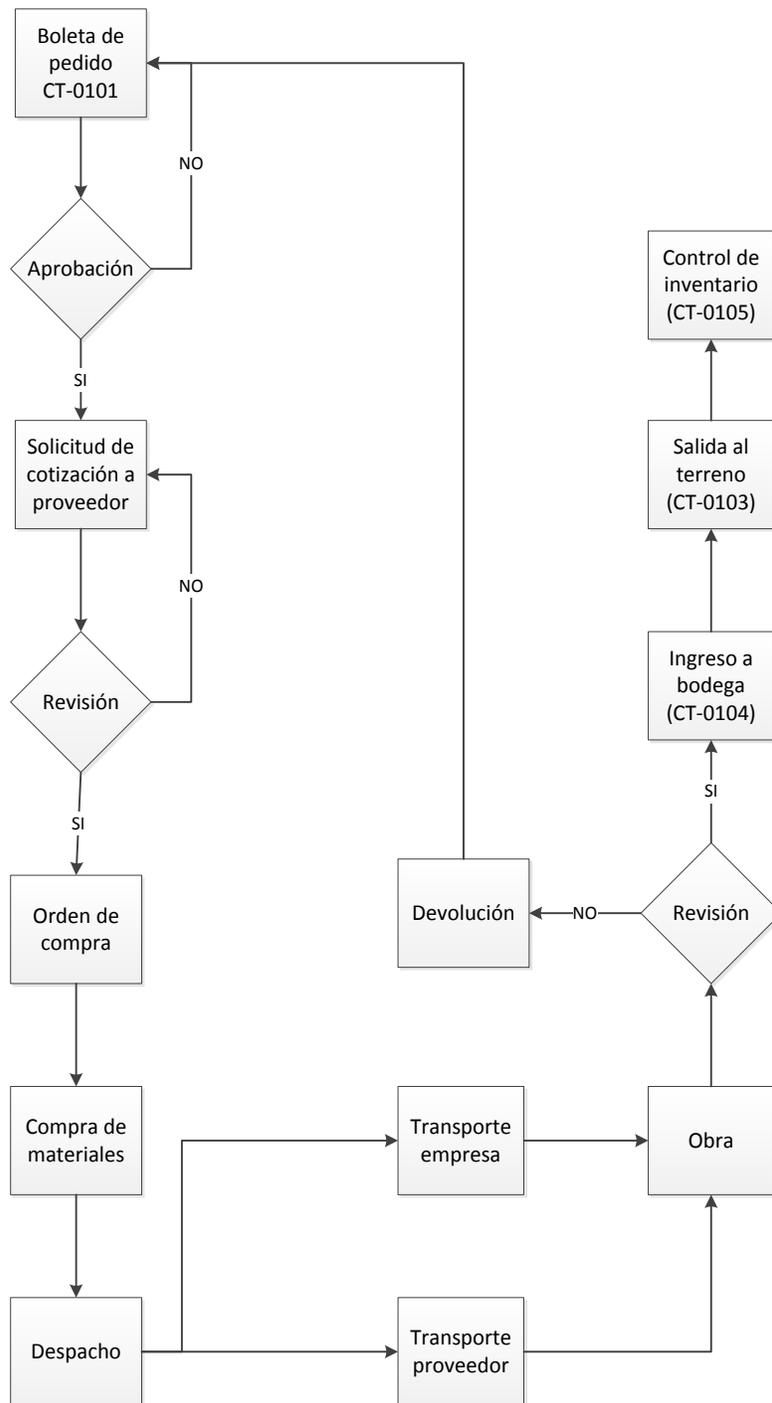


Figura 44. Flujo de procesos: Pedidos de materiales

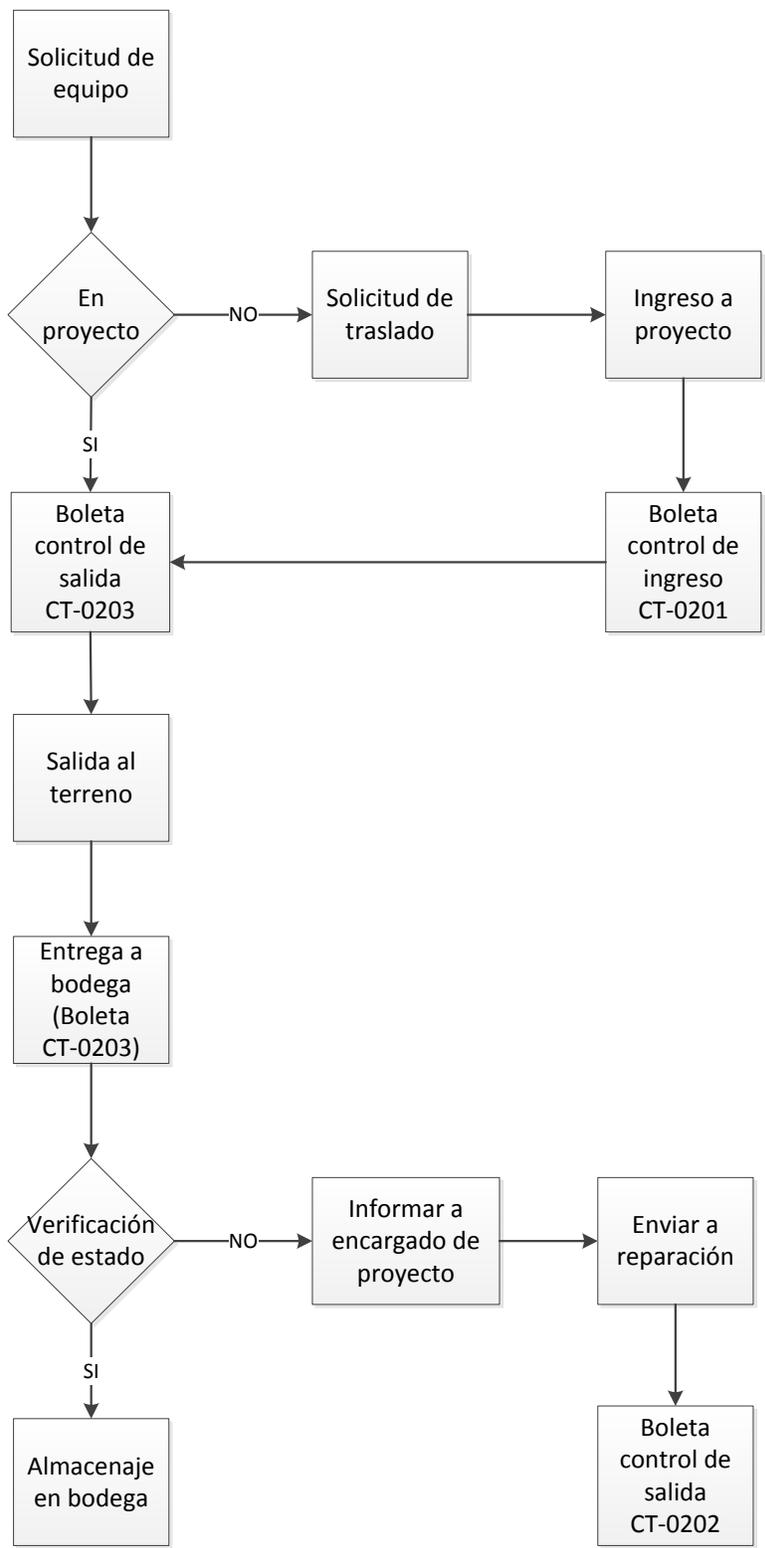


Figura 45. Flujo de procesos: Solicitud de equipo

Evaluación de proveedores

A continuación se presenta el formulario para realizar el registro individual de proveedores, el cual se debe actualizar una vez que se concluye cada proyecto.

 CUADRO 9. REGISTRO INDIVIDUAL DE PROVEEDOR								
Proveedor:				Dirección:				
Contacto:				Teléfono:		Correo		
Proyecto:				Categoría:				
Evaluación:								
Rapidez en cotización	Disponibilidad inmediata de materiales	Entrega de materiales comprados	Cumplimiento con fechas de entrega	Descuentos	Transporte según lo programado	Atención al cliente	Calidad del producto entregado	Puntuación final
Realizado por:								
Fecha de actualización:								

De igual forma se presenta el resumen con el registro general de todos los proveedores que maneja la empresa, con su respectiva clasificación. (Cuadros 10 y 11).



**CUADRO 10. REGISTRO DE PROVEEDORES DE CONSTRUCTORA TOTEM
Y CALIFICACIÓN GENERAL**

(5) Excelente	(4) Muy bueno	(3) Bueno	(2) Regular	(1) Malo
------------------	------------------	--------------	----------------	-------------

No	Proveedor	Categoría	Rapidez en cotización	Disponibilidad inmediata de materiales	Entrega de materiales comprados	Cumplimiento con fechas de entrega	Descuentos	Transporte según lo programado	Atención al cliente	Calidad del producto entregado	Puntaje final
1	Euromobilia	Mobiliario	3	4	4	2	4	3	3	5	3,5
2	CS Amueblamiento	Mobiliario	4	3	5	5	4	4	2	4	3,9
4	Jaspes y Diseños	Mobiliario	3	4	3	3	4	4	4	4	3,6
3	Keith & Ramirez	Mobiliario y equipos en acero inoxidable	4	3	5	5	3	5	5	5	4,4
4	El Lagar	Ferretería	N/A	3	5	N/A	1	N/A	4	4	3,4
5	EPA	Ferretería	N/A	4	5	N/A	1	N/A	4	4	3,6
6	Construplaza	Ferretería	2	3	3	2	4	3	4	4	3,1
7	Durman Esquivel	Materiales PVC	4	4	4	4	3	N/A	4	4	3,9
8	Amanco	Materiales PVC	4	4	4	4	2	N/A	4	4	3,7
9	IESA	Materiales Eléctricos	5	3	1	2	5	N/A	4	5	3,6
10	Suplidora La Uruca Dos Mil Siete	Materiales Eléctricos	3	4	4	4	3	3	3	5	3,6
11	Almacenes Mauro	Materiales Eléctricos	N/A	3	5	N/A	1	N/A	4	5	3,6
12	Expocerámica	Enchapes	4	5	5	5	4	3	4	5	4,4
13	DEKORA	Enchapes	5	4	5	4	4	4	5	5	4,5
14	Enchapes Patarrá	Enchapes	4	3	4	4	4	4	5	4	4,0
15	TuboCobre	Tuberías	4	3	4	3	2	2	4	5	3,4
16	Corporación Font	Electro-mecánico	4	3	4	3	4	3	4	5	3,8

17	Tecni-Gypsum	Gypsum/ cielo suspendido	4	5	5	5	4	4	4	5	4,5
18	MACOPA	Gypsum/ cielo suspendido	4	4	3	3	4	3	4	5	3,8
19	Advantage Lighting	Iluminación	4	3	4	4	4	4	4	4	3,9
20	Acabados para la Construcción	Loza sanitaria y grifería	4	5	4	4	3	3	5	5	4,1
21	Distribuidora Wladhe	Accesorios de baño	4		5	5	3	3	3	4	3,9
22	WAPCO	Puertas metálicas y particiones de baño	3	3	3	3	4	4	4	4	3,5
23	CADSA	Puertas metálicas y particiones de baño	3	2	4	3	3	4	4	5	3,5
24	Euromatic	Sistemas de control de acceso	4	4	5	4	4	5	4	5	4,4
25	Accesos automáticos	Sistemas de control de acceso	4	4	5	4	2	5	4	5	4,1
26	Aceros Roag	Perfiles de acero	4	3	4	4	2	1	3	4	3,1
27	Aceros Carazo	Perfiles de acero	3	4	3	3	3	2	4	4	3,3
28	Grupo Saret	Perfiles de acero	5	2	4	5	4	3	5	4	4,0
29	Sur Color	Pinturas	4	5	5	4	4	3	5	5	4,4
30	CRM	Pulido de pisos	3	3	5	5	3	5	4	4	4,0
31	Proenaire	A/C	4	3	4	4	5	4	5	5	4,3
32	Esosa	Equipo de seguridad	3	4	5	5	4	1	3	5	3,8
33	ABC Innovaciones	Pisos vinílicos	4	2	4	4	3	4	5	4	3,8
34	Espacios Mobiliarios	Lockers	4	5	5	5	3	3	4	3	4,0
35	Tecalum	Ventanería en aluminio	3	2	3	2	4	3	4	4	3,1
36	Diseños y Acabados ROMA	Sobres en granito	3	3	4	5	4	4	4	5	4,0

37	E.S.E Equipos de seguridad	Sistema detección de incendio	4	4	4	4	3	4	5	4	4,0
38	Praxair	Cilindros de acetileno y oxígeno	3	5	5	5	2	N/A	3	3	3,7
39	La casa del tanque	Tanque agua potable	4	4	5	5	3	N/A	4	5	4,3
40	Mucho tanque	Tanque agua potable	4	4	4	4	4	4	4	4	4,0
41	Tico extinguidores	Extinguidores	5	4	5	4	4	4	5	5	4,5
42	Ecoriego	Sistema de riego	4	4	5	4	3	4	3	4	3,9
43	Horton S.A.	Agregados y movimientos de tierra	4	2	1	1	1	2	4	3	2,3
44	Holcim	Agregados - concreto premezclado	4	4	4	4	4	5	5	4	4,3
45	Pedregal	Bloques de mampostería	4	5	4	4	4	4	5	4	4,3
46	Grupo Orosi	Concreto premezclado	4	4	4	4	4	4	5	4	4,1
47	Alutech	Láminas galvanizadas	4	4	4	5	4	N/A	5	5	4,4
48	Escosa	Elementos prefabricado	4	3	4	4	4	4	5	5	4,1
49	Cerrominas	Agregados y lastre	5	5	4	4	4	4	5	4	4,4
50	Tajo Monte Roca	Agregados	5	5	4	4	4	4	4	4	4,3
51	Productos de Concreto	Adoquines	4	4	4	4	4	4	4	4	4,0
52	Harsco	Formaleta	4	3	4	4	4	4	5	5	4,1
53	Aqua tek	Sistema para piscinas	4	4	4	4	3	N/A	5	5	4,1
54	Ladrillera La Uruca	Fachaleta	5	4	4	4	4	N/A	5	4	4,3
55	SUPERTEC HC SRL	Pisos de hule y rodapié	5	4	4	4	4	N/A	5	5	4,4

Nota: en los casos donde los materiales se compran directamente en el lugar o no se utiliza el servicio de transportes la casilla se indica con N/A.

CUADRO 11. REGISTRO GENERAL DE PROVEEDORES DE CONSTRUCTORA TOTEM

Proveedor	Contacto	Teléfono	Correo	Servicio
Euromobilia S.A.	Juan Pablo Cordero	2519-3132	jcordero@euromobilia.com	3.5
Distribuidora Digema DG	Eduardo Mora	2588-8805	emora@construplaza.co.cr	3.1
IESA	Cristian Ordoñez	2289-4343	c.ordonez@iesacr.com	3.6
	Reysel Pérez		r.perez@iesacr.com	
	Guillermo Carvajal		g.carvajal@iesacr.com	
Suplidora La Uruca Dos Mil Siete	José Valverde	2222-0056	jvalverde@suplidoracr.com	3.6
Expocerámica S.A.	Hansel Cerdas	2203-3004	hcerdas@expoceramicacr.com	4.4
TubeCobre S.A.	William Sibaja	2290-7655	wsibaja@tubocobre.net	3.4
Corporación Font	Luis Angulo	2296-9010 Ext7141	luis.angulo@font.co.cr	3.8
	Alexander Cordero	2251-9111	acordero@tecnigypsum.com	4.5
Kendall Salas	ksalas@tecnigypsum.com			
Alba Santamaría	asantamaria@tecnigypsum.com			
HELVEX	Cristina Delgado	7071-5566	proyectos03.cr@helvex.com	-
Advantage Lighting	Marjorie Solano	8899-0437	advantagelighting.cr@gmail.com	3.9
C.S. Amueblamientos	Carlos Sánchez	8820-1880	csamoblamiento@hotmail.com	3.9
Jáspes y Diseños	Mauricio Víquez	8826-8812	jaspeydiseno@gmail.com	3.6
Keith & Ramírez	Max Van der Laet	2223-0111	mvanderlaat@kr.co.cr	4.4
Durman Esquivel	Norman López	2436-4700	NLopez@durman.com	3.9
MACOPA	Danny Obando	2010-7300	dobando@macopa.com	3.8
Aconsa	Adriana Araya	2225-4993	aaraya@aconsacr.com	4.1
Distribuidora Wladhe	Candy García	2259-1908	candy@wladhe.com	3.9
WAPCO	Esteban Mejía	8826-3070	esteban@vpacr.com	3.5
CADSA	Óscar Calvo	8783-10-90	ocalvo@cadsacr.com	3.5
Euromatic	Andy Rodríguez	8714-2424	arodriguez@sistemaseuromatic.com	4.4
Aceros Roag	Mauricio Sánchez	2257-2222	msanchez@acerosroag.com	3.1
Aceros Carazo	Marlen Morales	4000-1227	marlen.morales@aceroscarazo.com	3.3

Grupo Saret	Raquel Ruiz	2436-4107 ext.307	raquelruiz@gruposaret.com	4
Sur Color	Alberto Porras	2293-3173	a.porras.m@gruposur.com	4,4
CRM	Jorge Salazar	2589-45-45 ext. 118	ofertas@crmcostarica.com	4
Proenaire	Germán Rozo	8878-2243	proenaire@ice.co.cr	4,3
ABC Innovaciones	Jairo Amador	7010-5164	sales1@abcinnovaciones.com	3,8
Tecalum	Carlos Álvarez	8918-6003	tecalumsa@hotmail.es	3,1
Diseños y acabados ROMA	Rolando	8872-3094	lorena.piedranatural@gmail.com	4

Control de gastos

A continuación se presenta el resumen de todos los gastos realizados al 26 de mayo del 2014, los cuales se obtuvieron por medio de la codificación semanal de las facturas y otros gastos del proyecto.

CUADRO 9. CONTROL DE GASTOS GENERALES AL 26 DE MAYO DEL 2014	
Descripción	Monto gastado
Ingeniero electromecánico	₪ 375.900,00
Administración de Proyectos-Global	₪ 23.626.332,48
Cargas Sociales Personal Construcción	₪ 11.240.049,30
Intalación Mecánica Temporal	₪ 11.934,18
Instalación Eléctrica Temporal	₪ 185.954,49
Imprevistos Global	₪ 266.407,97
Transportes Materiales Varios	₪ 2.731.000,00
Transporte Personal	₪ 1.370.000,00
Alimentación Personal	₪ 1.298.330,00
Equipo Soldadura	₪ 921.132,14
Lubricantes y Combustibles p/equipo	₪ 136.949,42
Alquiler de Equipo	₪ 2.923.271,25
Backhoe	₪ 150.000,00
Acarreo de basura	₪ 1.025.000,00
Materiales para limpieza	₪ 136.222,46
Equipos de Seguridad Individual	₪ 206.255,64
Permisos de Construcción	₪ 528.787,70
Copias Planos	₪ 26.855,00
Materiales para trazo general	₪ 38.303,45
Cemento Gris	₪ 679.219,80
Arena Fina	₪ 177.449,41
Piedra Cuartilla	₪ 144.921,35
Lastre o Lastron	₪ 68.816,00
Alambre Negro	₪ 33.627,83
Varilla #3	₪ 123.606,16
Varilla #4	₪ 364.811,43
Varilla #7	₪ 108.388,80
Formaleta de Madera	₪ 137.437,86
Planillas de Mano de Obra	₪ 23.043.635,82
Subc. Acabado Pisos de Concreto	₪ 3.001.344,99
Materiales estructura de acero	₪ 20.203.639,31
Disco corte metal estructura de acero	₪ 253.896,00
Pintura estructura de acero	₪ 809.666,79
Láminas de Fibrolit	₪ 3.998.368,87
Pisos de Porcelanato	₪ 1.132.328,02
Subc. Pega Cerámica	₪ 402.500,00

Subc. Piso Vinílico Global	₪	6.653.074,80
Material de Pega Bondex	₪	525.403,58
Fraguas para Cerámicas y Enchapes	₪	52.721,20
Subc. Paredes Gypsum Global	₪	9.613.767,25
Materiales paredes livianas	₪	6.137.760,19
Madera Refuerzo Divisiones	₪	316.996,07
Subcontrato MO cielo suspendidos	₪	2.987.910,77
Materiales p/ cielos suspendidos	₪	7.289.647,28
Subc Puertas Aluminio y Vidrio Corriente	₪	4.053.171,00
Subc Puertas Automáticas Aluminio/Vidrio	₪	2.830.555,72
Topes	₪	29.878,64
Subc. Ventanas de Aluminio y Vidrio	₪	7.504.548,95
Rodapié de Hule	₪	986.785,78
Subc. Pintura Global	₪	2.045.211,45
Pinturas materiales	₪	2.413.993,02
Muebles de Baños Sobres Granito	₪	1.350.108,00
Muebles de Oficina	₪	69.939.027,98
Lockers	₪	687.456,00
Televisores	₪	1.876.918,00
Piezas Sanitarias Globales	₪	3.582.347,83
Accesorios Baño	₪	850.058,35
Subc. Sistema Protección Contra Incendio	₪	3.465.548,00
Materiales PVC-Mecánicos	₪	6.407.687,41
Tuberías HG-Mecánico	₪	3.047.123,62
Subc. Aire Acondicionado-Fact. Avance	₪	25.459.250,00
Subc. Mano de Obra Eléctrica	₪	27.888.519,74
Materiales eléctricos	₪	47.841.323,81
Transformador eléctrico	₪	8.478.000,00
Lámparas	₪	8.467.750,00
Planta Eléctrica	₪	17.528.400,00
Transferencia Planta Eléctrica	₪	2.759.100,00
Monto gastado a la fecha	₪	383.182.388,40
Monto inicial proyectado por la constructora	₪	270.000.000,00
Balance	₪	(113.182.388,40)

Inventario de equipos

En el siguiente cuadro se resumen todos los equipos que pertenecen a la empresa, con una codificación asignada para implementar en el futuro:



**CUADRO 10. INVENTARIO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS
CONSTRUCTORA TOTEM**

Código	Descripción	Marca	Proyecto
0001	Patín corte de madera	BOSCH	Santiamén
0002	Taladro	DEWALT	Acudent
0003	Taladro	DEWALT	Crepería
0004	Taladro	DEWALT	Santiamén
0005	Rotamartillo con broca	BOSCH	Acudent
0006	Máquina de soldar	LINCOLN	Santiamén
0007	Máquina de soldar	LINCOLN	Santiamén
0008	Máquina de soldar	LINCOLN	Oficina
0009	Compresor con manguera y pistola	CAMPBELL	Acudent
0010	Cortadora de piso	-	Contenedor
0011	Esmeriladora	DEWALT	Acudent
0012	Esmeriladora	DEWALT	Santiamén
0013	Extensión negra de 5m		Santiamén
0014	Extensión negra de 5m	-	Acudent
0015	Extensión anaranjada 8m		Crepería
0016	Carretillo		Acudent
0017	Carretillo		Casa Mauricio
0018	Carretillo		Santiamén
0019	Pala		Acudent
0020	Pala		Acudent
0021	Pala		Acudent
0022	Pala		Contenedor
0023	Pala		Contenedor
0024	Pala		Casa Mauricio
0025	Pala		Casa Mauricio
0026	Pala		Santiamén

0027	Pico		Casa Mauricio
0028	Pico		Crepería
0029	Pico		Acudent
0030	Nivel de precisión mediano		Santiamén
0031	Nivel de precisión grande		Acudent
0032	Mazo grande		Casa Mauricio
0033	Escalera 12 peldaños		Santiamén
0034	Escalera 12 peldaños		Acudent
0035	Escalera 20 peldaños		Crepería
0036	Escalera 7 peldaños		Crepería
0037	Escalera 5 peldaños		Casa Mauricio
0038	Máquina manual p/ cortar cerámica		Crepería
0039	Halógeno doble de pata		Acudent
0040	Barra de metal		Casa Mauricio
0041	Barra de metal		Acudent
0042	Macana		Acudent
0043	Macana		Acudent
0044	Macana		Casa Mauricio
0045	Macana		Casa Mauricio
0046	Cuerpos de andamio		Acudent/Santiamén
0048	Tablas de metal		Acudent/Santiamén
0049	Crucetas		Acudent/Santiamén
0050	Estañones de plástico		Acudent
0051	Escobón		Acudent
0052	Temporera eléctrica		Santiamén
0053	Equipo de acetileno		Acudent
0054	Manguera 10m		Acudent
0055	Batidora (2 sacos)		Acudent
0056	Cajón grande		Acudent
0057	Cajón pequeño		Santiamén
0058	Hidrolavadora	KARCHER	Contenedor
0059	Demolador	BOSCH	Acudent
0060	Vibrador grande		Contenedor
0061	Vibrador pequeño		Contenedor
0062	Rastrillo		Contenedor
0063	Puntales 2x (20 un)		Oficina
0064	Puntales 3x (65 un)		Oficina

Herramienta de control

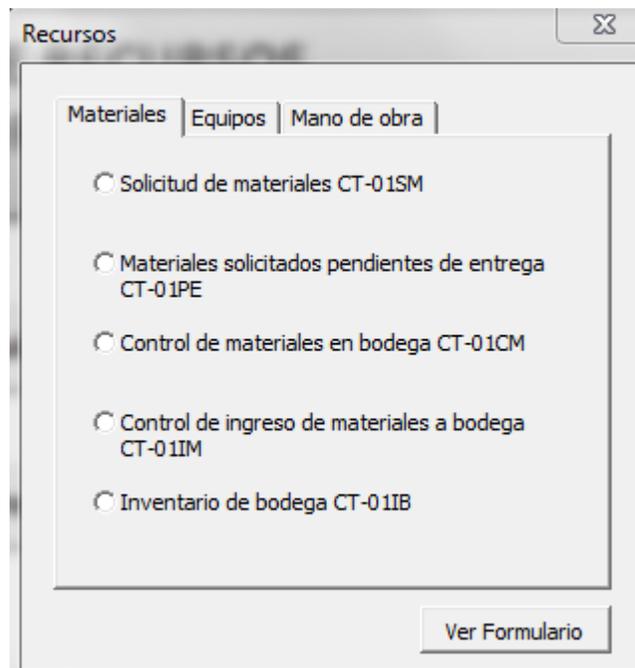
La siguiente herramienta fue elaborada en Microsoft Excel y en ella se incluye la información recopilada durante todo el proyecto. Está compuesta por 5 elementos, los cuales son:

1. Formularios

2. Registro de proveedores
3. Inventario de equipos
4. Diagramas de flujo
5. Guía de recomendaciones



En el caso de requerir algún formulario, la herramienta ofrece las siguientes opciones:



Recursos

Materiales Equipos Mano de obra

Ingreso a proyecto CT-02IE
 Salida de proyecto CT-02SE
 Control diario de equipos CT-02CE
 Reporte equipos dañados CT-02ED

Ver Formulario

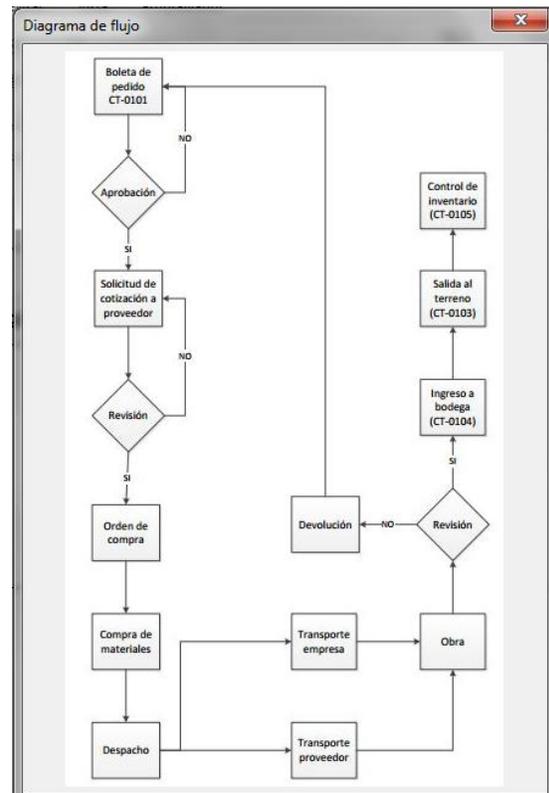
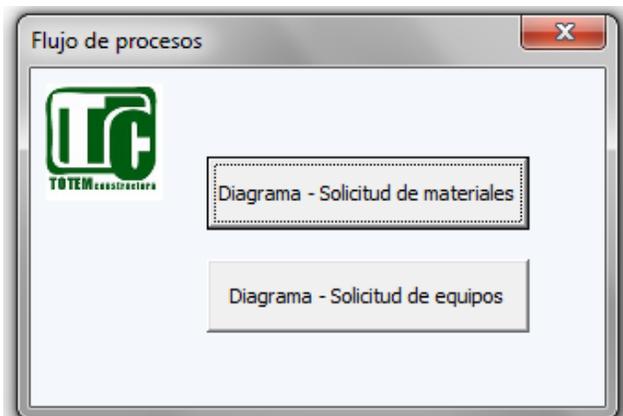
Recursos

Materiales Equipos Mano de obra

Reporte semanal de horas laboradas CT-03HL
 Ingreso de personal CT-03PO

Ver Formulario

Se incluyen también los diagramas de flujo que indican el procedimiento a seguir tanto al solicitar un material como al solicitar un equipo:



Como elemento de consulta, también almacena el registro de los proveedores con los que trabaja la constructora, permitiendo actualizar este listado e incluso añadir proveedores nuevos.



REGISTRO DE PROVEEDORES DE CONSTRUCTORA TOTEM

Regresar a inicio

No.	Proveedor	Categoría	Rapidez en cotización	Disponibilidad inmediata de materiales	Entrega de materiales comprados	Cumplimiento con fechas de entrega	Descuentos	(5) Excelente Transporte según lo programado	(4) Muy bueno Atención al cliente	(3) Bueno Calidad del producto	(2) Regular	(1) Malo	Puntaje final
1	Euromobilia	Mobiliario	3	4	4	2	4	3	3	5			3,5
2	CS Amueblamiento	Mobiliario	4	3	5	5	4	4	2	4			3,9
4	Jaspe y Diseños	Mobiliario	3	4	3	3	4	4	4	4			3,6
3	Keith & Ramirez	Mobiliario y equipos en acero inoxidable	4	3	5	5	3	5	5	5			4,4
4	El Lagar	Ferretería	N/A	3	5	N/A	1	N/A	4	4			3,4
5	EPA	Ferretería	N/A	4	5	N/A	1	N/A	4	4			3,6
6	Construplaza	Ferretería	2	3	3	2	4	3	4	4			3,1
7	Durman Esquivel	Materiales PVC	4	4	4	4	3	N/A	4	4			3,9
8	Amanco	Materiales PVC	4	4	4	4	2	N/A	4	4			3,7
9	IESA	Materiales Eléctricos	5	3	1	2	5	N/A	4	5			3,6
10	Suplidora La Uruca Dos Mil Siete	Materiales Eléctricos	3	4	4	4	3	3	3	5			3,6
11	Almacenes Mauro	Materiales Eléctricos	N/A	3	5	N/A	1	N/A	4	5			3,8
12	Expocerámica	Enchapes	4	5	5	5	4	3	4	5			4,4
13	DEKORA	Enchapes	5	4	5	4	4	4	5	5			4,5
14	Enchapes Patará	Enchapes	4	3	4	4	4	4	5	4			4,0

También se incluye el inventario de equipos, cuyo propósito es mantenerlo actualizado con la información diaria del movimiento de los equipos en proyectos.



Inventario de equipos

Regresar a inicio

Código	Descripción	Marca	Proyecto
0001	Patín corte de madera	BOSCH	Santiamén
0002	Taladro amarillo #1	DEWALT	Acudent
0003	Taladro amarillo #2	DEWALT	Crepería
0004	Taladro amarillo #3	DEWALT	Santiamén
0005	Rotamartillo con broca	BOSCH	Acudent
0006	Máquina de soldar #1	LINCOLN	Santiamén
0007	Máquina de soldar #2	LINCOLN	Santiamén
0008	Máquina de soldar #3	LINCOLN	Oficina
0009	Compresor con manguera y pistola	CAMPBELL	Acudent
0010	Cortadora de piso	-	Contenedor
0011	Esmeriladora #1	DEWALT	Acudent
0012	Esmeriladora #2	DEWALT	Santiamén

Finalmente, se incluye la guía de recomendaciones para poner en práctica durante la ejecución del proyecto, en un formato que permite colocarla en cada proyecto para referencia de todo el personal.

Guía de recomendaciones para el manejo de recursos en los proyectos

Regresar a inicio

MATERIALES

- a. Para solicitar los materiales, se debe definir un encargado por actividad que se encargará de prever los materiales requeridos y sus cantidades. La solicitud se realizará por medio del formulario CT-0101 debidamente revisado por el maestro de obras e ingeniero del proyecto.
- b. Establecer dos días para hacer los pedidos de materiales. Estos pueden ser martes y jueves, siendo los martes el día para los pedidos grandes y el jueves para todo aquello que quede pendiente.
- c. Mantener actualizados los inventarios de bodega, realizando controles al menos una vez al día para los materiales más importantes y de mayor consumo. En el caso de los materiales de poco uso, hacer una revisión periódica.
- d. El bodeguero deberá informar al ingeniero del proyecto cuando queden materiales pendientes, una vez realizadas las entregas por parte de los proveedores.

- analizar los movimientos semanales que ocurren en bodega.
- h. Programar un día semanal para entregar las facturas del proyecto a la administración.
- i. Mantener en proyecto una copia de la orden de compra o de la boleta de pedido para verificar que los materiales solicitados coincidan con los entregados.
- j. El bodeguero deberá firmar el recibido de cada pedido proveedor, con fecha y hora.
- k. Una vez que el material ingresa al proyecto, el bodeguero deberá elaborar la orden de almacenamiento en bodega, correspondiente al formulario CT-0104.
- l. En caso que la orden de entrega o factura no concuerde con la orden de compra, es obligación del bodeguero informar inmediatamente al encargado del proyecto y solicitar la devolución.
- m. Verificar la calidad del producto entregado. En caso de recibir material defectuoso, realizar su devolución e informar a la administración.

- ingreso debe ser custodiado por el bodeguero.
- q. Apilar sobre tarimas aquellos materiales como el cemento, morteros u otros materiales para evitar la absorción de la humedad de los pisos. En caso de agregados, éstos se pueden colocar directamente sobre el piso siempre y cuando el área esté libre de contaminantes y se mantengan separados.
- r. Verificar los siguientes factores cuando se realicen pedidos grandes de materiales;
 - Cargas permisibles de los pisos y ubicación.
 - Altura de bodegas de almacenamiento.
 - Fragilidad del material.
 - Áreas disponibles para carga y descarga.
 - Espaciamiento.
 - Facilidad de robo.
 - Dificultad de manejo.
- s. Consultar el registro de proveedores de la empresa para analizar las condiciones de los servicios brindados en el pasado y aprovechar aquellos que

Análisis de resultados

Evaluación de las condiciones actuales

Los controles que actualmente maneja la empresa son en algunos casos eficientes y en otros casos deben mejorarse. Según la información que se presentó en la figura 15, se observa cómo en la totalidad de los proyectos no existe un control por hora del trabajo que realizan los equipos y se tiene un bajo porcentaje de cumplimiento al momento de manejar los inventarios.

Para el caso de la figura 16 que muestra los resultados de la organización del sitio, los porcentajes de cumplimiento versus no cumplimiento son muy cercanos. Esto significa que en algunos proyectos los controles sí se siguen pero no son una regla general.

Dado que en las encuestas se incluyeron a los 3 maestros de obra e ingenieros de la empresa, es posible que las variaciones de estos controles sean producto de la forma en que sus encargados manejan cada proyecto. Si bien es cierto, el 100% de los entrevistados indicaron que sí se verifica la calidad de los materiales y que además se revisa que los materiales comprados coincidan con los entregados (Figura 17), también mencionaron que no en todos los proyectos se cuenta con un bodeguero fijo.

Esto último no resulta un problema cuando los proyectos tienen un bajo volumen de material y el mismo encargado del proyecto puede manejar los materiales. Sin embargo, en proyectos grandes donde ingresan materiales con frecuencia y en altas cantidades si se necesita el bodeguero.

Este elemento resulta una pieza esencial para controlar los recursos en la obra, pues es la persona que debería encargarse de manejar los ingresos y salidas tanto de los materiales como de los equipos. Por lo tanto, al tener un trabajador desempeñando otras funciones

además de controlar la bodega, limita la posibilidad de darle un seguimiento diario e incluso por hora a la actividad en bodega.

Esta situación se presentó en el laboratorio dental, donde el bodeguero además de ocupar ese puesto, también realizó otras actividades como ayudante, lo que ocasionó que en un determinado momento se complicara la solicitud de materiales. Esto porque al no tener el tiempo para inventariar todo lo ingresado y entregado, era difícil de conocer exactamente las cantidades y ubicaciones de los materiales en bodega.

Otro punto analizado en las encuestas fue la mano de obra. En términos generales, los subcontratistas, ingenieros y maestros de obra consideraron que la mano de obra está lo suficientemente capacitada y su desempeño suele ser bueno, basándose en la calidad y conocimiento cuando realizan sus trabajos. Es por esta razón que la rotación del personal no es tan frecuente, ya que a pesar de que se dan recortes conforme el proyecto va finalizando, siempre se mantienen algunos trabajadores que se tratan de conservar en la empresa.

Con respecto a la organización del sitio, los resultados fueron similares. Los porcentajes de cumplimiento y no cumplimiento son muy cercanos, pese a que los valores de cumplimiento son más altos. En este caso, parte de estas variaciones son el resultado del tipo de planificación que se da antes de iniciar cada proyecto.

Si al momento de observar la distribución del sitio en determinado proyecto se determina que las áreas de peligro y seguridad están demarcadas, que hay espacios para el manejo de desechos o para ingresos y descargas de materiales, entre otras cosas, entonces es un indicativo que se le prestó atención a esta fase del planeamiento.

Respecto al manejo de los equipos, su uso se caracteriza por la ausencia de un programa de mantenimiento que origina daños

frecuentes, sobre todo cuando son viejos. Retomando la figura 15, en un 70% de las veces no se cumple el mantenimiento de cada equipo, lo cual antes resultaba muy complicado pues no se tenía un inventario de los equipos de la constructora. Ahora con la información que se presentó en el cuadro 10, no solo va a ser posible identificar los equipos, sino también se podrá llevar un registro de las últimas fechas de revisión e incluso hacer un programa de mantenimiento.

Diagrama de causa y efecto

Al realizar el diagrama de causa y efecto (Fig.19), se identificaron otras de las causas más comunes que producen el descontrol en el manejo de los recursos y que afectan la productividad. Por ejemplo, para los materiales suelen presentarse problemas porque los proveedores no entregan los materiales completos y dejan algunos pendientes, que por error se compran de nuevo o siguen en espera por largo tiempo.

En otros casos la calidad de los productos no es la deseada, sin embargo en el laboratorio dental no hubo este problema, ya que a excepción de un pedido hecho al proveedor de acero que entregó unos perfiles golpeados, los materiales cumplieron con el nivel de calidad solicitado.

Por otra parte, los daños en equipos y su uso inadecuado fueron considerados como otras de las causas que interrumpen las actividades y disminuyen los niveles de productividad, por las razones mencionadas en párrafos anteriores.

Desperdicios observados

En cuanto a los desperdicios en la construcción que mencionaban los autores Ciarniene & Vienazindiene (2012)¹², en este proyecto se presentaron 3 de ellos.

El primero fue el exceso de inventarios por la falta de seguimiento a lo almacenado en bodega, lo que se identificó al finalizar los trabajos en las bodegas D2 y D3. Ahí se encontró gran cantidad de cable eléctrico sobrante que afortunadamente se pudo utilizar cuando el

proyecto se amplió y se incluyó la tercera bodega (D4).

Los otros dos desperdicios se relacionaron con la mano de obra, especialmente por el exceso de movimientos con el personal que rota de un sitio a otro y por los tiempos de espera, en algunos casos más largos que en otros.

Por ejemplo, para el caso de las paredes livianas, la mano de obra se subcontrató por un monto previamente definido. En los momentos en que estaba presente el subcontratista, los trabajadores mantenían un flujo de trabajo continuo, ya que además de que recibían instrucciones también eran supervisados. Esto evitó las rotaciones innecesarias y redujo los tiempos de espera considerablemente. Sin embargo, en los momentos cuando el encargado no se encontraba presente, los tiempos muertos incrementaban.

Análisis FODA

El análisis FODA que se hizo de la empresa, permitió rescatar elementos importantes.

Al ser una empresa pequeña, el tramo de control que se maneja es estrecho, lo cual permite tener una comunicación rápida entre los maestros de obra, contratistas y administración. Además, mantiene a sus maestros de obras fijos, ya que son empleados de confianza y con gran capacidad para dirigir obras.

Contrariamente, hay algunas debilidades que necesita reforzar. Al ser una empresa con pocos años en el mercado, aún tiene por delante la implementación de varios controles que les permitan reforzar su estructura administrativa y que también le den seguimiento a los procesos en campo.

Dentro de las oportunidades que se señalaron, se menciona la capacidad de crecimiento, ya que cuenta con un equipo de trabajo comprometido y responsable. Además es una empresa abierta a las propuestas en pro de la mejora y tiene la posibilidad de trabajar en forma conjunta con una empresa consultora.

Esto último porque que comparten sus instalaciones administrativas y por ende se facilita enormemente la comunicación entre ambas partes, formando un equipo de trabajo sólido y estratégico.

Finalmente se pueden ver como amenazas la alta competencia que existe en el

¹² Ciarniene, R., & Vienazindiene, M. (2012). *Lean Manufacturing: Theory and Practice*. Lituania.

mercado, la escasez del personal técnico calificado y el decrecimiento del sector construcción. Sin embargo, estas amenazas son difíciles de erradicar pues la construcción como tal maneja picos altos y bajos de trabajo, y ante esta situación, la empresa debe tener la capacidad de administrar eficientemente durante las buenas épocas para mantenerse estable en las malas.

Organización del sitio

Para determinar si existía algún tipo criterio al momento de realizar la distribución de los elementos temporales en el sitio, se tomaron una serie de fotografías que corresponden a las Figuras 21-26 y se realizaron las plantas con la ubicación detallada. Como el proyecto se realizó en unas bodegas existentes, ambas tenían un segundo nivel de aproximadamente 80m², uno de ellos utilizado para oficinas y el otro espacio estaba sin construir.

Una característica de estas bodegas fue que por disposiciones del parque industrial, no era posible realizar actividades o almacenar materiales en los pasillos, aceras u otras áreas comunes. Únicamente permitieron colocar el cajón utilizado como bodega de materiales pequeños, por lo que el diseño en sitio fue variando conforme se avanzaba en cada área.

Para el manejo de los desechos, se destinó un área donde se separó únicamente lo que era basura y escombros, esto cercano a la entrada para facilitar la carga del camión. La entrada de la bodega D2 fue utilizada para descargar materiales, especialmente al inicio del proyecto cuando la mayoría de los materiales eran perfiles de acero y materiales para paredes livianas.

Uno de los problemas identificados al momento de evaluar el sitio fue la ubicación del servicio sanitario. Esto porque los trabajadores que estaban en la bodega D3 tenían que salir de la bodega y desplazarse hasta el fondo de la D2. Sin embargo, la ubicación se planteó ahí ya que el baño era existente. Conforme el proyecto avanzó, se realizó la comunicación de las bodegas en la entrada y en la parte cercana al baño, por lo que las distancias recorridas eran menores.

Otro inconveniente que ocurrió con el diseño en sitio estuvo relacionado con la zona de descanso y el vestidor, ya que durante mucho

tiempo se utilizó el área abierta en el segundo nivel de la bodega D3, pese a que las condiciones no eran las apropiadas para ese uso. Además no existía una baranda ni algún tipo de protección para evitar un posible accidente.

Por otra parte, al tener un volumen de personal alto, incluyendo los trabajadores de la empresa, personal subcontratado electromecánico, de paredes livianas y cielos, entre otros, los objetos personales de cada empleado quedaban expuestos y esto propició algunos robos menores. Asimismo, el espacio resultaba incómodo pues los empleados se vestían en la misma zona donde se comía.

Actividades estudiadas

Pintura y corte de estructura metálica

Esta actividad fue ejecutada por la mano de obra de la empresa y en total se realizaron 900 observaciones, desglosadas tal como se presentó en el cuadro 2. Con esto se determinaron niveles de productividad del 50% en trabajo productivo, 29% de no contributivo y 21% de contributivo.

Si se comparan estos valores con los mostrados en los estudios de Chile y Colombia, se puede ver que los datos de la empresa son ligeramente mejores, aunque esto no significa que el nivel de productividad sea excelente.

Otro aspecto importante que debe mencionarse son los porcentajes de tiempo en que los trabajadores estuvieron esperando y cargando material. De acuerdo con el gráfico del Crew-Balance (Fig.28), se puede ver que estas acciones fueron repetitivas, principalmente cuando se realizaban los cortes de los perfiles ya que los movimientos de carga de material eran más constantes. Los tiempos de espera también eran comunes, especialmente en los ayudantes que debían esperar a que los operarios terminaran de cortar los perfiles para trasladarlos.

En el caso de los equipos, si se analiza su productividad individual se puede ver que los niveles de actividad no son los ideales, ya que en los momentos donde se pintaban y limpiaban los perfiles, estos dejaban de utilizarse.

El equipo de corte con acetileno fue comprado al momento de iniciar el proyecto, para

facilitar los procesos de corte de las vigas tipo W. Sin embargo, debido al alto uso que se le daba, los cilindros de acetileno y oxígeno se descargaban frecuentemente, y por tanto de las 900 observaciones hechas, estuvo descargado en 27 ocasiones. En este caso, como es un equipo nuevo para la empresa, su rendimiento es desconocido y cada vez que descargaban los cilindros, el corte de las vigas se veía interrumpido.

En esos momentos los trabajadores encargados de realizar los cortes se trasladaban a limpiar los demás perfiles o realizaban las mediciones y dejaban las marcas listas para el corte.

Rendimientos

Para calcular los rendimientos de la mano de obra se le dio seguimiento a esta actividad por 4 semanas. Para la primera semana, se tuvieron únicamente 3 trabajadores y en este caso su rendimiento fue de 0.53 HH/ml.

Para la segunda semana el número de trabajadores se incrementó a 5 y el rendimiento obtenido pasó a ser de 0.85HH/ml. En esta semana las horas de trabajo aumentaron bastante ya que la jornada se extendió de 10 a 12 horas de lunes a viernes, el sábado se trabajó 8 horas en lugar de 5 y además el domingo se trabajó 5 horas. Sin embargo, pese a que el avance sí fue considerable en esa semana, para la siguiente semana el rendimiento pasó a ser de 1.08 y finalmente de 0.68.

Esto significa que si al iniciar el proyecto tardaban aproximadamente 30 minutos en preparar una pieza de acero, en la tercera semana tardaron el doble, posiblemente cansados por extender las jornadas laborales y trabajar toda la segunda semana corrida sin día de descanso.

Una vez que en la tercera semana la jornada laboral volvió a establecerse y los trabajadores tuvieron un día de descanso, para la cuarta semana el tiempo de ejecución pasó a ser de 40 minutos.

Finalmente, se obtuvo un rendimiento promedio de 0.78HH/ml, con una desviación estándar de 0.24, la cual se justifica por las variaciones explicadas anteriormente.

Paredes livianas en gypsum

Para esta actividad, se observó el personal tanto del armado de las paredes, como del lijado y empastado. El número de observaciones fue de 994, con valores de trabajo productivo de 58%, 16% de trabajo contributivo y 26% de no contributivo.

Un ejemplo de ello fue el tiempo desperdiciado en conversaciones, ausencias o espera de instrucciones, que fue de 4,3 horas del total observado. Estas acciones se presentaban cuando no había ningún encargado supervisando sus labores.

Si se observa la figura 30, se puede ver cómo a excepción del último trabajador que empastaba las paredes, todos los demás perdieron mucho tiempo conversando, especialmente el trabajador 3, que tiene un 20,5% de su tiempo invertido en conversaciones, 2,48% en ausencias y 16,77% esperando instrucciones.

En el caso de los movimientos para cargar materiales, a pesar de que estuvo presente en todos los trabajadores, el segundo trabajador fue quien abarcó más tiempo, principalmente porque era el encargado de trasladar las láminas de gypsum, tracks y studs a las zonas de trabajo, con ayuda del trabajador 3.

Asimismo, se puede observar que los trabajadores que lijaron y empastaron fueron quienes alcanzaron los mayores niveles de trabajo contributivo, 79,5% y 86,82% respectivamente. Esto porque además de que sus tareas no involucraban tanto TNC, la mayoría de las veces estaban en zonas separadas de la cuadrilla y por tanto no perdían mucho tiempo conversando.

Rendimientos

Los rendimientos de esta actividad se analizaron tomando en cuenta las 7 semanas que duró toda la actividad de las paredes en gypsum. En este caso, a pesar que la cantidad de trabajadores varió, los avances fueron proporcionales a las horas hombre y por lo tanto se tienen rendimientos muy similares entre una semana y otra.

El rendimiento promedio obtenido es de 2,28 HH/m², el cual aunque no es rápido, tampoco es del todo incorrecto, ya que para finalizar un metro cuadrado de pared, además del trazado, se deben colocar los tracks, studs, canales y esquineros según corresponda.

Además como las paredes fueron todas internas, llevaban lámina de gypsum por sus dos caras y debían ser empastadas y lijadas.

Claro está en que el rendimiento debería ser mucho mejor, sobre todo si no se perdiera tanto tiempo en actividades innecesarias, pero de nuevo el problema recaería en una falta de supervisión, pues en términos generales el orden del proceso está desarrollándose como debe ser.

Cielos suspendidos

Esta actividad presenta los mejores índices de productividad, ya que el TP es cercano al 60% y el TNC es apenas del 10%. Esto es un escenario ideal para la construcción, sin embargo el TC es del 32%, lo cual es muy elevado.

Una de las razones por las que esto sucede es debido al cuidado que debe prestarse a las mediciones, ya que la lámina de cielo que se colocó fue de 61x61cm, pero al momento de montar la estructura compuesta por tees secundarias y principales, los cuadrantes no tienen todas esas medidas.

La mano de obra que se utilizó fue parte de la utilizada para las paredes livianas, pues el subcontratista se encargó de estas dos actividades y adicionalmente de la pintura de las paredes. No obstante, los niveles de productividad mejoraron mucho entre una actividad y otra.

Esto porque se realizó en un período de tiempo mucho más corto que las paredes livianas y además hubo mayor supervisión. Si se observa el Cuadro 6, se señala que la cantidad de observaciones hechas mientras se hablaba fue apenas de un 5,5% y en tiempos de espera se consumió 11,8%, contra valores del 26,6% cortando láminas y 26,4% armando la estructura.

Siguiendo la figura 32 con el gráfico del Crew-Balance, el trabajador con mejor nivel de productividad es el número 1, quien desempeñó las mismas funciones de los trabajadores 2 y 3 pero con tiempos productivos más altos.

Rendimientos

Para esta actividad se utilizaron 6 trabajadores durante las 4 semanas que duró. En la primera semana, el rendimiento obtenido fue de 1.02HH/m², sin embargo conforme avanzaron las semanas, los trabajadores al estar

desempeñándose tanto en la actividad de las paredes de gypsum como en la del cielo suspendido, se vieron afectados por su carga laboral y el exceso de horas laboradas.

Aun así, el rendimiento promedio de esta actividad es de 1,40HH/m², resultado que también podría mejorarse pero es aceptable. Viéndolo desde otro punto de vista, significa que en 84 minutos se abarca un metro cuadrado de cielo suspendido con láminas de 61x61cm.

Como posible medida para mejorar este rendimiento se deben buscar dimensiones que reduzcan los tiempos no contributivos, pues a la larga son los que atrasan la colocación de la lámina.

Control de recursos

Según lo mencionado anteriormente, los controles para el manejo de los recursos fueron prácticamente inexistentes, por lo menos en lo que respecta al laboratorio dental. Tal es el caso del momento en que se realizaba un pedido, ya que además de que no se cumplió con los días establecidos para eso, se solicitaron muchos materiales que al momento de llegar al sitio no se sabía para que actividad eran requeridos.

Por tal razón se incluyó en la boleta CT-0101 un apartado que solicita indicar esa información, y a lado de esto, el nombre del posible proveedor, pues muchas veces los encargados solicitan materiales específicos de determinado proveedor, sea por la calidad o características que tiene el producto.

Con respecto a la boleta CT-0102, es de las boletas más importantes que deben implementarse. En muchas ocasiones se solicitaron materiales que nunca llegaron al proyecto, por errores administrativos o, por cambios. Sin embargo esto no se avisó a tiempo, sino más bien al momento de finalizar el proyecto.

También se elaboraron otras boletas para controlar los ingresos y salidas de los equipos y así designar responsables de su manipulación. Esto porque hubo varios equipos dañados por el mal uso y no fue posible determinar quién los utilizó.

Por otra parte, una medida que se propuso para eliminar las restricciones que mencionaba Herrandiz (2009) con respecto a la fluidez en actividades, fue la elaboración de los

flujos de procesos presentados en las figuras 44 y 45, que resumen los pasos a seguir para el manejo de un material o equipo, desde el momento en que es requerido hasta cuando sale al campo. Estos flujos se hicieron para que sean una referencia, tanto para el personal de campo como a los administrativos, ya que anterior a eso la empresa no contaba con ningún procedimiento para su manejo.

Evaluación de proveedores

Otro elemento incluido en los resultados es el registro de proveedores que se diseñó para la constructora. Este registro se considera de gran importancia porque en él se evalúa la calificación obtenida por cada proveedor en aspectos que son determinantes para el éxito de los proyectos. Además se incluye la información de contacto de estos proveedores y el formulario para realizar la calificación de manera individual. Esta calificación debe actualizarse al menos al momento de finalizar cada proyecto para mantener información confiable.

Si bien es cierto, la calificación presentada en el cuadro 10 es subjetiva, pues está basada únicamente en las experiencias que ha tenido la empresa con esos proveedores, es una herramienta que se desarrolló como guía de consulta al momento de requerir determinado producto o servicio.

Las calificaciones obtenidas indican que en promedio los proveedores se consideran de buenos a muy buenos. Esto sin embargo fue algo difícil de determinar pues las condiciones de los servicios siempre varían y muchas veces la disponibilidad de los materiales y los descuentos ofrecidos dependen de lo que se está solicitando.

Control de gastos

Como parte de los objetivos planteados en este informe se estableció el cálculo de los costos unitarios para compararlos con los costos presupuestados. Sin embargo, por las condiciones especiales del proyecto en estudio, no se realizó un presupuesto inicial, sino más bien una proyección de lo que sería su costo general.

Esta proyección fue de ₡270.000.000, cuando el área construida sería menor de lo que es hoy en día. Al realizar un seguimiento

periódico de todos los gastos del proyecto, se pudo determinar que la diferencia fue de más de ₡ 113 millones de colones. Esto demuestra la gran importancia de realizar un presupuesto inicial, no solo para el cliente sino también para la empresa, pues es un indicador de la magnitud del proyecto y de la cantidad de recursos que se deben invertir.

Conclusiones

- La fase de planeamiento en un proyecto es fundamental para definir la organización de la obra y sus necesidades. Por tanto, los planeamientos a corto plazo deben ser constantes para asegurar la eficiencia de los recursos.
- El trabajo del bodeguero es primordial para realizar un buen control de los equipos y materiales que se tienen en los proyectos, sobre todo para darles seguimiento.
- Los niveles de productividad en las tres actividades observadas estuvieron dentro de los rangos esperados para la construcción. Sin embargo, se deben reorganizar las cuadrillas para disminuir los tiempos contributivos y no contributivos.
- El aumento de la jornada laboral y la ausencia del día de descanso influye directamente en los rendimientos de las actividades, causando una disminución en el ritmo de trabajo por el cansancio del personal.
- La falta de supervisión en la actividad de paredes livianas ocasionó que el porcentaje de trabajo no contributivo fuera mayor de lo esperado, pues estuvo un 10% por encima del trabajo contributivo.
- La ausencia de un presupuesto inicial limitó la posibilidad de realizar una comparación de costos unitarios en las actividades elegidas, sin embargo al observar que el monto gastado de todo el proyecto fue un 42% mayor a lo proyectado, se demuestra la importancia de realizar tal presupuesto.
- Los niveles de productividad en las tres actividades observadas estuvieron dentro de los rangos esperados para la construcción. Sin embargo, se deben reorganizar las cuadrillas para disminuir los tiempos contributivos y no contributivos hasta valores mínimos que estén por debajo del 10%.
- Se comprobó que el diseño del sitio en el laboratorio ocasionó que los tiempos para cargar material y desplazarse de un lugar a otro fueran elevados. Esto por la ubicación alejada de los materiales con respecto a las áreas de trabajo.
- Durante todo el proyecto no se respetaron los días para realizar los pedidos de materiales, lo que evidenció la falta de planificación por parte de los encargados de cada actividad y la necesidad de establecer un cronograma que controle las fechas de todos los pedidos.
- El proyecto a la fecha de corte se sobregiró por un monto muy elevado y los materiales eléctricos fueron uno de los rubros más importantes. Esto es un indicador que en futuros proyectos se les debe prestar más atención a este tipo de materiales, especialmente porque suelen ser los que están más expuestos al robo.
- La constructora debe prestar atención especial a la implementación de estas y otras herramientas para mejorar el control de sus procesos, no solo con el manejo de sus recursos, sino también con el estudio de nuevas técnicas constructivas que hagan más eficiente la ejecución de proyectos.

Recomendaciones

- Establecer supervisiones constantes en las actividades donde se subcontrate la mano de obra, para evitar los tiempos de espera y aumentar los niveles de productividad.
- Realizar un programa de mantenimiento de equipos, que incluya revisiones antes de iniciar el proyecto, durante y después de haberse concluido.
- Incluir en la organización del sitio un comedor temporal para todos los empleados del proyecto y un vestidor individual para cada subcontratista, con el fin de minimizar los robos.
- Mantener un bodeguero fijo cuando se trate de proyectos donde se manejen volúmenes grandes de materiales y equipos.
- Determinar los rendimientos del equipo de corte con acetileno para cambiar los cilindros a tiempo y evitar interrupciones en los procesos.
- Manejar jornadas laborales que no superen las 10 horas diarias y en las que se respete el día de descanso semanal, para no generar cansancio ni afectar los rendimientos de los trabajadores.
- Cumplir con los calendarios de pedidos de materiales y mantener en el inventario de la bodega determinada cantidad, para no interrumpir el flujo de trabajo.
- Implementar la guía de recomendaciones propuesta en el apéndice 3 de este informe, como una herramienta para mejorar los recursos en campo.
- Planificar el proyecto antes de su ejecución con el propósito de definir las necesidades de mano de obra y solicitar con anterioridad los equipos o materiales que no estén disponibles.
- En proyectos con áreas grandes de construcción, colocar minibodegas alrededor de las zonas de trabajo para disminuir los tiempos que se pierden cargando materiales.
- Actualizar el inventario de equipos y el estado de sus garantías al menos trimestralmente para mantener la base de datos con información real y confiable.
- Poner en práctica la guía de recomendaciones presentada en el apéndice 3 de este informe, especialmente por parte de personal en campo. Para el personal administrativo e ingenieros, utilizar la herramienta elaborada en Microsoft Excel.

Apéndices

Los apéndices que se presentan a continuación contienen la siguiente información en el orden respectivo:

- Apéndice 1: Formulario de encuesta aplicada.
- Apéndice 2: Resultados de las mediciones de productividad.
- Apéndice 3: Guía de recomendaciones.

Referencias

- Botero, F; Álvarez, M, 2003. **IDENTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA CONSTRUCCIÓN. UNIVERSIDAD EAFIT.** No.130:14p.
- Botero, F; Álvarez M. 2004. **GUÍA DE MEJORAMIENTO CONTINUO PARA LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS DE VIVIENDA. Universidad EAFIT.** No.136:pp.50-64.
- Ciarniene, R; Vienazindiene, M. (2012). *Lean Manufacturing: Theory and Practice.. KAUNAS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.* Economics and Management. 7p.
- Galarza, M. 2011. **DESPERDICIO DE MATERIALES EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN CIVIL: MÉTODOS DE MEDICIÓN Y CONTROL.** Tesis para optar por el título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. 89p.
- Ghio, V. 2001. **PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN: DIAGNÓSTICO, CRÍTICA Y PROPUESTA.** Perú: Fondo Editorial, 196p.
- Herrandiz, S. 2009. **APLICACIÓN DEL LEAN THINKING A LA CONSTRUCCIÓN.** Tesis de graduación. Universidad Politécnica de Cataluña. 93p.
- Oglesby, C et al. 1998, **PRODUCTIVITY IMPROVEMENT IN CONSTRUCTION.** Mcgraw Hill College: 588p.
- Skoyles, E; Skoyles, J. 1987, **WASTE PREVENTION ON SITE.** London: Mitchell: 208p.
- Sáez, C. s.f. *Administración de bodega y control de inventarios. Chile.* Capacitación Administración de bodega. 180p.
- Pérez, J. 2004. **PLANEACIÓN Y CONTROL DE OBRA DEL INSTITUTO DE RELIGIÓN TAMPICO: PROPUESTA DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y RIESGO.** Universidad de las Américas Puebla.